

**UNIVERSIDAD AUTONOMA TOMAS FRIAS**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS Y PECUARIAS**  
**CARRERA DE INGENIERIA AGROPECUARIA**



**USO DE FILTROS BIOLÓGICOS (BIO-FILTROS) PARA LA REMOCIÓN  
DE NUTRIENTES EN AGUAS GRISES, CON ESPECIES  
FORRAJERAS; GRAMÍNEAS Y LEGUMINOSAS ADAPTADAS AL  
MUNICIPIO DE VILLAZON**

**Perfil de investigación**

**Alfonso Yver Gómez Araca**

**Villazon diciembre del 2018**

---

### **“AGRADECIMIENTOS”**

***Agradezco en primer término a Dios, Creador de este maravilloso universo, el cual tenemos que tenemos que cuidar y preservar para que todos los seres vivos que lo habitan se recreen y contemplen su belleza.***

***Mis profundos agradecimientos a la Universidad Autónoma “Tomas Frías”, Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias, Carrera de Ingeniería Agropecuaria Sede Villazón y Dirección de Investigación Ciencia y Tecnología DICyt. Por haberme dado la oportunidad de realizar este trabajo de Investigación.***

***A la Carrera de Ingeniería Agropecuaria Villazón por haberme brindado el espacio en las instalaciones para ejecutar la Investigación.***

---

### **Resumen**

En la calle chichas 10 entre mojo a 50 metros del rio internacional se llevó a cabo el Uso Filtros biológicos (bio-filtros) para la remoción de nutrientes en aguas grises, con especies forrajeras; gramíneas y leguminosas adaptadas al municipio de villazon.

Disminuir el grado de contaminación por aguas servidas con la utilización de biofiltros.

Adaptabilidad de las especies forrajeras.

Adaptabilidad de este método bajo estas condiciones climatológicas dado q el método usado es muy frecuente en la zona centroamericana.

Análisis de aguas al inicio y al final del proceso

Es un trabajo que determina la importancia de tratar aguas residuales con el fin de cuidar y preservar el medio ambiente, este trabajo de investigación dio como resultado que los biofiltros empleados para tratar las aguas grises son los siguientes.

- El uso de bio filtros con leguminosas resulta más efectivo para la remoción de nutrientes en aguas grises
- El desperdicio total de agua gris o sucia fue de 4363,075 litros de agua en los meses de agosto, septiembre, octubre, noviembre y diciembre.
- Se redujo de 2790 milibares a un 576,10 milibares con las leguminosas teniendo un 79,35% con relación al agua gris y un 11,58 % con relación al agua potable y su acercamiento a la neutralidad esto en las leguminosas.
- Se redujo de 2790 milibares a un 666,30 milibares con las gramíneas teniendo un 76,12 % con relación al agua gris y un 30,80 % con relación al agua potable y su acercamiento a la neutralidad esto en las gramíneas.
- se redujo en buen tamaño el pH alcalino de provocado por aguas grises cuyo origen son los detergentes, teniendo un pH de 9, 47 hasta llegar a un pH de 7,20 de pH neutro ligero con relación al patrón de referencia 7 en leguminosas.

- se redujo en buen tamaño el pH alcalino de provocado por aguas grises cuyo origen son los detergentes, teniendo un pH de 9,47 hasta llegar a un pH de 7,36 de pH neutro ligero con relación al patrón de referencia 7 en gramíneas.
- El uso de filtros biológicos confirma la efectividad y la necesidad de implantar filtros biológicos en domicilios cercanos a ríos, vertientes, lagunas, lagos, etc. Con el fin de reducir el impacto ambiental
- Los filtros biológicos pueden funcionar como jardines para especies florales en el caso de las leguminosas.

## Summary

In Chichas 10 street between mojo and 50 meters from the international river took place the use Biological filters (bio-filters) for the removal of nutrients in gray water, with forage species; grasses and legumes adapted to the municipality of villazon.

Decrease the degree of contamination by sewage with the use of biofilters.

Adaptability of forage species.

Adaptability of this method under these climatological conditions since the method used is very frequent in the Central American zone.

Water analysis at the beginning and end of the process

It is a work that determines the importance of treating wastewater in order to care for and preserve the environment, this research work resulted in the biofilters used to treat greywater are the following.

- The use of bio filters with legumes is more effective for the removal of nutrients in gray water
- The total waste of gray or dirty water was 4363,075 liters of water in the months of August, September, October, November and December.
- It was reduced from 2790 millibars to 576.10 millibars with legumes having 79.35% in relation to gray water and 11.58% in relation to drinking water and its approach to neutrality this in legumes.
- It was reduced from 2790 millibars to 666.30 millibars with grasses having 76.12% in relation to gray water and 30.80% in relation to drinking water and its approach to neutrality this in grasses.

- The alkaline pH caused by gray water originating from detergents was reduced to a good size, having a pH of 9.47 until reaching a pH of 7.20 of light neutral pH in relation to reference standard 7 in legumes.
- the alkaline pH caused by gray water originating from detergents was reduced to a good size, having a pH of 9.47 until reaching a pH of 7.36 of light neutral pH in relation to reference standard 7 in grasses.
- The use of biological filters confirms the effectiveness and the need to implant biological filters in homes near rivers, springs, lagoons, lakes, etc. In order to reduce the environmental impact.
- Biological filters can function as gardens for floral species in the case of legumes.

**CONTENIDO**

DEDICATORIA.....	A)
AGARADECIMIENTO .....	B)
RESUMEN .....	C)
ABSTRACT .....	D)
CONTENIDO GENERAL.....	E)

**CONTENIDO GENERAL****BIBLIOGRAFÍA.**

<b>I. CONTEXTUALIZACIÓN .....</b>	<b>11</b>
<b>INTRODUCION. ....</b>	<b>11</b>
<b>II. DISEÑO TEÓRICO. ....</b>	<b>13</b>
2.1. Planteamiento del problema. ....	13
○ Causas que originan el problema. ....	13
Eutrofización. ....	13
Anoxia .....	13
2.2. Objeto de investigación. ....	14
2.3. Alcance de investigación. ....	15
○ Temporal.....	15
○ Espacial. ....	15

2.4. Objetivos. ....	15
o objetivo general.....	15
o objetivo específico. ....	15
2.5. Metodología.....	16
Calculo del caudal medio de aguas residuales (Qm) . ....	16
Dimensionamiento del pre-tratamiento .....	17
Dimensionamiento del Biofiltro .....	17
Validación de los resultados .....	18
2.6. hipótesis.	
o definición conceptual de las variables.....	18
o definición operativa de las variables. ....	19
Las etapas de construcción .....	19
2.1. marco referencial teórico conceptual.....	20
2.2. importancia a nivel internacional. ....	21
2.3. Datos fenológicos y fisiológicos de la lenteja ..	22
<b>2.3.1.</b> Características botánicas. ....	22
<b>2.3.2.</b> Exigencias del cultivo. ....	23
<b>2.3.3.</b> Abonado. ....	24
<b>2.3.4.</b> CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS. BOTÁNICA .....	25
<b>III. DISEÑO METODOLÓGICO.....</b>	<b>29</b>



3.1.	Ubicación del estudio. ....	29
3.2.	Condiciones climáticas .....	29
3.2.1.	Temperatura máxima absoluta. ....	30
3.2.2.	Precipitaciones pluviales .....	30
3.2.3.	Humedad relativa máxima absoluta del ambiente .....	31
3.2.4.	Días helada. ....	31
3.3.	Métodos teóricos. ....	31
3.4.	Tratamiento biológico (biofiltros) .....	31
3.5.	Métodos empíricos. ....	32
3.6.	Técnicas e instrumentos de investigación. ....	33
3.6.1.	Técnicas .....	33
3.6.2.	Materiales Y Equipos De Campo.....	33
3.6.3.	Materiales Y Equipos De Gabinete.....	34
<b>IV.</b>	<b>IMPORTANCIA CIENTÍFICA. ....</b>	<b>35</b>
4.1.	Aporte teórico.....	35
4.2.	Significación práctica .....	35
4.3.	Novedad científica.....	35
<b>V.</b>	<b>OPERACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>37</b>
5.1.	Medición del para el bio filtro .....	37
5.2.	construcción del bio filtro. ....	37
5.3.	Construcciones extras. ....	39
5.4.	Instalación de cañerías.....	39
5.5.	Agregado de la graba. ....	41
5.6.	Siembra de la lenteja y trigo. ....	42
5.7.	Protección.....	43
5.8.	Filtros con leguminosa y lenteja.....	43
<b>VI.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIONES.....</b>	<b>44</b>
6.1.	ADAPTABILIDAD DE LOS DOS TRATAMIENTOS .....	44
6.1.1.	Gramíneas. ....	44
6.1.2.	Leguminosas.....	44
6.2.	CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS DE LOS DOS TRATAMIENTOS. ....	45

6.2.1. OLOR.....	45
6.2.2. COLOR.....	45
a) Agua potable.- .....	46
b) Tratamiento con lenteja.- .....	46
c) Tratamiento con trigo.- .....	46
d) Agua.- gris.- .....	46
6.3. ANÁLISIS FÍSICO (CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA) Y ANÁLISIS QUÍMICO (PH) DE LOS TRATAMIENTOS. ....	47
6.3.1. Conductividad eléctrica (análisis físico). ....	47
a) Agua gris: .....	47
b) Tratamiento con leguminosa: .....	47
c) Tratamiento con gramíneas: .....	47
d) Agua potable: .....	47
6.3.2. PH: .....	48
a) Agua potable: .....	48
b) Agua gris: .....	48
c) Tratamiento con leguminosa: .....	49
d) Tratamiento con gramínea: .....	49
.	
<b>VII. CONCLUSIONES .....</b>	<b>50</b>
<b>VIII. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>51</b>
<b>IX. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES. ....</b>	<b>51</b>
<b>X. PRESUPUESTO.....</b>	<b>52</b>
<b>XI. BIBLIOGRAFÍA. ....</b>	<b>53</b>
<b>XII. ANEXOS.....</b>	<b>55</b>
Anexo 1 .....	56
Anexo 2 .....	57
Anexo 3 .....	58
Anexo 4.....	59

### **XIII. CONTEXTUALIZACIÓN.**

#### **INTRODUCION.**

En este contexto, los biofiltros domiciliarios vienen a dar una alternativa de saneamiento, siendo una solución para el tratamiento de las aguas grises, amigable al medio ambiente.

Reduciendo los impactos negativos que ocasiona la mala disposición de dichas aguas, al mejorar su calidad antes de ser regresadas a la naturaleza, mejora el nivel de vida de las personas y la belleza natural del ambiente.

La depuración de las aguas grises por medio de biofiltros domiciliarios permite dar un segundo uso al agua (reciclaje) lo que incide desde el punto de vista financiero. El agua resultante del efluente del biofiltro, según la calidad que presente al final del tratamiento, puede ser utilizada para otras actividades dentro del mismo hogar, reduciendo el consumo del agua potable hasta en un 20%. Considerando que el 80% de las aguas de un hogar son tratadas por esta tecnología, este alto volumen no entrará a los sistemas de tratamiento municipal, disminuyendo los costos por el tratamiento de estas aguas.

En la construcción de los biofiltros domiciliarios las principales herramientas a utilizar se encuentran en los hogares y gozan de gran disponibilidad en el mercado. Los biofiltros se construyen principalmente con materiales endémicos de la zona, reduciendo así su costo; Su elaboración es sencilla y no necesita de mano de obra calificada, dando la posibilidad, con solo un seguimiento técnico, que las familias sean autos gestores al construir sus propias soluciones. Al funcionar como un espacio para la siembra de plantas ornamentales, se convierten en un jardín que da belleza escénica en los hogares donde sean implementados.

Los biofiltros no incurren en gastos por mantenimiento. El mantenimiento rutinario es garantizado por las mismas familias que adquieren el sistema de biofiltro. El sistema funciona enteramente por gravedad, por lo que no necesita de energía eléctrica.

La diferencia entre las tecnologías tradicionales y los biofiltros recaen principalmente en los costos ambientales. Los biofiltros son más amigables con el ambiente por disminuir gran parte de los agentes patógenos en el agua, devolviéndola a la naturaleza para recargar los acuíferos. Con tecnologías convencionales, el agua que se infiltra en el suelo lleva aun gran cantidad de carga orgánica y de otros contaminantes que causan impactos negativos al suelo y a los acuíferos.

El biofiltro es un sistema que imita a los humedales (pantanos) naturales, donde las aguas residuales se depuran por procesos naturales. Los biofiltros son humedales artificiales de flujo subterráneo, diseñados para maximizar la remoción de los contaminantes que se encuentran en las aguas residuales.

Los biofiltros son pilas de poca profundidad rellenas con un material que sirve como lecho filtrante, en cuya superficie se siembran plantas de pantano, y en las que las aguas residuales pre-tratadas fluyen en sentido horizontal o vertical.

Esta tecnología se comenzó a investigar a nivel experimental en Alemania en la década de 1960, aunque no fue hasta en las dos últimas décadas del siglo pasado que comenzaron a utilizarse para el tratamiento de aguas residuales generadas por pequeños núcleos poblacionales en países de todos los continentes del mundo.

## XIV. DISEÑO TEÓRICO.

### 2.7. Planteamiento del problema.

#### ○ Causas que originan el problema.

##### **Eutrofización.**

La eutrofización es uno de los principales problemas de contaminación con los que vamos a encontrarnos en el futuro. Se produce en todo tipo de aguas pero fundamentalmente en aquellas con poco movimiento.

Los pasos que llevan a la eutrofización son los siguientes:

- 1) Exceso de nutrientes (principalmente fósforo que es el principal factor limitante), a través de vertidos urbanos, industriales, agrícolas, etc.
- 2) Proliferación de microorganismos (generalmente fitoplancton superficial), que crea una película superficial verdosa. El oxígeno va escapando a la atmósfera.
- 3) Enturbia lo que corta la luz en capas inferiores donde disminuye la fotosíntesis y acaba faltando oxígeno.
- 4) Los organismos muertos precipitan al fondo.
- 5) Lo cual genera más consumo de oxígeno por las bacterias y hongos de la putrefacción.

**Anoxia**, proliferación de anaerobios, que producen metano,  $\text{NH}_3$  y  $\text{H}_2\text{S}$  responsables del mal olor y altamente tóxicos. Desaparición de fauna y flora quedando básicamente microorganismos.

Estas condiciones se mantienen mientras persista el aporte excesivo de nutrientes, de otro modo se entra en una fase de autodepuración.

- **Consecuencias o manifestaciones del problema.**

La disposición inadecuada de las aguas grises en barrios que no son cubiertos por el sistema de alcantarillado sanitario, se refleja en el deterioro de las condiciones ambientales: existencia de charcos en las calles y la proliferación de vectores, relacionados con la aparición de enfermedades que atacan a la población más vulnerable.

Las aguas grises representan el 80% del total de aguas negras que se producen en los hogares y son producto de muchas actividades cotidianas realizadas como: lavado de nuestros cuerpos, limpieza del hogar, lavado de trastes o utensilios de cocina y el lavado de ropa.

- **Formulación del problema.**

¿Cuál es la incidencia de los Biofiltros y su eficiencia en la remoción de residuos líquidos (aguas servidas)?.

## **2.8. Objeto de investigación.**

El objeto de este estudio son aguas residuales carentes de alcantarillado o algún tratamiento en específico de ingreso y egreso de aguas contaminadas con desechos líquidos del hogar (lavamanos, baño, cocina, lava ropa), dar una alternativa más a toda población que carece del servicio de alcantarillado.

## 2.9. Alcance de investigación.

### ○ **Temporal.**

La región de estudio se encuentre ubicada en el municipio de villazon, provincia modesto omiste del departamento de potosí, (Bolivia).

Geodésicamente el municipio de villazon se encuentra situada entre los paralelos 21°41'00" y 22°06'30' de latitud sud con relación a la línea del Ecuador y entre los 65°10'00' y 66°04'30" de longitud oeste con relación al meridiano de Greenwich. Ubicado a una altura de 3.443 m.s.n.m.

### ○ **Espacial.**

La construcción y búsqueda de materiales durara 30 días Posterior a la construcción del biofiltro de flujo rectangular y de pendiente horizontal se comenzara con la siembra de especies vegetales, dependiendo de la emergencia de los mismos, se procederá a la toma de datos en un lapso de 5 meses y 15 días.

## 2.10. Objetivos.

### ○ **objetivo general.**

- Usar Filtros biológicos (bio-filtros) para la remoción de nutrientes en aguas grises, con especies forrajeras; gramíneas y leguminosas adaptadas al municipio de villazon.

### ○ **objetivo específico.**

- Disminuir el grado de contaminación por aguas servidas con la utilización de biofiltros.
- Adaptabilidad de las especies forrajeras.
- Adaptabilidad de este método bajo estas condiciones climatológicas dado q el método usado es muy frecuente en la zona centroamericana.
- Análisis de aguas al inicio y al final del proceso.

## 2.11. Metodología.

Para calcular el tamaño de un biofiltro jardinera domiciliar, se necesita tomar en cuenta:

La cantidad de personas que viven en las viviendas:

- La cantidad e individuos que habitan el domicilio donde se realizó la investigación so 5 personas

La cantidad estimada de agua que gastan esas personas.

			meses de investigación				
	Unid. medida	consumo promedio por mes	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre
padre	lts	180,255	180,255	180,255	180,255	180,255	180,255
madre	lts	185,345	185,345	185,345	185,345	185,345	185,345
1 hijo	lts	150,972	150,972	150,972	150,972	150,972	150,972
hija	lts	170,032	170,032	170,032	170,032	170,032	170,032
2 hijo	lts	186,011	186,011	186,011	186,011	186,011	186,011
						total	4363,075

Estos datos permiten calcular el Caudal de diseño, que estará dado por el caudal medio de aguas residuales ( $Q_m$ ), como principal variable en el diseño. Las fases necesarias para la realización de un biofiltro están descritas a continuación.

### Calculo del caudal medio de aguas residuales ( $Q_m$ )

El diseño del biofiltro radica en el caudal medio de aguas residuales. Los barrios de la zona de intervención se consideraron como zona de alta densidad, con una dotación de agua potable de 140 litros/habitantes/día.

Las consideraciones para la estimación del  $Q_m$  se describen a continuación:

El gasto medio de aguas residuales domésticas se estima igual al 80% de la dotación del consumo de agua, según las normativas que son similares en los varios países de Latinoamérica.



Las aguas del efluente que llegan a los biofiltros jardineras son solamente las aguas grises (aguas con fines de limpieza o de higiene de nuestros cuerpos), de manera que se tiene que restar el porcentaje equivalente a las aguas negras provenientes de la orina y heces.

En el caso que el servicio de agua potable no sea constante, para determinar la producción de aguas residuales más realista se debe de saber el horario con el cual es suministrado el servicio.

## **Dimensionamiento del pre-tratamiento**

Para un buen funcionamiento del tratamiento primario, ciertas condiciones deben ser tomadas en cuenta en el momento de su diseño, tales como:

Tiempo de retención hidráulica, el cual es demandado para la apropiada sedimentación o decantación de las partículas.

Tiempo de retención para una bio-digestión.

Espacio necesario para la acumulación de materia (o periodo a definir como lapso entre limpieza).

Este procedimiento se llevó a cabo a utilizando formulas propuestas por las investigaciones de los doctores Mara y Sinnatamby, cuyo método racional para calcular el apropiado funcionamiento de un tanque séptico en lugares de clima tropical estable, muestran los métodos analíticos para definir la magnitud de cada uno de los volúmenes en el proceso que se lleva dentro de este tipo de tecnologías.

## **Dimensionamiento del Biofiltro**

Para el dimensionamiento del biofiltro se debe calcular el *Ancho mínimo del biofiltro* ( $B_{min}$ ) y el *Largo mínimo del biofiltro* ( $L_{min}$ ). El cálculo del largo mínimo también sirve de base para proponer una distancia ideal para el momento de construcción. Este ancho está en función de la profundidad del biofiltro, su pendiente y la conductividad hidráulica que posee en este caso el material filtrante, nuestro largo estará definido por la carga hidráulica y nuestro caudal de aguas grises.

## **Validación de los resultados**

Una vez propuestas las dimensiones de ancho y largo de forma preliminar, se procede a su validación, para lo cual se calcula una serie de parámetros que tienen que cumplir algunos criterios técnicos:

Es importante resaltar que si el sistema se construye de dimensiones menores a las realmente necesitadas, su eficiencia será menor. La experiencia ha demostrado que el tiempo de retención hidráulica para el cual se debe dimensionar este sistema debe estar entre 3 y 5 días.

Se debe de estimar de forma empírica el parámetro de Demanda Biológica de Oxígeno 5 (DBO 5), para tener un aproximado de la calidad de las aguas en el efluente. De la misma manera se estima la Carga Orgánica y concentración de coliformes fecales en el efluente.

Para los proyectos pilotos, luego de la etapa de construcción del biofiltro, comienza una etapa de seguimiento, control y monitoreo que consiste en verificar los niveles de eficiencia del sistema, tomando pruebas de aguas en el afluente y el efluente del sistema para verificar los parámetros de contaminación, como DBO (Demanda Biológica de Oxígeno), nitratos y fosfatos.

### **2.12. hipótesis.**

La diferencia de costos entre las tecnologías tradicionales y los biofiltros recaen principalmente en los costos ambientales. Los biofiltros son más amigables con el ambiente por disminuir gran parte de los agentes patógenos en el agua, pudiendo devolverla a la naturaleza para recargar los acuíferos sin causar daño. Con tecnologías convencionales, el agua que se infiltra en el suelo lleva aun gran cantidad de carga orgánica y de otros contaminantes que causan impactos negativos al suelo y acuíferos.

- **definición conceptual de las variables.**

Básicamente, la definición conceptual de las variables constituye una abstracción articulada en palabras para facilitar su comprensión y su adecuación a los requerimientos prácticos de la investigación.

- **definición operativa de las variables.**

Operacionalizar las variables significa explicar cómo se miden. Para lograr la operacionalización se transforma una variable en otras que tengan el mismo significado, descomponiéndolas en otras más específicas llamadas dimensiones y a su vez, traducir estas dimensiones en indicadores para permitir la observación directa.

## **Las etapas de construcción**

Las etapas de construcción de los biofiltros son las siguientes:

- ✓ Colocación de estacas y niveles de referencias Excavación
- ✓ Verificación de medidas
- ✓ Colocación de plásticos y de los sacos
- ✓ Preparación de los tubos de PVC
- ✓ Colocación de materiales
- ✓ Siembra de las especies forrajeras y gramíneas

Para la toma de datos de la evaluación de bio filtros en gramíneas (t1) y leguminosas (t2) son los siguientes.

- Porcentaje de emergencia.
- Análisis de agua.

## 2.4. marco referencial teórico conceptual.

Existen variadas formas de solucionar o mitigar la contaminación difusa, desde medidas de manejo en el origen, es decir implementar mejores prácticas culturales que reduzcan la producción de contaminantes, hasta la instalación de barreras físicas que bajen la velocidad del agua de escurrimiento y, por lo tanto, la erosión.

Una alternativa conducente a disminuir el ingreso de contaminantes hacia los cursos de agua son los denominados biofiltros ecológicos o “buffer”, que corresponden a una asociación vegetal, conformada por especies herbáceas, arbustivas y arbóreas, solas o en combinación. Las plantas se ubican en forma perpendicular al avance del agua de escorrentía y paralela al curso de agua donde se recibe el escurrimiento superficial de las áreas de cultivo.

Un biofiltro también puede tener otros objetivos; por ejemplo, para la protección de riberas, para defender zonas susceptibles de inundación, establecer corredores de vida silvestre, reducir la temperatura de los cursos de agua y favorecer la proliferación de peces, aumentar la diversidad vegetal y embellecer el paisaje del área.

Como se señaló, es posible utilizar árboles, arbustos o pastos, que tienen la propiedad de filtrar contaminantes difusos generados por la actividad agrícola, tales como nutrientes (nitrógeno y fósforo), sedimentos, residuos de plaguicidas y material orgánico, entre otros, que son arrastrados por la escorrentía superficial en los campos de cultivo. En la figura 4 se muestra un diagrama de un biofiltro en el campo. (Fuente [www.forestry.iastate.edu/.../buffer1.gif](http://www.forestry.iastate.edu/.../buffer1.gif))

El saneamiento constituye un medio para ampliar el desarrollo humano. El problema de las aguas negras y grises está ligado a las condiciones de saneamiento y el déficit de saneamiento se concentra en cifras abrumadoras en países en desarrollo. Casi una de cada dos personas en países en desarrollo carece de condiciones adecuadas de saneamiento, lo que equivale a dos veces y medio el déficit de acceso al agua limpia.

(Fuente: Informe sobre desarrollo humano 2006, PNUD).

Es improbable que un sistema de flujo sub-superficial (SFS), sea económicamente competitivo, desde el punto de vista de costos frente a un sistema de flujo libre para pequeñas comunidades y caudales pero siempre dependerá de los costos de la tierra, el tipo de impermeabilización que se requiera y el tipo de disponibilidad de material granular empleado.

En general los componentes principales de las humedades son las plantas, los suelos y los microorganismos, proporcionan sombra (evitando el crecimiento de algas), aíslan al agua de la pérdida de calor, filtran sólidos y patógenos, proveen de oxígeno disuelto. (LARA 2000)

La vegetación proporciona superficies para la formación de películas bacterianas, Facilita la filtración y absorción de constituyentes del agua residual, permite la transferencia de oxígeno a la columna de agua y controla el crecimiento de algas al limitar la penetración de luz solar.

Al tener un alto grado de humedad y una abundante vegetación, e humedal adquiere un elevado potencial de auto depuración. Casi no se generan lodos, porque todos los sólidos se mineralizan, no se generan olores, no presentan problemas de moscas y la bio mas a vegetal actúa como aislante del sedimento, lo que asegura una intensa actividad microbiana en todas las estaciones del año. (LARA 2000)

Los humedales por lo general tienen un buen rendimiento, pueden tratar con eficiencia niveles altos de demanda bioquímica de oxígeno (DBO), sólidos suspendidos (SS) y nitrógeno (rendimientos superiores al 80%) así como niveles significativos de metales trazas orgánicas y patógenos. No ocurre lo mismo con la eliminación de fosforo que es mínima en estos sistemas (LARA 2000).

## **2.5. importancia a nivel internacional.**

En América Latina y el Caribe, 124 millones de personas no cuentan con instalaciones de saneamiento mejorado y se ven obligadas al uso de instalaciones higiénicas deficientes. Más del 75% de las aguas residuales son arrojadas al medio ambiente sin tratamiento alguno, contaminando las mismas fuentes de aguas que se usan para beber (UNICEF 2008).

El saneamiento constituye un medio para ampliar el desarrollo humano. Sin un saneamiento básico, los beneficios del acceso al agua limpia disminuyen y las desigualdades menoscaban de forma sistemática el progreso hacia la educación, la reducción de la pobreza y la creación de riqueza. (UNICEF 2008).

El problema de las aguas negras y grises está ligado a las condiciones de saneamiento y el déficit de saneamiento se concentra en cifras abrumadoras en países en desarrollo. Casi una de cada dos personas en países en desarrollo carece de condiciones adecuadas de saneamiento, lo que equivale a dos veces y medio el déficit de acceso al agua limpia. (Fuente: Informe sobre desarrollo humano (2006, PNUD).

## **2.6. Datos fenológicos y fisiológicos de la lenteja**

### **2.6.1. Características botánicas.**

La lenteja (*Lens culinaris*), es una planta anual y herbácea, con tallo débil, corto y ramificado. Tiene las hojas paripinnadas, con zarcillos; los folíolos son pequeños, ovales y alargados. Las flores están en racimos axilares de color blanquecino. Las vainas aplastadas, anchas y cortas. Normalmente cada una tiene dos semillas, y terminan en un corto apéndice en forma de gancho.

Las lentejas principalmente son utilizadas para la alimentación humana por tener un 25% de proteínas aproximadamente y un alto contenido en hierro, aunque también se pueden aprovechar como forraje en estado verde; la paja también se utiliza con buen resultado.

### 2.6.2.Exigencias del cultivo.

La lenteja es un cultivo de invierno en aquellas áreas donde los inviernos son suaves; si los inviernos son extremadamente duros se cultiva en primavera. En general, la planta está adaptada para climas frescos, aunque le perjudican las nieves y los rocíos intensos.

La temperatura óptima de germinación se sitúa entre los 15 y 25 °C, siendo más lenta a más baja temperatura. Es más segura y rápida la emergencia cuando la siembra se hace a profundidades de 4-5 cm y se obtiene mayor producción de materia seca que con otras siembras más superficiales o más profundas.

Por lo general, los suelos con buenas aportaciones de materia orgánica y abundancia de óxido de hierro, dan lentejas de mejor calidad.

Prefiere suelos sueltos y profundos, perjudicándole bastante el exceso de humedad.

Si el terreno es demasiado fértil se producirá un excesivo desarrollo de la planta en detrimento de la fructificación.

La lenteja es por lo general un cultivo de secano, aunque se ha demostrado que con los riegos, las áreas foliares y la producción de materia seca aumentan, y se han obtenido respuestas positivas en el campo.

La producción, sin embargo es sensible al exceso de agua, produciendo una merma en la producción. El momento crítico de crecimiento más importante en la lenteja para las necesidades de agua es la floración, y un retraso de esta agua produce reducción de la cosecha.

Las lentejas toleran bien la sequía, pero tienen limitada la tolerancia a la sal al sobrepasar los 5 mmhos/cm. A partir de esta conductividad empieza a haber reducción en la producción de materia seca.

### 2.6.3. Abonado.

Una cosecha de lentejas de unas 2 tm de grano/ha puede consumir alrededor de 95-100 kg de nitrógeno por hectárea. Aproximadamente el 75% de las necesidades de N quedan con la fijación simbiótica del *Rhizobium*.

Estudios realizados en Siria, en suelos con alto pH y bajo contenido en fósforo, han revelado que se necesita un nivel disponible de fósforo de 4 ppm en el suelo, durante los periodos que reciben niveles normales de lluvia, pero que, cuando la precipitación es escasa, es necesario para lograr producciones altas, un nivel de 7 a 9 ppm. Esto demuestra la importancia de la fertilización fosfórica en la lenteja, principalmente durante los años de lluvia escasa.

Se ha demostrado que la aplicación de zinc, a la dosis de 5 ppm, aumenta la supervivencia de los *Rhizobium* de lenteja y aumenta el número y el contenido de hemoglobina de los nódulos de las raíces, resultando de ellos un aumento de la fijación del nitrógeno y de la producción de materia seca (esto siempre en suelos con deficiencia de zinc). Las lentejas son leguminosas, fijadoras de nitrógeno a través de la simbiosis de unas bacterias del género *Rhizobium leguminosarum*.

Hierba anual, erecta o difusa, pubescente. Raíz pivotante, delgada, con raíces laterales fibrosas. Tallos 20-50(75) cm, delgados, muy ramificados, cuadrangulares, con los nervios en los ángulos, a veces con pigmentación azulada en la base o en toda su longitud.

Hojas alternas, terminadas en un zarcillo simple o bifurcado, con 1-8 pares de folíolos, de verde-claras a verde-azuladas; estípulas de ovadas a lineares, enteras; pecíolo corto; raquis 1-5 cm; folíolos 7-25 x 2-7 mm, obovados, elípticos o lineares, agudos o a veces truncados y tricuspidados, cuneados, redondeados y con pulvínulos en la base, lo que les permite plegarse en momentos de estrés hídrico.



Inflorescencias con 1-4 flores; pedúnculo 2-5,5 cm, de la mitad hasta una vez y media la longitud de la hoja axilante, eje terminando en un mucrón o arista de longitud variable que a veces ejerce de zarcillo.

Flores 4-9 mm, pediceladas; pedicelo 1,9-3,5 mm.

Cáliz 6-8 mm; lóbulos más o menos iguales entre sí, generalmente dos o tres - excepcionalmente hasta 6- veces más largos que el tubo.

Corola con un estandarte 5-7 mm, blanco, azulado o azul-purpúreo; a las 4,5-6,5 mm, generalmente blancas, a veces con tinte azul - violeta; quilla 4,5-6,8 mm, blanca.

Fruto 6-20 x 3,5-8(12) mm, oblongo-rómbico, comprimido lateralmente, con pico corto, cuneado, glabro, con 1-2 semillas. Semillas 3-9 mm, lenticulares, rojo-claras, verdes, verde-rojizas, grises, pardas o negras, frecuentemente con un moteado pardo oscuro o negro.

#### 2.6.4. CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS. BOTÁNICA.

**Nombre Común:** Lenteja.

**Nombre científico:** *Lens culinaris*.

**Familia:** *Fabaceae* o *Papilionaceae*.

**Género:** *Lens*.

**Especies:** *Lens culinaris* y *Lens nigricans*.

La lenteja es una planta de cultivo anual y de porte erecto.

##### - Tallo.

Su tallo es delgado y erecto. Lleg a alcanzar una altura aproximada de 20 a 50 cm y en algunas ocasiones algo más alto pero nunca sobrepasa los 70 cm.

##### - Raíces.

## 2.7. Datos fenológicos y fisiológicos del trigo

### 2.7.1.MORFOLOGÍA

El trigo es una planta perteneciente al género *Triticum*, de la familia de las gramíneas Poaceae. Es una planta anual y monocotiledónea.

A continuación vamos a analizar cada parte de la planta del trigo.

#### **-Raíz:**

Las raíces que permanecen en la planta son las que nacen cuando la planta ya ha emergido del suelo, ya que las raíces que nacen en la germinación de la semilla son temporales. Las raíces del trigo son fasciculadas y suelen llegar a medir más de un metro aunque en torno al 50% de las raíces se encuentran en los primeros 25 cm del suelo. El crecimiento de las raíces permanentes comienza cuando y se considera el crecimiento completo de las raíces del trigo en el encañado. La densidad de las raíces varía según el tipo de cultivo del trigo, en secano las raíces tienen menos densidad que en regadío.

**-Tallos:** el tallo del trigo es un tallo recto y cilíndrico de tipo herbáceo, poco ramificado y hueco. Generalmente posee 6 nudos y su longitud se encuentra entre 60 y 120 cm, aunque varía según la especie de trigo que se cultivó.

**-Hojas:** Las hojas son alargadas rectas, paralelinervias y terminadas en punta, con una longitud de 15 a 25 cm. Cada planta tiene de 4 a 6 hojas. En cada nudo nace una hoja, esta se compone de vaina y limbo, entre estas dos partes existe una que recibe el nombre de cuello de cuyas partes laterales salen unas prolongaciones llamadas aurículas.

**-Inflorescencia:** Cuando termina el ahijamiento comienza a elevarse en el tallo, a la vez que este último se alarga en la fase de encañado.

Al finalizar el desarrollo del tallo aparece la espiga envuelta en la última hoja. Las espigas están compuestas de 15 a 25 espiguillas que se presentan dispuestas

alternativamente a derecha e izquierda en torno a un raquis. Cada espiguilla presenta externamente dos brácteas denominadas glumas y contiene de tres a cinco antecios dispuestos sobre una raquilla. Cada uno de los antecios se compone de una lemma, de una pálea y de una flor. Normalmente uno a dos antecios son estériles, generándose un máximo de dos a tres flores fértiles por espiguilla.

**-Flores :**Cada flor está compuesta por tres estambres y por dos estigmas plumosos que nacen directamente del ovario; en la base de la flor se encuentran dos estructuras transparentes llamadas lodículas o glumélulas, todas estas estructuras se encuentran protegidas por dos brácteas del antecio (lemma, la más externa y pálea, la más interna). El trigo es una planta autógama, es decir, que la fecundación de la flor se produce antes que su apertura. Cuando las antenas aparecen al exterior, la flor ya está fecundada.

**-Grano:** El fruto es un grano de forma ovoide con una ranura en la parte ventral. El grano está protegido por el pericarpio, el resto que es en su mayor parte del grano está formado por el endospermo, el endospermo contiene las sustancias de reserva, constituyendo la masa principal del grano.

El pericarpio es la envoltura de la semilla y está compuesto de varias capas de células, las capas externas frecuentemente se desprenden durante la limpieza o acondicionamiento. Su estructura se divide en epicarpio, mesocarpio y endocarpio.

Las funciones principales del pericarpio son proteger el grano contra agentes bióticos externos (insectos, microorganismos), impedir la pérdida de humedad y conducir y distribuir el agua y otros nutrientes durante la germinación.

Enlace a CIMMYT (información adicional): <http://wheatdoctor.org/es/partes-de-la-planta-del-trigo>

## 2.7.2.FISIOLOGÍA

En el ciclo vegetativo del trigo se distinguen tres períodos:

**Período vegetativo**, que comprende desde la siembra hasta el comienzo del encañado.

**Período de reproducción**, desde el encañado hasta la terminación del espigado.

**Periodo de maduración**, que comprende desde el final del espigado hasta el momento de la recolección.

### Fases:

**Germinación.** El periodo de germinación y arraigo del trigo es muy importante para la futura cosecha de grano. El grano de trigo necesita para germinar humedad, temperatura adecuada y aire a su alrededor.

**Ahijamiento.** El tallo del trigo es una caña (con nudos y entrenudos), cada nudo tiene una yema que origina una hoja. Cuando los entrenudos se alargan al crecer (encañado), se observa que cada hoja nace a distinta altura en nudos sucesivos.

**Encañado.** Tiene lugar una vez que comienzan a elevarse las temperaturas, los nudos pierden la facultad de emitir hijos y comienzan a alargarse los entrenudos del tallo. El encañado consiste, por tanto, en el crecimiento del tallo por alargamiento de los entrenudos.

**Espigado.** El periodo de “espigado” es el de máxima actividad fisiológica, con una transpiración y una extracción de humedad y alimentos del suelo que llegan al máximo.

**Maduración.** El periodo de maduración comienza en la “madurez láctea” cuando las hojas inferiores ya están secas, pero las tres superiores y el resto de la planta está verde, seguidamente tiene lugar la “maduración pastosa”, en la que sólo se mantiene verdes los nudos y el resto de la planta toma su color típico de trigo seco, tomando el grano su color definitivo.

## xv. DISEÑO METODOLÓGICO.

### 3.7. Ubicación del estudio.

El presente trabajo de investigación se realizó en el domicilio de don Justino Gómez Quispe Ubicado en la calle final chichas N° 10

La misma que se encuentra en el municipio de villazon ubicado en una latitud de  $22^{\circ}05'46''$  y una longitud de  $65^{\circ}36'00''$  a 50 mts del rio internacional la quiaca y a 60 mts de la republica argentina a 1000 mts del puente internacional en la parte trasera de su domicilio y a 3445 m.s.n.m.



### 3.8. Condiciones climáticas

Los indicadores fueron logrados de la Unidad de Pronósticos, dependiente del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología SENAMHI, el rango de referencia

son desde la gestión de 1942 a 2011; los indicadores nos muestran Temperatura, precipitaciones, Humedad, días helada, días granizada y vientos.

VALORES	RESUMEN CLIMATOLOGICO													
	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGT.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	TOTAL	MEDIA
Temperatura Mínima Media (°C)	7,0	6,8	6,4	3,3	-2,1	-4,3	-4,0	-2,8	-0,8	3,1	5,6	6,6	24,9	2,1
Temperatura Media Ambiente (°C)	14,0	14,0	14,0	13,2	10,5	7,9	8,6	10,1	11,7	11,9	11,5	9,9	137,3	11,4
Temperatura Máxima Absoluta (°C)	27,0	26,8	28,4	26,6	25,6	22,7	21,9	24,4	28,2	29,9	30,1	30,2	321,7	26,8
Precipitación Media en el municipio de Villazón mm	7,4	6,4	6,1	3,0	0,2	0,0	0,1	1,1	1,8	5,2	3,8	6,0	41,2	3,4
Frecuencia de Precipitación (Días)	14,0	11,1	8,6	2,0	0,1	0,0	0,1	0,6	1,4	2,5	5,2	11,0	56,7	4,7
Precipitación total en el municipio de Villazón mm	103,4	69,9	49,6	8,6	0,3	0,0	0,1	2,2	5,1	13,8	23,8	67,2	343,9	28,7
Heladas en el municipio de Villazón (días)	0	0	0	5	21	23	23	24	19	7	2	0	124,2	10,3
Frecuencia de Granizadas (Días)	11,0	11,0	4,0	5,0	1,0	0,0	0,0	0,0	3,0	4,0	7,0	7,0	53,0	4,4
Humedad relativa mínima media (%)	31,4	32,2	30,2	25,7	22,3	20,4	14,1	14,9	17,9	19,8	19,3	22,8	270,8	22,6
Humedad relativa máxima media (%)	61,0	62,2	62,4	61,4	57,5	52,9	47,9	46,4	49,1	50,1	45,6	46,9	643,3	53,6
Humedad relativa máxima absoluta (%)	90,3	90,9	91,2	90,4	89,0	83,9	69,1	75,3	82,4	82,6	62,8	80,7	988,5	82,4

### 3.8.1. Temperatura máxima absoluta.

A partir de estos datos se deduce que el mes con temperaturas máxima es diciembre con 30,2°C, la media en octubre con 11.9°C, en contraposición el mes que registra los datos más bajos es junio con -4,3°C; la figura nos muestra con mayor precisión este aspecto.

### 3.8.2. Precipitaciones pluviales

Los datos registrados para las precipitaciones pluviales presentan una variabilidad del tipo estacional con épocas de lluvias relativamente intensas en el verano y una prolongada estación seca que coincide con el otoño, invierno y primavera en la zona, expresa que los meses con mayor persistencia de lluvias son diciembre, enero y febrero, alcanzando 67,2; 103,4; 69,9 y 49,6 mm

respectivamente; registrándose anualmente 334,9 mm de precipitación; también se registra la media con 41,2 mm y la frecuencia promedio en días es 4,7.

### **3.8.3. Humedad relativa máxima absoluta del ambiente**

En tanto la humedad relativa máxima absoluta del ambiente para la sección municipal señala un promedio de 82,4%, la humedad relativa media es de 53,6% y la humedad relativa mínima registra un dato de 22,6%.

### **3.8.4. Días helada.**

Para la sección municipal el número de días helada, tiene un rango de 124,2 días, registrándose en el mes de agosto el mayor número de días con heladas 24; por otra parte los días de granizada son 53 en un periodo, siendo el promedio de 4 días granizo en un año.

**(Fuente PDM del gobierno autónomo municipal de villazon)**

## **3.9. Métodos teóricos.**

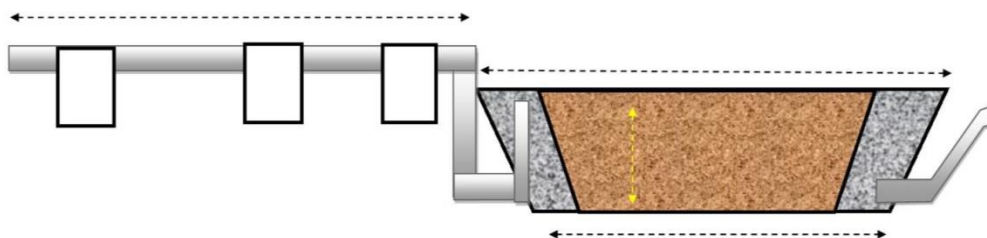
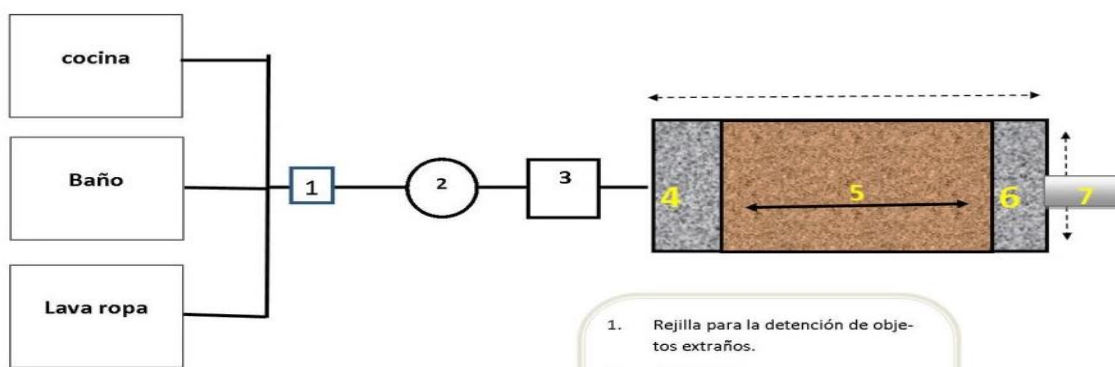
En esta etapa se separa la mayor cantidad de sólidos, tanto flotantes como los más pesados, que pueden ser decantados situándose en la parte inferior del primer tanque. Se producirá una separación de las grasas y detergentes, que quedarán en la parte superior del depósito, mediante la diferencia de pesos específicos. En esta etapa se coloca también un segundo tanque con las mismas características, permitiendo la separación de los sólidos pesados y grasas que puedan escaparse del primer tanque. Para los sistemas de biofiltración actualmente promovidos, se utilizan dos tanques separadores de grasas en serie, con el fin de garantizar una mayor remoción de sólidos pesados y grasas.

## **15.2. Tratamiento biológico (biofiltros)**

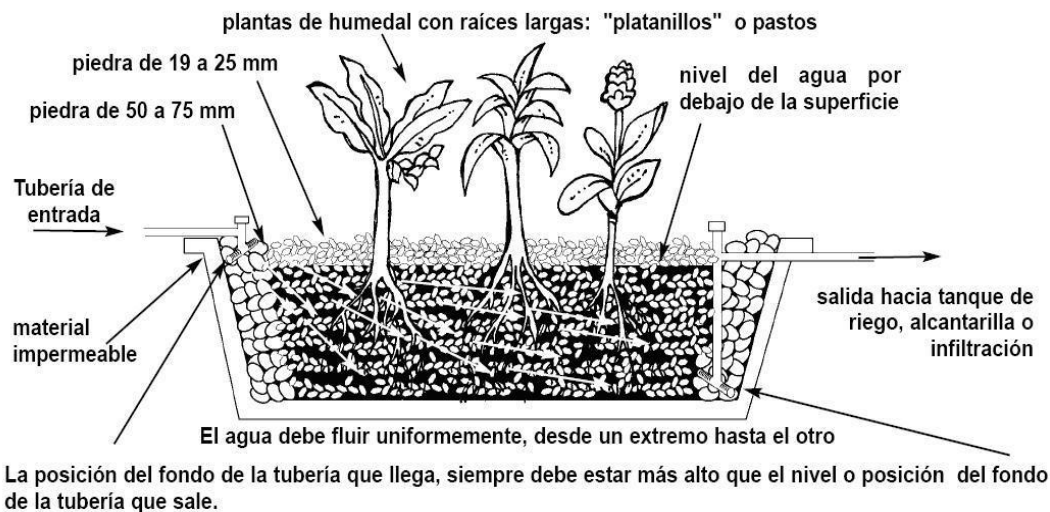
El agua gris contiene nutrientes como nitrógeno y fósforo (que vienen principalmente de los detergentes y jabones). Las plantas se pueden alimentar de estos nutrientes, tomándolos del agua y aprovechándolos para su crecimiento. Incorporando el sistema de filtro-jardinera, se puede reutilizar hasta un 70% del agua que ingresa al filtro. El agua sale mucho más limpia que cuando ingresó al filtro y puede ser utilizada para riego de árboles, jardines o plantas de ornato.

Del 30% restante, una parte es utilizada por las plantas para su crecimiento y el otro se pierde por medio de la evaporación. A la vez que las plantas adsorben los nutrientes que necesitan para su crecimiento, el material filtrante también realiza una segunda tarea en el tratamiento, capturando el material grasoso o jabonoso que puede estar contenido en el agua luego del tratamiento primario.

### 3.10. Métodos empíricos.







### 3.11. Técnicas e instrumentos de investigación.

#### 3.11.1. Técnicas

La técnica o diseño estadístico a utilizar en este caso el diseño del bio filtro y el croquis se lo realizará de la siguiente manera.

-análisis estadístico de carácter descriptivo dado que solo se tiene 2 tratamientos y carecen de repeticiones

#### 3.11.2. Materiales Y Equipos De Campo

- una pala
- pico
- cámara fotográfica
- marcador permanente
- cinta métrica o flexómetro
- lápiz
- bolígrafo
- libreta de registro
- planilla de registro
- cernidor

- GPS portátil
- codos
- Semi Codos pvc
- Cañerías baldes de 20litros con tapas
- Plástico de 6 a 7 mts
- teflón
- Graba y gravilla
- Semillas de forrajes y leguminosas adaptadas al lugar trigo (*triticum spp*) y lenteja (*Lens culinaris*)

### **3.11.3. Materiales Y Equipos De Gabinete**

- Impresora-computadora
- Máquina de calcular
- Bolígrafos o lápiz
- Papel bom tamaño carta

## **XVI. IMPORTANCIA CIENTÍFICA.**

### **4.4. Aporte teórico.**

El reciclaje de las aguas incide directamente en la parte financiera: al reducir volúmenes de agua que no entran al sistema de alcantarillado, se reducen proporcionalmente los costos por dar un tratamiento a esas aguas. Los biofiltros, además de brindar un tratamiento desde el hogar a las aguas grises, permiten tener la posibilidad de un reúso. El agua resultante del efluente del sistema puede ser utilizada para otras actividades dentro del mismo hogar (según la calidad que está presente al final del tratamiento), reduciendo el consumo del agua potable hasta en un 20%. En la construcción de los biofiltros se utilizan plásticos y sacos para la impermeabilización de la zanja donde se colocara el material filtrante. Con esto se evitan los altos costos de realizar esta estructura en concreto y se hace más sencilla su construcción.

### **4.5. Significación práctica.**

La realización de esta investigación es muy importante debido a la topografía que presenta el municipio autónomo de villazon y las comunidades aledañas puesto que el crecimiento poblacional va en aumento y las necesidades de servicio básico tales como el servicio de alcantarillado. Coadyuvaría en el trabajo realizado por la empresa municipal de saneamiento básico villazon (EMSABAV), puesto q algunas zonas requieren de bombas para extraer las aguas residuales y donde los que necesitan este servicio no llegarían a más de 20 familias.

### **4.6. Novedad científica.**

Viendo la necesidad debido al requerimiento de agua tanto para el consumo y asimismo para el riego se ven maneras y métodos de captación como del

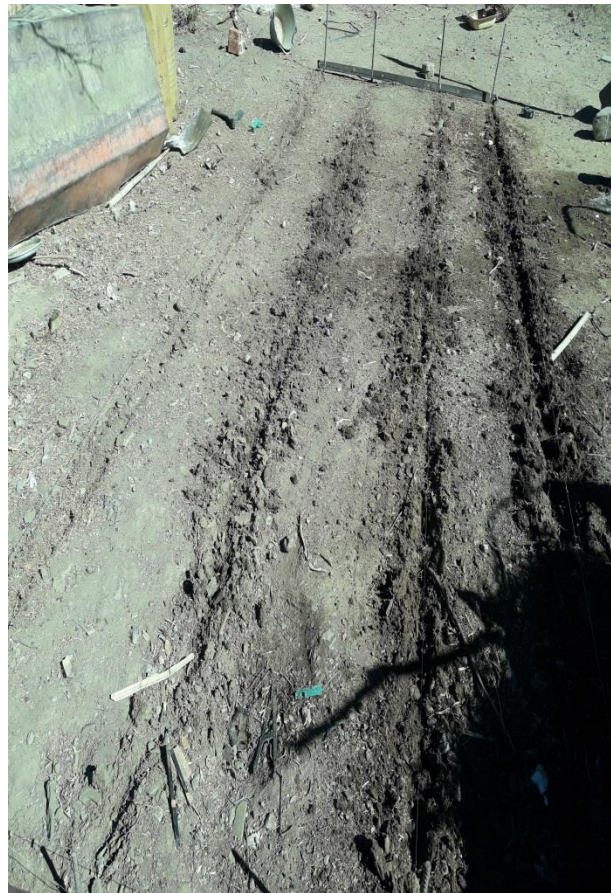
reciclado del agua si bien en el municipio de villazon cuenta con una red de alcantarillado esta solo cubre el 75% de toda la población así mismo se cuenta con una planta de aguas residuales esta solo cubre el 25% de la población y el 75% se descarga en el rio internacional.

Es importante tomar medidas drásticas para preservar el rio fronterizo con medidas de reducción y mitigación de residuos líquidos domiciliarios para alivianar el costo de tratamiento de las mismas, además que el rio la quiaca se va adentrando a territorio nacional y con el pasar de los años puede significar un problema mayor no solo en la ciudad sino también a todos los pueblos que viven en inmediaciones de la cuenca de sococha y esta desembocaría en el rio san juan del oro y posteriormente el rio Pilcomayo, viendo de la magnitud del riesgo de contaminación, las medidas de prevención debe darse desde donde se manifiesta los problemas por más leves e insignificantes que estas parezca.

## XVII. Operación de la investigación.

### 5.9. Medición del para el bio filtro

El trabajo de medición y marcado se lo realizo en fecha 1 de agosto del 2018  
Para la medición del filtro se tomó un área de 40 m<sup>2</sup> de las cuales 2.5 m<sup>2</sup>  
para cada tratamiento.



### 5.10. construcción del bio filtro.

En fecha 1 de agosto de 2018 se empezó con la construcción con las siguientes características.

Cada uno de los filtros consta de las siguientes medidas: 0.5mts de ancho y 5mts de largo con una pendiente de 75° para el ingreso de los residuos líquidos como así también para el egreso y disposición final de la misma. La profundidad del aforado lineal es de 0.5 mts en cada uno de ellos y el





desnivel para la circulación esta con 1 cm para la circulación del agua ya contaminada, para el ingreso del agua se perforo en línea recta hacia el biofiltro.



Posterior a ello se impermeabilizó la parte destinada para el biofiltro:

Primero se puso una capa destinada a brindar amortiguación y repeler humedales externos así como a raíces de los arboles próximos.

Segundo se utilizaron 7 mts de largo y 2mts de ancho de plástico grueso de color azul para cada uno de los tratamientos.

### 5.11. Construcciones extras.

Se bio en la necesidad de construir un lavarropas a 10 mts del área determinada para el biofiltro el cual consta de un sifón para la sedimentación de partículas de arena de 20 cm x 20 cm enterrado a 20 cm de la capa superficial **Para la dar un uso adecuado al biofiltro**



### 5.12. Instalación de cañerías

La instalación de cañerías de realizo en fecha 5 de agosto del 2018 con las siguientes características:

- Se utilizaron 6 tuberías pvc de la marca nacional plamath
- 9 uniones codo
- 5 uniones en T
- Nivel de mano
- Pegamento para pvc
- Cinta de embalaje para tuberías
- Pegamento



Empezando desde la fuente de ingreso de los residuos líquidos se cortó un tubo pvc de 80 cm acoplándolo con la ayuda de un codo a otra tubería de 7.5 mts de largo, esta se llega a empalmar en una T cabe constatar que se tocó una pendiente de 1 cm en cada metro de cañería.

**Para el ingreso del agua a tratar.** Una vez emplazado se realizó cortes de 1 mts de caño acoplándolo a la unión T, posteriormente se emplazó en un codo acoplado a una tubería de 70 cm de largo, después se lo acoplo a otra unión T poniendo en sus extremos de la unión T pequeños caños de 15 cm de largo con orificios en cada 3 cm apuntando hacia la graba.



**Para el egreso del agua tratar.** Para la salida final del agua tratar se inicia con el acople de tuberías de 15 cm perforadas cada 3 cm apuntando hacia la graba se los acopla a una unión T y después a una tubería de 40 cm en dirección hacia la superficie donde es direccionada con otro codo, para el egreso definitivo del agua ya tratada.





El procedimiento se repite en ambos filtrados.

### 5.13. Agregado de la graba.

La compra de graba se realizó en fecha 10 de agosto del 2018 con la ayuda del compañero universitario José Luis Sánchez el proceso de zarandeo de la graba fue en cuatro partes.

1. La extracción del ripio del rio de la comunidad de cuartos hasta el lugar de zarandeo.
2. El zarandeo y clasificación por tamaños graba, gravilla, arena fina para mi investigación lo realizo con una malla de 2 cm de espacio entre hilos
3. El lavado definitivo esto para evitar el traslado de lo que común mente llaman lamas o el limo que es malo no solo para la construcción del biofiltro y la posibilidad de aumentar la eutrofización y la anoxia, sino para la construcción de edificaciones mayores.
4. Transporte de la graba hacia el punto de la investigación

La cantidad empleada para cada uno de los filtros fue de 1 cubo teniendo un total de 2 cubos empleados en los filtros. Tapando en su totalidad las dos instalaciones de cañería definidas para el egreso de las aguas ya tratadas



#### **5.14. Siembra de la lenteja y trigo.**

Para la correspondiente siembra se realizó un trabajo de limpieza y desinfección de la graba al agregar agua tibia para neutralizar a las posibles bacterias existentes en el lugar de filtrado de las aguas empezando desde la fuente de ingreso (lava ropas) hasta el lugar ya mencionado, La primera siembra del grano de trigo y lenteja se lo realizó en fecha 15 de agosto del 2018 a horas 16:00 pm teniendo un rebrote a los 15 días pero debido a la inclemencias del tiempo paso una helada dañando en gran medida en casi su totalidad en ambas muestras, posteriormente se inició la segunda resiembra en fecha 20 de septiembre del 2018 a horas 9 :00 am en la misma densidad de siembra que son : Para la siembra de los granos de lenteja y trigo en los filtros se pesó una cuarta parte de lo que es 1kg, 250 gr de trigo y 250 gr de lenteja respectivamente el método empleado fue al boleado debido a la complejidad de la investigación se

utilizó una cuchara para la remoción de la grava y que estas no dañen a la capa plástica empleada para la impermeabilización y aislamiento de agentes externos.

Actualmente las la gramínea (trigo) y las leguminosas (lentejas) se encuentran en una fase de crecimiento puesto que las yemas de ambos tratamientos ya brotaron, se espera el pronto desarrollo foliar debido a las características hidropónicas con las que constan los dos bio filtros después del desarrollo foliar adecuado que no se estima que dure más de 25 días para su posterior análisis físico (colorimetría) y el análisis químico de las mismas para su correspondiente interpretación de las aguas en un análisis estadístico y la complementación correspondiente.

#### 5.15. Protección.

A causa de los daños ocurridos por los primeros días se vio en la necesidad de enmallar el área donde se realiza la investigación con el objetivo de protegerlo de animales domésticos



#### 5.16. Filtros con leguminosa y lenteja

Después del crecimiento de las leguminosas y gramíneas se nota un cambio drástico en la filtración de las aguas ya que



## **XVIII. RESULTADOS Y DISCUSIONES**

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo verificar si los biofiltros disminuyen el grado de contaminación por detergentes conocido más como (aguas grises).

Para lo cual se determinó el vertido total de aguas grises por cada individuo en el lugar de investigación.

### **6.2. ADAPTABILIDAD DE LOS DOS TRATAMIENTOS**

En función a la adaptabilidad de los dos tratamientos se tiene los siguientes datos.

#### **6.1.1. Gramíneas.**

De los 500 gramos cultivados de trigo en la unidad de tratamiento se obtuvo un porcentaje de emergencia del 90,31% dado que el cultivo se adapta fácilmente a sistemas hidropónicos.

Con respecto al crecimiento de la misma se bio un desarrollo foliar óptimo teniendo una altura promedio de 25.3 cm de altura.

#### **6.1.2. Leguminosas.**

De los 500 gramos cultivados de lenteja en la unidad de tratamiento se obtuvo un porcentaje de emergencia del 75,44% dado que este tipo de cultivo se adapta a suelos fangosos considerados también demasiado húmedos.

Con respecto al crecimiento de la misma se bio un desarrollo foliar regular ya que la altura promedio de desarrollo es de 15.33 cm de altura.

Filtros con leguminosay gramineas



## 18.2. CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS DE LOS DOS TRATAMIENTOS.

Cabe constatar que dada las características de agua gris tratada solo se utilizaron los siguientes parámetros:

- Color
- Olor

**Nota:** se obvia el parámetro de sabor ya que el objetivo de esta investigación es de reducir la contaminación por aguas grises provenientes de domicilios.

### 18.2.1. OLOR.

Para esta característica se dio la casualidad de que en el ingreso de ambos tratamientos se bio un olor putrefacto y nauseabundo esto al remover la gravilla, esto a causa de la carencia de plantas en el inicio de los tratamientos.

Posterior a ello en la salida de los dos tratamientos ya el olor se pierde debido al efecto filtrante de las plantas en conjunción de las gravillas.

### 18.2.2. COLOR.

En función a la colorimetría de las aguas se puso como marco de referencia aun agua potable, como se podrá observar en la fotografía se

ve la degradación de colores en función a la efectividad de los tratamientos en el siguiente orden: muy bueno, bueno, regular, malo

- e) **Agua potable.-** denota una base “ A “ para poder clasificar según la claridad del líquido elemento en este caso el agua al ser una base de diferenciación entraría en una categoría de “muy bueno” dada la base de referencia establecida.
- f) **Tratamiento con lenteja.-** el tratamiento entraría en una caracterización de “buena” por la capacidad filtrante de las leguminosas, denotando la efectividad de las mismas para tratamientos de aguas grises.
- g) **Tratamiento con trigo.-** el tratamiento entraría en una caracterización de “regular” por la capacidad filtrante de las gramíneas con menos efectividad que las leguminosas, esto no desmerece la capacidad de la misma.
- h) **Agua gris.-** esto entraría como una caracterización “mala” y como la base “B” para determinar la colorimetría puesto que se observan los cambios ocurridos durante el tratamiento de aguas.



### **18.3. ANÁLISIS FÍSICO (CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA) Y ANÁLISIS QUÍMICO (PH) DE LOS TRATAMIENTOS.**

#### **18.3.1. Conductividad eléctrica (análisis físico).**

Para la medición de la conductividad se utilizó un conductivímetro electrónico de laboratorio para el análisis de aguas grises donde se obtuvieron los siguientes resultados.

**e) Agua gris:**

En esta prueba se registró 2790 milibares de conductividad eléctrica y una temperatura de 13,50°C siendo una cantidad excesiva para aguas destinada a riego y mucho peor aún para aguas de consumo.

**f) Tratamiento con leguminosa:**

En el tratamiento uno se registró 576,10 milibares de conductividad eléctrica y una temperatura de 14,80°C, se encuentra entre los parámetros para riego de cultivos según la FAO.

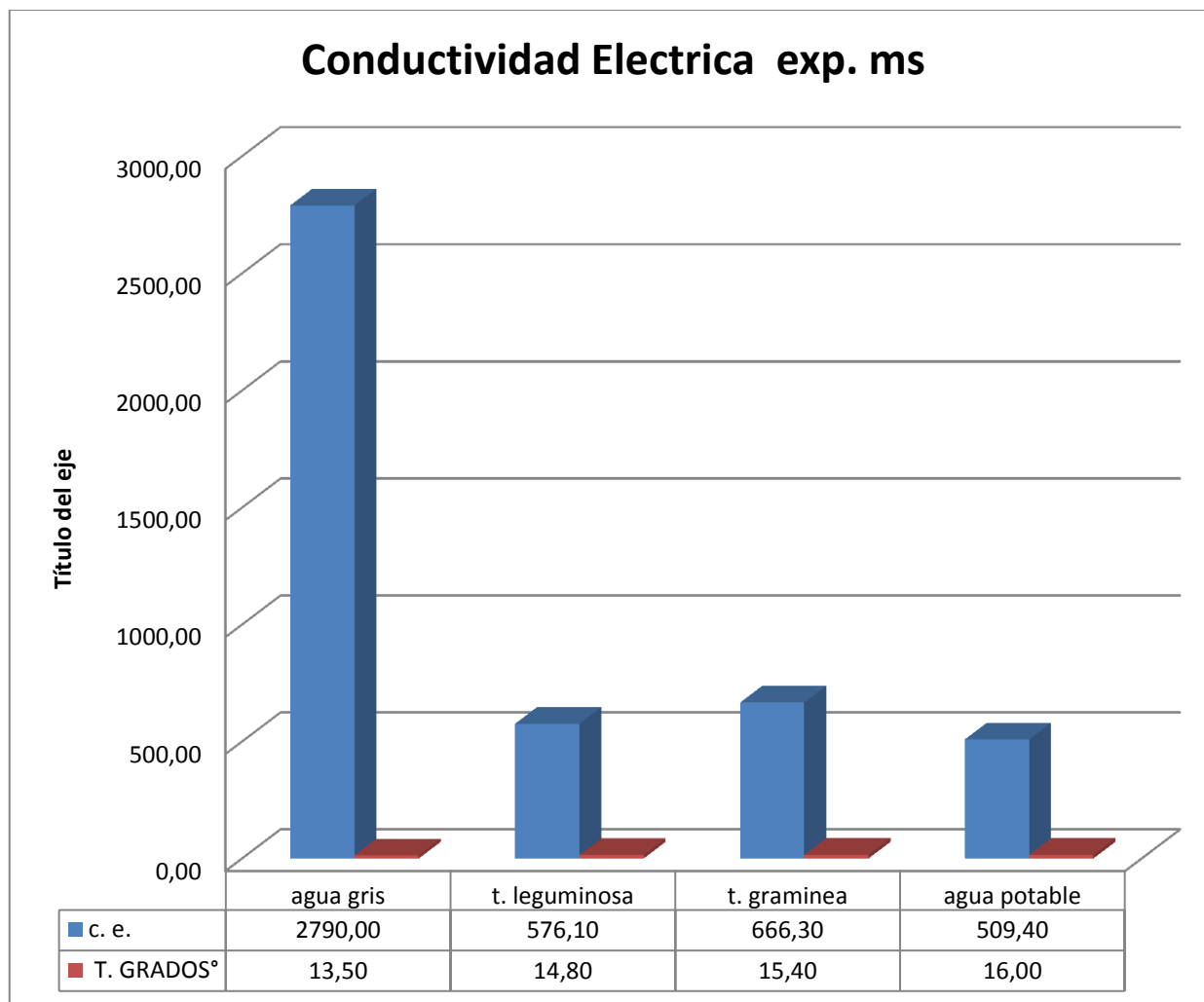
**g) Tratamiento con gramíneas:**

En el tratamiento dos se registraron 666,30 milibares de conductividad eléctrica y una temperatura de 15,40°C también recomendado para riego según los parámetros establecidos por la FAO.

**h) Agua potable:**

En el agua potable la conductividad eléctrica fue de 509,40 milibares de conductividad eléctrica y arrojó una temperatura de 16°C esta ya recomendado para el consumo humano en sus distintas maneras.

Estos resultados arrojados muestran la capacidad de disminución de intercambio catiónico en aguas grises sobre saliendo de esta manera las leguminosas en primera instancia y posteriormente las leguminosas.



### 18.3.2. PH:

Para la utilización del peachimetro se requirió utilizar un patrón de pH 7,57 siendo esta la base para la calibración correspondiente.

#### e) Agua potable:

El pH del agua potable en función a la calibración llegaría a ser neutra

#### f) Agua gris:

Los datos arrojados por el equipo muestran que el agua a tratar tiene un pH de 10 y reajustando con el patrón de pH se tiene un pH de 9,43 teniendo un grado de alcalinidad fuerte el cual no entra ni en los parámetros de riego y mucho peor aún en los de consumo.

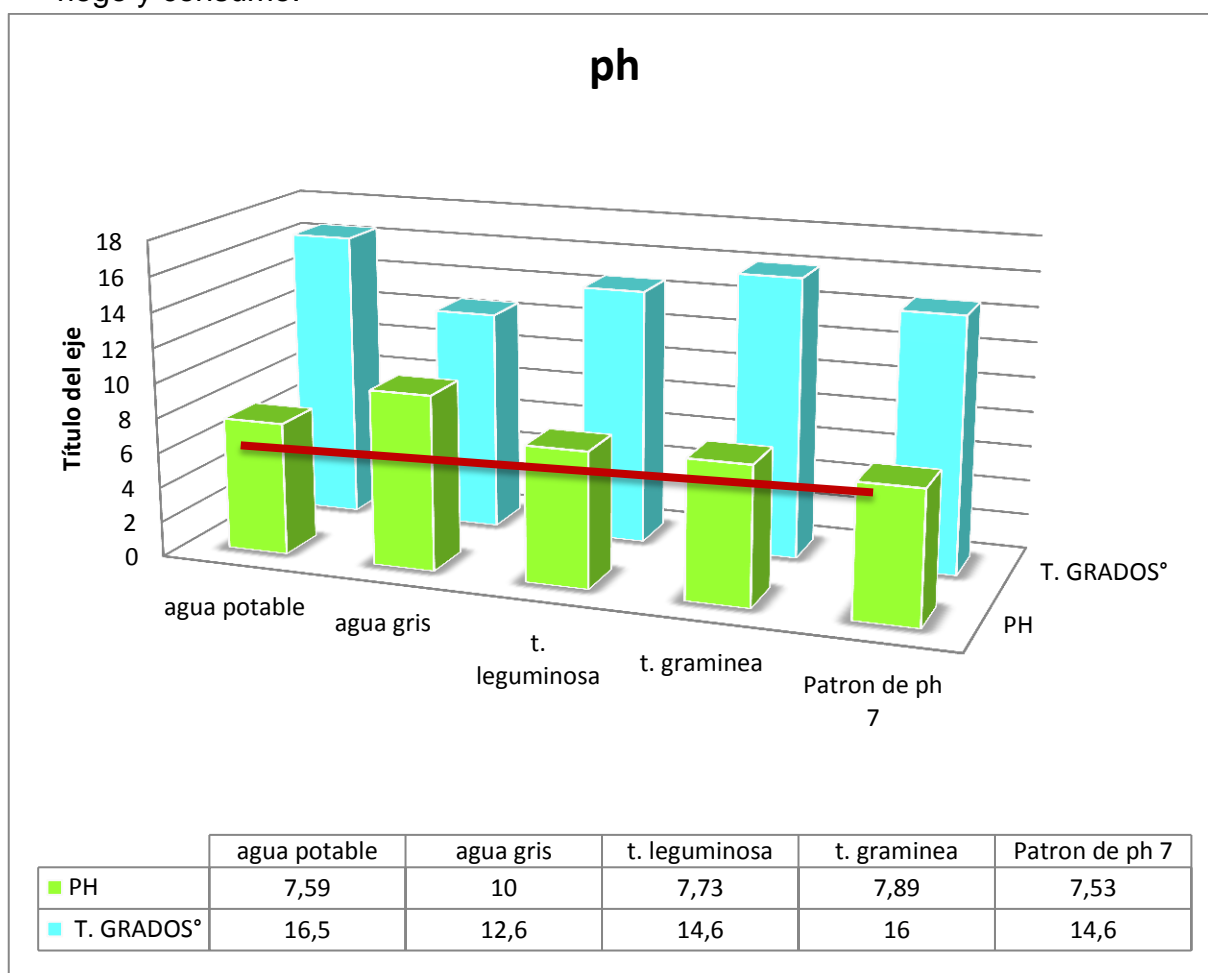


**g) Tratamiento con leguminosa:**

Los datos arrojados por el equipo muestran que el agua a tratar tiene un pH de 7.73 y haciendo un ajuste con el patrón de pH, se tiene un pH de 7,16 entrando en un grado de neutralidad ligera considerados aptos para riego y consumo.

**h) Tratamiento con gramínea:**

Los datos arrojados por el equipo muestran que el agua a tratar tiene un pH de 7,89 y haciendo un ajuste con el patrón de pH se tiene un pH de 7,32 entrando en un grado de neutralidad ligera considerada apta para riego y consumo.



Se observó que en todo el proceso de la investigación en gran parte las leguminosas son las que mayor capacidad filtrante poseen pese a que son pocas las especies que se adaptan a humedales.

## XIX. CONCLUSIONES

De acuerdo a los objetivos planteados y resultados obtenidos, en el presente trabajo de investigación, se llegó a las siguientes conclusiones:

- El uso de bio filtros con leguminosas resulta más efectivo para la remoción de nutrientes en aguas grises
- El desperdicio total de agua gris o sucia fue de 4363,075 litros de agua en los meses de agosto, septiembre, octubre, noviembre y diciembre.
- Se redujo de 2790 milibares a un 576,10 milibares con las leguminosas teniendo un 79,35% con relación al agua gris y un 11,58 % con relación al agua potable y su acercamiento a la neutralidad esto en las leguminosas.
- Se redujo de 2790 milibares a un 666,30 milibares con las gramíneas teniendo un 76,12 % con relación al agua gris y un 30,80 % con relación al agua potable y su acercamiento a la neutralidad esto en las gramíneas.
- se redujo en buen tamaño el pH alcalino de provocado por aguas grises cuyo origen son los detergentes, teniendo un pH de 9,47 hasta llegar a un pH de 7,20 de pH neutro ligero con relación al patrón de referencia 7 en leguminosas.
- se redujo en buen tamaño el pH alcalino de provocado por aguas grises cuyo origen son los detergentes, teniendo un pH de 9,47 hasta llegar a un pH de 7,36 de pH neutro ligero con relación al patrón de referencia 7 en gramíneas.
- El uso de filtros biológicos confirma la efectividad y la necesidad de implantar filtros biológicos en domicilios cercanos a ríos, vertientes, lagunas, lagos, etc. Con el fin de reducir el impacto ambiental
- Los filtros biológicos pueden funcionar como jardines para especies florales en el caso de las leguminosas.

## XX. RECOMENDACIONES.

- se recomienda hacer análisis de DBO y DQO en un laboratorio de análisis de aguas para el caso de agua de consumo humano o potable.
- El uso de las aguas tratadas con bio filtros sirven para el uso de riego en sembradíos puesto que no posee metales pesados, ni materiales radioactivos.
- La oxigenación de las aguas grises antes del ingreso a los filtros es una parte fundamental para evitar la anoxia.
- Es necesario la implementación de trampas de grasa, desarenadores y una rejilla para evitar el ingreso de objetos extraños.

## XXI. Cronograma de actividades.

N°	ACTIVIDADES	gestion 2018												avance
		2018												
		E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
1	APROVACION DE PERFIL	x	x											realizado
2	buscar un hogar con problemas de alcantarillado		x	xxx	xx									realizado
3	perforacion para el bio-filtro				x									realizado
4	instalacion de la capa plastica y la intalacion de cañerías				x									realizado
5	rellenado con graba y grabilla				x									realizado
6	siembra de especies vegetales								xxx					realizado
7	analisis de laboratorio											x		realizado
8	sistematizacion del trabajo											x	x	realizado

## XXII. Presupuesto.

En el siguiente cuadro se mostrara el costo total de la investigación.

### PRESUPUESTO PARA LA ELAVORACION DE UN BIO FILTRO DOMICILIAR

(EXPRESADO EN BOLIVIANOS)

Concepto	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Importe Parcial
<b>preparación del terreno</b>				
alquiler del terreno	mensual	10	100	1000
<b>Sub total de la preparación del terreno</b>				<b>1000</b>
<b>2. Mano de Obra</b>				
zanjeo del área a utilizar	Jornal	2	80	160
instalación de cañerías	Jornal	1	80	80
<b>Sub total de la mano de obra</b>				<b>240</b>
<b>3. materiales y herramientas para la investigación</b>				
pala	pza.	2	30	60
picota	pza.	1	45	45
rastrillo	qq.	1	270	270
zaranda de 50 a 70 mm	M2	1	40	40
zaranda de 19 a 25 mm	m2	1	60	60
cuchara de albañilería	pza.	2	15	30
transporte de ripio	m3	4	100	400
tubos pvc de 2 pulgadas	pza.	5	30	150
unión T pvc de 2 pulgadas	pza.	5	7	35
codos pvc de 2 pulgadas	pza.	7	7	49
pegamento para tubos pvc	Lt	1	25	25
nivel de mano	pza.	1	45	45
flexometro	Pza.	1	35	35
carretilla	pza.	1	250	250
vibradora	pza.	1	1200	1200
semillas forrajeras	kg	2	20	40
tacho de plástico	pza.	2	40	80
lona plástica o agro fil	metros	2	105	210
<b>Sub total materiales de construcción e insumos</b>				<b>3.024,00</b>
<b>COSTO TOTAL</b>				<b>4.264,00</b>

## XXIII. BIBLIOGRAFÍA.

- 1) BUENFIL JACINTO M. C. (Proyecto Piloto Tepoz-Eco) "Biofiltro La Jardinera que Filtra las Aguas Grises para Reciclarlas"
- 2) DELGADO HÉCTOR Y PÉREZ WILLIAM, BIOFILTROS DOMICILIARES (AMUNIC – HABITAR2010), "Filtros biológicos para la remoción de nutrientes de aguas grises"
- 3) ING. CÁCERES VIDAL, ING. HONG NÉSTOR Preparación del reporte: Martin Gauss, Consultor (Cooperación Austriaca para el Desarrollo). **(Abril 2006)**  
Biofiltro: "Una opción sostenible para el tratamiento de aguas residuales en pequeñas localidades".
- 4) FERNÁNDEZ SÉ CERDANYOLA DEL VALLÉS SERGIO, (12 Junio de 2010)  
Evaluación de los costes de construcción y operación de un biofiltro.
- 5) GONZÁLEZ M., SERGIO. Ingeniero Agrónomo, M.Sc. INIA La Platina. Jerez B. JORGE. INGENIERO AGRÓNOMO, Ph.D. INIA Carillanca. Mejías B., Jaime: Ingeniero Agrónomo, Ph.D. INIA CARILLANCA. MOYANO A., MARÍA STELLA. Química, M.Sc. INIA LA PLATINA. PERALTA A., JOSÉ MARÍA. Ingeniero Agrónomo, Ph.D. INIA CARILLANCA. TAPIA F., FRANCISCO. Ingeniero Agrónomo, M.Sc. INIA La Platina. Villavicencio P., Abelardo. Ingeniero Agrónomo, M.Sc. INIA Rayentué. "Establecimiento y evaluación de biofiltros para reducir la contaminación difusa en aguas de riego de las regiones VI y VII" (Santiago de Chile 2007).
- 6) MERCEDES LLORÉNS PASCUAL DEL RIQUELME, (Murcia, 17 de marzo de 2016), agua y sostenibilidad en los procesos productivos de cuencas deficitarias. "Alternativas para el tratamiento de efluentes industriales"
- 7) D. MARA Y G. SINNATAMBY, (1986)., Método Racional Analítico para el diseño de tanques sépticos para climas cálidos y tropicales, The Public Health Engineer, No 14,4 .
- 8) ARCOS CORREA DANNY RAÚL "Calidad de Agua en un Sistema de Recirculación con Biofiltros Para la Producción Intensiva de Post-larvas de camarón *Litopenaeus vannamei*"
- 9) PLATZER MICHAEL MSC. ING. (1996), investigaciones y experiencias con biofiltros en Nicaragua, centro américa".
- 10) TAPIA F. FRANCISCO. VILLAVICENCIO P. ABELARDO. (Santiago de Chile 2007) "Establecimiento y evaluación de para reducir la contaminación difusa en aguas de riego de las regiones VI y VII".

- 11) PDM, Villazón 2012 - 2016 (plan de desarrollo municipal)
- 12) ROBERTO PRADA RAMÍREZ, Director OSCAR CAMPANINI GONZALES, Sociólogo, BALLÓN POSTIGO JUAN, Ingeniero sanitario, VARGAS VILLAZÓN GONZALO, Economista, SHERIFF ERNESTO, Econometrista, OVIEDO RODRIGUEZ ARMANDO, Desarrollo Comunitario, ALIAGA LLANQUE JORGE, Informático(agosto y noviembre de 2009) “plan nacional de saneamiento básico 2008 – 2015”
- 13) GOBIERNO AUTONOMA MUNICIPAL DE VILLAZON. (Proyectada al 2015) “Diagnóstico de Gestión de Residuos Sólidos (GRS) y Tratamiento de Aguas Residuales (TAR)”.

# **XXIV. ANEXOS.**

**Anexo 1**





**Anexo 2**



**Anexo 3**



## **Anexo 4**

