

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA



**TRATAMIENTO SECUNDARIO DE AGUAS RESIDUALES EN UN
HUMEDAL ARTIFICIAL CON DOS DENSIDADES DE SIEMBRA DE
Schoenoplectus tatora EN EL DISTRITO DE CABANA CONDE-AREQUIPA**

TESIS

PRESENTADO POR:

Br. FLORES CHOQUE MIGUEL ÁNGEL

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

LICENCIADO EN BIOLOGÍA

PUNO - PERÚ

2013

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA



**TRATAMIENTO SECUNDARIO DE AGUAS RESIDUALES EN UN
HUMEDAL ARTIFICIAL CON DOS DENSIDADES DE SIEMBRA DE
Schoenoplectus tatora EN EL DISTRITO DE CABANA CONDE-AREQUIPA**

TESIS

PRESENTADO POR:

Br. FLORES CHOQUE MIGUEL ÁNGEL

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

LICENCIADO EN BIOLOGÍA

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

PRESIDENTE

.....
Dr. BELISARIO MANTILLA MENDOZA

PRIMER MIEMBRO

.....
Blgo. HERMINIO RENE ALFARO TAPIA

SEGUNDO MIEMBRO

.....
Lic. MARÍA ELENA SUAÑA QUISPE

DIRECTOR / ASESOR

.....
Dr. EDMUNDO MORENO TERRAZAS

Fecha de sustentación 01/02/2013.

Área: CIENCIAS BIOMÉDICAS

Sub línea: CALIDAD AMBIENTAL

Tema: CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN

DEDICATORIA

A mis padres Benita y Manuel
por el sacrificio, su plena confianza en mí
y su incansable trabajo a través de los años,
por todo su valor, dedicación y esfuerzo.
hoy en día son los tesoros que más valoro.

A mis queridos abuelitos Cecilio y Bacilia
y a mis hermanas Maritza y Leidi,
por su fortaleza moral en todo momento,
especialmente en los más difíciles.

Por ser simplemente, quienes son
y por todo lo que representan en mi vida.
Me motivaron a cumplir esta parte de mis sueños.
La existencia de ustedes me hace mejor

Miguel ángel flores choque

AGRADECIMIENTO

Agradezco enormemente a DESCO ONG por haber hecho posible este proyecto sin el cual, habría sido imposible y estar constantemente preocupado por el cuidado medio ambiental.

Agradezco de manera especial a mi director de tesis, Dr. EDMUNDO MORENO TERRAZAS, por el tiempo y excelente disposición entregados a atender mis consultas y por las sugerencias, que me ayudaron a concluir este trabajo.

A mis jurados de tesis Dr. BELISARIO MANTILLA M., Blgo. RENE ALFARO TAPIA, Blgo. MARÍA E. SUAÑA QUISPE por sus importantes aportes y correcciones en el proceso de este trabajo.

A Gianni, gracias por tus consejos y apoyo cuando los necesite, ha sido mi fuente de fortaleza en los momentos malos, sin tu apoyo todo hubiese sido más difícil, gracias por estar siempre.

A mis hermanos y demás familiares por su paciencia, amor y ánimo.

A todos los docentes de la Facultad de Ciencias Biológicas que contribuyeron, no sólo a mi formación como profesional, sino que también a mi crecimiento como persona.

A todos ellos Muchas Gracias.

Miguel ángel flores choque

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	3
AGRADECIMIENTO	4
ÍNDICE GENERAL	5
ÍNDICE FIGURAS.....	7
ÍNDICE DE TABLAS	9
ÍNDICE DE ABREVIATURAS.....	11
RESUMEN	12
ABSTRACT.....	13
I. INTRODUCCIÓN.....	14
II. ANTECEDENTES.....	16
2.1. Antecedentes	16
2.1.1. Trasplante y densidad de bioacumuladores biológicos.	16
2.1.2. Remoción de indicadores físico químicos.	18
2.2. MARCO TEÓRICO	22
2.2.1. Tratamiento secundario de aguas residuales y <i>Schoenoplectus Tatora</i> .	22
2.2.2. Procesos de absorción de elementos físico químicos y nutrientes para el tratamiento de aguas residuales.	27
2.2.3. Características del tratamiento secundario de aguas residuales en humedales artificiales.	32
2.3 MARCO CONCEPTUAL	36
III. MATERIALES Y MÉTODOS	37
3.1 Área de estudio.	37
3.2 Tipo de estudio.....	38
3.3 Población y muestra.....	38
3.4 Tamaño de muestra.....	38
3.5 Metodología.....	38
3.5.1 Establecer Densidades De Siembra De <i>Schoenoplectus Tatora</i> Para El Tratamiento Secundario De Aguas Residuales.	38

3.5.2. Determinar la Eficiencia del Humedal Artificial de <i>schoenoplectus tatora</i> en el Tratamiento de los Parámetros Físicos y Químicos de las Aguas Residuales.	45
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	49
4.1. ESTABLECER DENSIDADES DE SIEMBRA DE <i>Schoenoplectus Tatora</i> PARA EL TRATAMIENTO SECUNDARIO DE AGUAS RESIDUALES.	49
4.2. DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS DEL HUMEDAL ARTIFICIAL DE <i>Schoenoplectus Tatora</i> , EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS.	53
4.2.1. Nitrogeno Total Del Humedal Experimental De Aguas Residuales	54
4.2.2. Fósforo Total Del Humedal Experimental De Aguas Residuales.	56
4.2.3. Dbo ₅ del humedal experimental de aguas residuales.	57
4.2.4. Conductividad eléctrica del humedal experimental de aguas residuales.	58
4.2.5. Solidos Totales Del Humedal Experimental De Aguas Residuales.	59
V. CONCLUSIONES	61
VI. RECOMENDACIONES	62
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63
ANEXOS	70

ÍNDICE FIGURAS

Figura 1. Muestra la flor de totora.	22
Figura 2. Muestra los procesos de absorción, adsorción y volatilización en el Humedal artificial.....	28
Figura 3. Humedales constituidos de vegetales.	32
Figura 4. Presenta cada uno de los sistemas enunciados.	33
Figura 5. Sección transversal de un sistema de flujo subsuperficial.....	34
Figura 6 Toma satelital ubicación del anexo Pinchollo distrito de Cabanaconde en el cañón del Colca	37
Figura 7 Planta IMHOFF cuya función es atrapar lodos residuales.	39
Figura 8 Planta de tratamiento secundario (humedal artificial).....	40
Figura 9. Tratamiento terciario que conforman dos posas colectoras de agua.	41
Figura 10 Sistema de siembra de los bloques de Totora en las dos zonas de siembra ...	43
Figura 11. Propagación en las plantaciones a baja y alta densidad.	51
Figura 12. Crecimiento de la totora en los tratamientos de alta y baja densidad.....	52
Figura 13. Muestra en base a los porcentajes niveles alcanzados en N total %, P total ppm, DBO5 mg/Lit, T°C.	54
Figura 14. Muestra el historial de Remoción de nitrógeno total % para cada repetición realizada en el estudio a dos densidades de plantación	55
Figura 15. Muestra el historial de absorción de fósforo total ppm. A dos densidades de plantación a alta densidad, b baja densidad.	57
Figura 16. Solidos Totales Disueltos mg/L en: A alta densidad B baja densidad.	60
Figura 17. Plano del sistema de tratamiento De agua residual etapa secundaria.....	77
Figura 18. Sistema de tratamiento de agua residual etapa primaria y secundaria con cubierta para las bajas temperaturas.	78

Figura 19. Sistema de tratamiento de agua residual etapa secundaria con en donde se aprecia las densidades de siembra. 78

Figura 20. Sistema de tratamiento de agua residual etapa terciaria. 79

Figura 21. Capacitación a los beneficiarios después de concluida la obra 79

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características para la selección de la especie para humedal artificial.....	26
Tabla 2. Comparación del rendimiento de los humedales de SANTEE, con y sin vegetación.....	30
Tabla 3. Contaminantes y sus efectos potenciales.....	35
Tabla 4. Muestra la frecuencia de muestreo en la investigación.....	45
Tabla 5. Muestra los promedios alcanzados en el número de plantones en cada muestreo realizado.....	49
Tabla 6. Porcentajes en la propagación con respecto a las dos densidades.....	50
Tabla 7. Promedios de altura en <i>Schaenoplectus tatora</i> en los dos tratamientos.....	51
Tabla 8. Parámetros determinados en el estudio del tratamiento de aguas servidas con el uso de totora en valores promedio.....	53
Tabla 9. Valores obtenidos en nitrógeno total.....	54
Tabla 10. Valores obtenidos en Fosforo Total ppm.....	56
Tabla 11. Demanda Biológica De Oxígeno 5 mg/Lit.....	58
Tabla 12. Conductividad eléctrica homs/cm registrado afluente y los efluentes.....	59
Tabla 13. Registro de plantones encontrados y la altura alcanzada en los estanques de tratamiento secundario septiembre 2010 a noviembre del 2011 en el distrito de Cabanaconde Caylloma Arequipa.....	72
Tabla 14. análisis de normalidad Prueba de SHAPIRO-WILK para una muestra en el paquete estadístico SPSS 19.....	72
Tabla 15. Prueba T Para La Igualdad De Medias En El Paquete Estadístico Spss 19. ..	73
Tabla 16. Análisis de normalidad Prueba de Kolmogorov-Smirnov en el paquete estadístico SPSS 19.....	73

Tabla 17. Análisis no paramétrico de Mann-Whitney en el paquete estadístico SPSS 19.	73
Tabla 18. Análisis de rango promedio.	73
Tabla 19. Análisis paramétrico de Anova para plantones.....	74
Tabla 20. Análisis de normalidad Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra en el paquete estadístico SPSS 19.	74
Tabla 21. Análisis paramétrico de Andeva en el paquete estadístico SPSS 19.	75
Tabla 22. Análisis no paramétrico Prueba de Kruskal-Wallis paquete estadístico SPSS 19.	75
Tabla 23. Análisis de kruskal-wallis.....	76

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

- °C: Grados Centigrados
- CE: Conductividad Electrica
- DBO₅: Demanda Bioquimica de Oxigeno
- Den: Densidad
- Desco: Centro de Estudios y Promoción del Desarrollo
- DQO: Demanda Quimica de Oxigeno
- HFS: Humedal Flujo Superficial
- HFSS: Humedal Flujo sub Superficial
- HFV: Humedal Flujo Vertical
- INEI: Instituto Nacional de Estadística e Informática
- N: Nitrogeno
- N-NH₄: Amonio
- O₂: Oxigeno
- ONG: Organizacion No Gubernamental
- P: Fosforo
- PELT: Proyecto Especial Binacional Lago Titicaca
- pH: Coeficiente que indica el grado de acidez o basicidad de una solución acuosa
- SDT: Solidos Diuelto Total
- SH: Humedal Flujo Hibrido
- TRH: Tiempo de Retencion en el Humedal

RESUMEN

El estudio se realizó en el tratamiento secundario de aguas residuales en un humedal artificial con dos densidades de siembra de *Schaenoplectus tatora* en el distrito de Cabanaconde provincia de Caylloma Arequipa. Se estableció la densidad de siembra de *Schaenoplectus tatora* en el tratamiento secundario de aguas residuales y se determinó la eficiencia del humedal artificial en el tratamiento de los parámetros fisicoquímicos de las aguas residuales de septiembre del 2010 a noviembre del 2011. La metodología utilizada fue la del trasplante de plantones en dos densidades en dos estanques para la propagación de los plantones y se determinó la eficiencia de remoción de factores fisicoquímicos. Como resultado de los promedios obtenidos en el establecimiento de la densidad el número de plantones en el humedal con baja densidad fue mayor en una proporción de 2 a 1 y la altura promedio fue de 0.88 m frente a 0,44 m en la zona de siembra a mayor densidad en cuanto la determinación de la eficiencia en el tratamiento de parámetros fisicoquímicos los porcentajes de los promedios fueron de 37% para el afluente, 34% para la siembra en alta densidad y 29% para el tratamiento con baja densidad de *Schaenoplectus tatora* logrando determinar a esta zona como la más eficiente reduciendo los niveles considerablemente.

Palabras clave: Agua residual, autodepuración, eficiencia de remoción, siembra, humedal artificial, tratamiento secundario

ABSTRACT

The study has been executed in the secondary treatment of wastewater in an artificial wetland with two sowing densities of *Shaenoplectus tatora* in the district of Cabanaconde province of Caylloma Arequipa. The sowing density of *Schaenoplectus tatora* was established in the secondary treatment of wastewater and the efficiency of the artificial wetland was determined in the treatment of the physicochemical parameters of the wastewater from September 2010 to November 2011. The methodology used was that of transplant of two densities in two ponds for the propagation of seedlings and the removal efficiency of physicochemical factors was determined. As a result of the averages obtained in the establishment of the density, the number of seedlings in the wetland with low density was higher in a proportion of 2 to 1 and the average height was 0.88 compared to 0.44 m in the sowing zone. higher density in terms of the determination of the efficiency in the treatment of physicochemical parameters, the percentages of the averages were 37% for the tributary, 34% for the sowing in high density and 29% for the treatment with low density of *Schaenoplectus tatora*, being able to determine to this area as the most efficient reducing the levels considerably.

Key words: Wastewater, self-cleaning, removal efficiency, sowing, artificial wetland, secondary treatment.

I. INTRODUCCIÓN

Las descargas de los vertidos de aguas residuales a medios naturales sin ningún tratamiento previo, altera el ecosistema, por ello es necesario diseñar sistemas de tratamiento. Las aguas residuales van cada vez en aumento debido al alto crecimiento de la población humana siendo más complejos tratamientos debido a la naturaleza variable de sus actividades que implican el uso de diferentes sistemas descentralizados de tratamiento primario secundario y terciario, siendo uno de ellos el uso de macrófitas para la recuperación del medio acuático mediante sistemas de humedales artificiales.

Por los elevados costos en el tratamiento y la ausencia de un sistema de tratamiento secundario de aguas servidas causan un impacto negativo en la flora y fauna y la salud humana. El tratamiento secundario y terciario implica el uso del medio natural. Así la utilización de humedales artificiales en los cuales las bacterias las algas y las macrófitas; plantas emergentes y sumergidas implantadas tienen una gran capacidad autodepuradora.

En la región se aprecia la ausencia de tratamientos secundarios, por humedales artificiales. Aun el tratamiento de las aguas residuales es centralizado y alcanza el nivel primario. Siendo un problema que implica, al ecosistema la salud ambiental y la salud humana con aguas residuales provenientes de diferentes actividades.

En la región Arequipa, la provincia con el índice de crecimiento de población más elevada es Caylloma (3.5) es en esta provincia a donde pertenece el Centro Poblado Pinchollo, Distrito de Cabanaconde, con una población de 1200 habitantes según el último censo realizado INEI. 2007 y el alcance del sistema de tratamiento de aguas residuales es de 80%. Esta una zona turística debido atractivo del Cañón del Colca en la cual la actividad doméstica se ha incrementado el vertido de aguas residuales al río Colca, esta situación daña la calidad del hábitat de muchas especies de fauna y flora, eutrofizando el ambiente acuático, así como alterando las características fisicoquímicas de pH, temperatura, conductividad eléctrica y del recurso hídrico. Toda esta alteración del medio acuático ocasiona un daño económico en la población poniendo en riesgo su actividad turística con detrimento del desarrollo regional

En esta circunstancia de la degradación del ecosistema del río Colca en la zona del Centro Poblado De Pinchollo Distrito De Cabanaconde, causada por la ausencia de un sistema de tratamiento secundario se hacen necesario y urgente los estudios que

consideren recursos naturales como humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales.

En estos términos se plantearon los siguientes objetivos:

General:

Evaluar la eficiencia del humedal artificial con *Schoenoplectus tatora* en el tratamiento secundario de aguas residuales del distrito de Cabanaconde-Arequipa

Específicos:

Establecer densidades de siembra de *Schoenoplectus tatora* para el tratamiento secundario de aguas residuales.

Determinar la eficiencia del humedal artificial de *Schoenoplectus tatora*, en el tratamiento de los parámetros físicos y químicos de las aguas residuales.

II. ANTECEDENTES

2.1. Antecedentes

el gran crecimiento demográfico y el desarrollo industrial de los últimos años han provocado la contaminación y la sobreexplotación de las fuentes de agua en algunas regiones del país (Cepis, 1992) Así mismo el agua residual es una alternativa que permite satisfacer demandas que no requieren calidad de agua potable, sin embargo, es necesario el tratamiento previo de esta agua antes de su aprovechamiento (Rivera *et al.*, 1993).

2.1.1. Trasplante y densidad de bioacumuladores biológicos.

Se realizó experimentos con la totora como agente de purificación de aguas residuales, en la ciudad de La Paz recopilando conocimientos adquiridos con la totora como agente descontaminante de aguas, se trata de ensayos de laboratorio en medio estático y en medio dinámico. La mayoría de los trabajos se refiere a la capacidad de la totora de absorber (Franken, 1988). Se hizo un estudio en el trasplante de *Schoenoplectus tatora* para pozas de tratamiento de aguas residuales de la Universidad Nacional del Altiplano y lagunas a una distancia de 0.5 m evaluando 12 plántulas al azar cada 15 días midiendo la altura y grosor para determinar el tipo de plántula con mayor éxito en el trasplante sus resultados señalan que en pozas de tratamiento se adapta mejor el sistema de implante “Quili Champa” según la altura y grosor seguidamente por “Quili Qolli”. Sin embargo, en laguna se adaptaba mejor el sistema “Retoño Qolli” con un 82% de efectividad seguido por “Quili Quolli” (Canales, 1991). Así mismo en la ciudad de La Paz un estudio en trasplante y desarrollo de cuatro helófitos (*Schoenoplectus tatora*, *Typha angustifolia*, *Phragmites australis* y *Juncus sp.*) En un substrato de un espesor de alrededor de 10 cm. Verificando: crecimiento, densidad, floración. Monitoreando la calidad de las aguas servidas en el afluente y los efluentes por métodos físico-químicos y microbiológicos. Sus estudios demostraron que la totora se adaptó mejor al tratamiento de aguas residuales, alcanzando niveles de tratamiento secundario y avanzado. Se verificó la debilitación de los tallos de la totora por el gran contenido de nutrientes en las aguas servidas, recomendando varias cosechas de la biomasa verde por año para evitar el doblamiento de los tallos. Cuando la lenteja de agua (*Lemna sp.*) invade los estanques, el sistema se vuelve anaeróbico y disminuye drásticamente su capacidad (Taucer, 1993)

Se realizó un estudio en las pozas con *Schoenoplectus tatora* para tratamiento de aguas residuales en zooplancton y fitoplancton en épocas de verano e invierno encontrando como resultado que el fitoplancton se adapta mejor en invierno y en verano el zooplancton reaparece con más fuerza como indicadores de eutrofización (Suaña, 1993) Así mismo en España se han realizado humedales artificiales en el río Cataluña, Cantabria, León Andalucía, Barcelona pudiendo ser este trabajo replicable como una alternativa de solución ambiental (Alarcón *et al.*, 1997) En muchos lugares del mundo se han empleado con éxito siendo así una alternativa ecológica para la remoción de nutrientes de aguas eutrofizadas, mediante la construcción de humedales artificiales donde se cultivan macrófitos palustres. (Jiang *et al.*, 1998) El estudio con el fin de determinar el efecto descontaminante de la totora en las lagunas de estabilización de Puchuckollo bajo. Observo el desarrollo de las helófitas (totora) bajo condiciones críticas de servicio de la planta de tratamiento. Analizó parámetros físico-químicos, microbiológicos, de metales pesados y parasitológicos para cuantificar el grado de remoción adicional como consecuencia del uso de totoras. Hallando como resultado que en una cobertura de la laguna con totora es de 20 %. La eficiencia de remoción de la DBO₅ varió con el caudal de entrada: máximo 31 % con un caudal de entrada de 50 l/s. En un 50 % de las muestras tomadas la DQO se incrementó en el efluente. Remoción de Colis Fecales de 105 a 104, es decir la remoción es de 10 %. (Guerra, 2000)

Los humedales específicamente construidos con el propósito de controlar la contaminación del agua han recibido gran cantidad de nombres en las distintas partes del mundo donde han sido usados La denominación más extendida es "Humedales Artificiales" o "Humedales Construidos". (Crites *et al.*, 2000) Este debe permitir que todos los procesos implicados en la depuración y el logro del rendimiento esperado, ocurran de forma adecuada en toda la masa de agua, esto es, que el escurrimiento de ésta sea lo más uniforme posible, durante el tiempo necesario y que el tiempo de recorrido de las partículas sea similar para todas ellas. (Chiva, 2004). De esta manera la forma del humedal artificial debe favorecer el escurrimiento a flujo pistón, por lo que la relación larga/ancho debe encontrarse entre 5/1 y 3/1 (Bécares, 2004) Esto constituye una alternativa técnica, económica y ambientalmente viable ya que requiere poca especialización del personal para su manejo, posee bajo costo de mantenimiento, crea nuevos hábitats para la vida silvestre y protege de manera indirecta la salud e intereses de la población (Hernández, 2005) Así mismo la dimensión de las celdas para el diseño

del Humedal Artificial en la Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos está en la relación largo: ancho (4:1); relación influenciada fuertemente por el régimen hidráulico y la resistencia al flujo dentro del sistema. El flujo a través del humedal tiene que vencer la resistencia a la fricción impuesta por la vegetación y la capa de residuos, la energía para superar esta resistencia es suministrada por el caudal calculado entre la entrada y la salida del humedal. Relaciones desde 1:1 hasta 3:1 son también aceptables. (Llagas, 2006)

2.1.2. Remoción de indicadores físico químicos.

las aguas residuales son vistas como una fuente de sustancias nutritivas para restauración o creación de *wetlands*. En donde se presentan procesos biológicos para tratamiento de aguas residuales (Benfield *et al.*, 1980) También la muerte de las plantas puede volver a liberar estos elementos al agua, por lo que sería necesario un frecuente cosechado de los helófitos antes de que esto suceda. (Reedy *et al.*, 1985) Un estudio demuestra que la capacidad de transferencia de oxígeno por los helófitos se estima entre 0-3 g O₂/m²/día, equivalente a 30 kg DBO₅/ha/día, muy bajo para las cargas usuales del agua residual. Por otra parte, la transferencia de oxígeno desde la atmósfera se sitúa entre 0-0,5 g O₂/m²/día, por lo que las condiciones en el interior de los humedales de flujo subsuperficial son fuertemente reductoras (Lienard, 1987)

también se realizaron estudios con el fin de probar un sistema dinámico experimental con aguas fluyentes para la evaluación de la absorción de metales pesados por la totora. Se comprobó la retención de los metales por el sistema (Alvarez, 1987) otros estudios que se realizaron para la determinación de la capacidad de Totora de absorber diferentes metales. en las diferentes partes de la planta. Con medio hidropónico, sistema estático, plantado con totora, con cuatro metales (Fe, Cu, Pb, Zn) en diferentes concentraciones y diferentes medios de cultivo, solución nutritiva, agua del lago Titicaca, agua potable de La Paz, agua destilada. Con un tiempo de ensayo 5 meses cuyo resultado fue: La acción descontaminante de la totora era buena en todos los ensayos. La planta no devuelve los iones contaminantes al medio. (Carvajal, 1987) Así mismo se hizo un estudio con el fin de disminuir la concentración de metales pesados (Fe, Pb) en solución de corrientes de aguas polutas mediante Totora, en un lecho de grava. Para lo cual realizo la: Plantación de totora en los tanques llenado con un substrato de grava de dos a cinco centímetros de

Granulometría. con soluciones compuestas de metales semejantes a las aguas de la laguna Milluni. Tiempo de experimentación: dos meses. Los resultados alcanzados muestran la: Eliminación sustancial de los metales por el sistema de totora y grava. Con incremento del pH ácido hacia neutro durante el experimento. (Arze *et al.*, 1990) Otros estudios en la determinación de los parámetros fisicoquímicos de aguas residuales para evaluar el tratamiento con el macrófito *Schaenoplectus tatora* en las pozas de sedimentación con de elevada concentración de nutrientes en un momento inicial mientras que las aguas tratadas han experimentado una reducción observándose relaciones inversas entre temperatura y pH; temperatura y Oxígeno disuelto. Y relaciones directas entre conductividad eléctrica y dureza total. Además, una relación inversa entre oxígeno disuelto y amonio; oxígeno disuelto y orto fosfatos. Con una mayor remoción del nitrógeno amoniacal (Coila, 1992) Se da cuenta de una buena historia del empleo de humedales naturales y construidos para el tratamiento de aguas residuales y disposición. Algunos wetlands construidos al inicio por investigadores, probablemente, comenzaron sus esfuerzos basados en las observaciones de la capacidad de tratamiento evidente de humedales naturales. Existen descargas documentadas que se remontan a 1912. Estudios sobre wetlands construidos para tratamiento de aguas residuales se iniciaron en la década del cincuenta en el Instituto Max Planck en Alemania-USA, fueron desarrollados en los años setenta y ochenta. En los años noventa se vio un mayor incremento en el número de esos sistemas, como la aplicación se expandía no solo para tratamiento de agua residual municipal, sino también para agua de tormenta, industrial y residuos agrícolas. (Kadlec *et al.*, 1993) De esa manera evaluaron plantas de tratamiento de aguas servidas en Bolivia con el fin de determinar la eficiencia de tratamiento en las lagunas de estabilización y evaluar la influencia de la totora en el proceso de tratamiento. Analizando parámetros físico-químicos y microbiológicos en el afluente y el efluente de las lagunas de estabilización. Encontró como resultados que eficiencia de remoción de la DBO₅ fue de 80 %. Para colis fecales entre 99.1 y 99.99 %. En 5 lagunas en serie con un tiempo de retención > 20 días. Eficiencia de remoción de *colis fecales* 99.855 % (sin totora) y 99.998 % (con totora). Influencia de la totora en la eficiencia de la eliminación bacteriana, de parásitos y de nutrientes solo de DBO₅. Se espera que la remoción de la DBO₅ se aumente con el crecimiento de la totora que todavía mostraba baja densidad. (Soto, 1993) Así mismo existen varios indicadores biológicos de calidad de agua, varias familias de macro invertebrados son sensibles a

los cambios que se producen en las características de las aguas. Los macro invertebrados acuáticos son utilizados como indicadores debido a que son poco móviles. También, la tendencia a la formación de comunidades que se asocian en condiciones físicas y químicas son muy parecidas y el período de vida es suficientemente largo como para poder ser afectado por las condiciones de las aguas. (Laidlaw, 1995) Entre otras características se menciona que los helófitos tienen un efecto termorregulador sobre el sistema, aminorando la insolación en verano y actuando como aislantes en invierno, con un efecto positivo sobre los procesos biológicos. (Sandfor *et al.*, 1995) Estudios realizados en condiciones de laboratorio, indican que el oxígeno transportado por los helófitos puede ser utilizado por los microorganismos que crecen sobre ellos en forma de biopelícula. En las capas de esta biopelícula más próximas a los rizomas se dan procesos aerobios, mientras que, en las más alejadas, al no difundir el oxígeno, los procesos serían anaerobios, esta situación sí permitiría el proceso de nitrificación-desnitrificación. (Brix, 1997) es por eso que se afirma que los helófitos asimilan macronutrientes (N y P) y micronutrientes, incluidos metales pesados, en unas tasas calculadas en 12-120 g N/m²/año y 1,8-18 g P/m²/año; muy bajas también en comparación con el contenido en aguas residuales (Smith *et al.*, 1997) También se afirma que en cualquier caso los helófitos aportan una calidad estética a este tipo de instalaciones. (U.S. Environmental Protection Agency 2000b)

Se mencionan también que estos ecosistemas son esenciales para el funcionamiento de las pequeñas cuencas hidrográficas altoandinas y proporcionan refugios temporales para aves migratorias, mamíferos como la vicuña, el guanaco y la Chinchilla. En la actualidad también se los valoriza como recarga de acuíferos, mitigación de inundaciones y erosiones, retención, transformación y remoción de sedimentos, nutrientes y contaminantes, reciclado de la materia orgánica y reservas de agua. (Caziani *et al.*, 1999) los métodos de descontaminación de aguas residuales empleados en los países desarrollados son muy costosos y sofisticados, por lo que no tienen éxito en los países en desarrollo como producto de la dificultad para operarlos. Una metodología muy empleada por los países tropicales es el uso de los procesos naturales en los humedales artificiales para descontaminación de esas aguas residuales (Rolim, 2000) También se afirma que el grado y la eficiencia del tratamiento van a depender del cuerpo receptor, de las características del uso del agua, de la dilución del cuerpo del agua y de la legislación ambiental. (Rolim, 2000). En el caso de la calidad del agua contenida en ríos

y lagos saludables, las normas internacionales establecen como valores máximos para el amonio (N-NH_4), entre 0.5 y 1 mg/L, mientras que para los orto fosfatos solubles (PO_4^{3-}), entre 0.5 y 1.5 mg/L. (Beavers *et al.*, 2005)

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Tratamiento secundario de aguas residuales y *Schoenoplectus Tatora*.

Es una planta herbácea acuática perenne que pertenece a la familia de las ciperáceas, logra alcanzar 4 metros tienen raíces fibrosas tallo recto circular en un corte transversal presentan vainas foliares carentes de láminas las superiores las desarrollan ocasionalmente tiene inflorescencia pseudolateral de espiguillas con una bráctea erecta que se asemeja a la continuación de un tallo figura 1. con glumas deciduas, ovadas, espiraladas, en la parte superior, Con espiguélas son hermafroditas, abundantes, sésiles, ovoides u oblongas presenta nervadura media fuerte y lateral inconspicua. Con flores hermafroditas, con perianto de 2, 6,7 escamas, tres estambres, dos estilos, presentan frutos aquenios aplanado convexo, lenticulares, lisos, transversalmente rugoso (Koyama, 1963)



Figura 1. Muestra la flor de totora.

Fuente: Wikipedia, 2009.

Clasificación científica

Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Liliopsida
Orden:	Cyperales
Familia:	Cyperaceae
Género:	<i>Schoenoplectus</i> (Rchb, 1793)
Especie:	<i>S. californicus</i> (Kunth)
Subespecie:	<i>S. c. ssp. Tatora</i>
Especie:	<i>Schoenoplectus tatora</i>
Nombre común:	Totora
Sinonimia:	Tutura, <i>Schoenoplectus californicus</i> sp.

Uso de Schoenoplectus tatora en un humedal artificial.

Esta especie posee propiedades depuradoras que regulan el equilibrio Eco sistémico actuando como tampones o reguladores ambientales. El mosaico de zonas aerobias, anaerobias y anoxas hace posible que se desarrollen bacterias, hongos y demás microorganismos que participan en la degradación de los contaminantes presentes en las aguas residuales. El material orgánico es consumido por las bacterias en su metabolización y convertido en agua y dióxido de carbono. El fósforo en el agua residual se presenta como ortofosfato y se reduce gracias a la precipitación química que se efectúa en los humedales, formando fosfatos metálicos e hidróxidos metálicos. El nitrógeno liberado en el agua residual en forma de amoníaco/amonio es transformado en las diferentes zonas aerobias, anaerobias y anoxas a nitrógeno en forma de gas que es liberado a la atmósfera (Arze *et al.* 1990).

Funciones

Así mismo las plantas emergentes contribuyen al tratamiento del agua residual y escorrentía estabilizando el substrato y limitan la canalización del flujo, dan lugar a velocidades de agua bajas y permiten que los materiales suspendidos se depositen, toman el carbono, nutrientes, y elementos de traza y los incorporan a los tejidos de la planta. transfieren gases entre la atmósfera y los sedimentos, de esta manera el escape de oxígeno desde las estructuras sub superficiales de las plantas, oxigena otros espacios dentro del substrato, el tallo y los sistemas de la raíz dan lugar a sitios para la fijación de microorganismos. (Taucer 1993).

También es capaz de producir una biomasa anual grande y tiene un potencial pequeño de remoción de N y P por la vía de la poda y cosecha. Los rizomas de Espadaña plantados a intervalos de aproximadamente 0.6m pueden producir una cubierta densa en menos de un año. Tiene una relativamente baja penetración en grava (0.3m) por lo que no es recomendable para sistemas SFS (Rivera *et al.* 1993).

Aplicaciones.

(Mamani 1973). Busca utilizar el agua de humedal como medio los vertidos de aguas residuales que se aportan al humedal contienen, por una parte, nutrientes. Reteniendo y procesando los nutrientes presentes incorporando a sus ciclos metabólicos,

También busca regular el régimen hídrico, tiende a regular del medio pH, sólidos en suspensión, productos disueltos, materia orgánica, dentro de ciertos límites.

Constituye una biocenosis biológicamente muy activa en todos sus componentes.

Depuración de aguas residuales con *Schoenoplectus tatora*

Las plantas acuáticas de los humedales tales como *Schaenoplectus tatora* están adaptadas a vivir en aguas con elevada carga orgánica, las plantas ejercen una depuración directa por la absorción de iones contaminantes, tanto metales pesados como aniones eutrofizantes nitratos y fosfatos. Debido al abundante crecimiento de las raíces y rizomas de las macrofitas emergentes instaladas en los humedales artificiales (Rivera *et al.*, 1993).

Oxigenación del agua por parte de *Schoenoplectus tatora*

(Findlater *et al.* 1990). La oxigenación del agua se realiza con el oxígeno que va desde sus hojas a las raíces y de éstas al agua. Este proceso se inicia, tras el contacto de las hojas con el oxígeno del aire, iniciándose de esta manera el descenso del oxígeno de forma continua hasta sus raíces y rizomas. Así mismo la estructura de la membrana

vegetal que han desarrollado es estable y funciona si las hojas están secas, por parada vegetativa (invierno) o verdes, dado que la transmisión del oxígeno se realiza por la diferencia de presión isostática de oxígeno entre la superficie de las membranas que constituyen las paredes de los tubos y la superficie de las hojas. Es por esa razón que no mueren cuando están secas, pues las bacterias anaerobias pasarían a su interior y la pudrirían. La extracción de las sustancias disueltas en el agua se hace también desde las raíces, por absorber éstas del medio en el que se encuentran, las sustancias para alimentarse.

Además de airear el sistema radicular, las macrófitas eliminan los contaminantes, por ser estos incorporados a sus tejidos (tallos, hojas y rizomas), posibilitan que se fijen y se establezcan en sus raíces numerosas colonias de microorganismos que de forma eficiente degradan la materia orgánica. El sistema es altamente eficiente para la depuración de aguas residuales urbanas, tanto si se emplea como tratamiento principal, secundario o como terciario, reduce de forma muy eficiente Dbo, Dqo, conductividad, nitrógeno, fósforo por mes (Laricano *et al.* 1994).

Factores condicionantes para la selección de la especie

Todos los factores condicionantes para la selección de la especie Se describen en la tabla 1.

Factores fitogeográficos y edáficos	Factores climáticos	Factores biológicos	Características de los aportes de aguas residuales
Región fitológica	Precipitaciones	Periodo vegetativo	PH
Zona	Humedad relativa	Especies vegetales del entorno	Oxígeno disuelto
Topográfica	Temperaturas	Fauna del entorno	DBO,
Pendiente	Características Estacionales	Especies viables de las listas disponibles	Color
Orientación	Días de helada	Características	Temperatura
Altitud	Días de nieve	Ecología del entorno	Sólidos en suspensión
Latitud	Índices climáticos	Importancia antropica del entorno	Sólidos disueltos
Características Geológicas	Vientos	Necesidades de calidad del afluente del	Sólidos sedimentables
Características edáficas	evapotranspiración		DQO
PH			Nutrientes

salinidad		humedal	N
tipo de suelo		Resistencia a la	. orgánico
profundidad		contaminación	. amoniacal
materia orgánica		Capacidad depuradora	. nitratos
			P
			. orgánico
			. ortofosfatos
			Bacterias
			Protozoos
			Virus
			Conductividad
			Metales pesados

Tabla 1. Características para la selección de la especie para humedal artificial.

Fuente: Seoanez 1999.

Además de factores que se indican en la tabla adjunta, existen otros que pueden cobrar una importancia decisiva según el caso de que se trate. Estos pueden ser poco suelo disponible (factor para decidir el sistema de tratamiento), sistema de tratamiento, condiciones climáticas extremas (Seoanez 1999).

La densidad de Schoenoplectus tatora

Densidades de población: La densidad de población es uno de los factores de mayor trascendencia al momento del establecimiento de una plantación. Determina la cantidad de plantas por has m² y el tiempo de crecimiento o ciclo de vida. Los rangos óptimos de la densidad de siembra varían con cada localidad en particular, variedad, tipo de suelo y manejo. Estos factores junto con la densidad escogida, determinan otros más específicos como son el clima, vigor y vida útil de la plantación (Robinsón 1993). La selección de esta puede causar disminución en el peso y la longitud de las ramas; sin embargo, la reducción en la longitud no es tan pronunciada como la reducción en el peso. Además, genera mayor competencia entre plantas, extendiendo así el ciclo de crecimiento. Así mismo la diferencia que se presenta en el tamaño de la plantación, es otro efecto causado por altas densidades, que resultan de una menor capacidad de absorción de luz, agua y otros recursos (Daniells et al. 1993).

Densidades de altas y bajas: Es imprescindible, que la densidad escogida para la plantación sea la apropiada, para obtener de esta manera, una alta relación biomasa/año

y una vida útil para la plantación más larga. Cuando esto no ocurre, se afecta principalmente el desarrollo o ciclo de la planta (Robinson 1993).

Una alta densidad conlleva a que la relación biomasa/año se vuelva progresivamente más baja y la vida útil menor; a que se incremente los costos por área, al haber mayor uso de recursos y labores de protección; el sistema de siembra y la eficiencia fisiológica de la planta y; a que finalmente, el manejo se torne más difícil, especialmente en el manejo de enfermedades, debido a la reducida accesibilidad. Debido a las bajas densidades, la biomasa suele ser más considerable, lo que permite una fácil manipulación y transporte; el diámetro de los Pseudotallos más grueso a causa del aumento en la luz solar, aunque debido a esto, hay rompimientos y daños mecánicos. Se aumenta la evaporación del suelo y la transpiración por parte de la planta, reportando al final reducción de la relación biomasa/área. (Robinson 1993).

Además, la distancia entre plantas influye directamente sobre los componentes del rendimiento. Concluyendo que la densidad de población podría aumentar o disminuir hasta el punto donde la competencia de la última planta adicionada no afecte el rendimiento (Añez y Tavira 1989).

Sistemas de plantación: Algunos de los sistemas utilizados en las plantaciones mundiales son, el sistema en hilera sencilla, el sistema en triángulo o hexagonal, el sistema de doble surco y sistemas en cuadrado y rectángulo (Sierra 1993). Es así que el sistema en triángulo, también llamado sistema en hexágono, es el más utilizado en las plantaciones. Permite el mejor aprovechamiento de la luz y del terreno, con ello una mayor densidad a causa de la óptima distribución de las plantas en el área; es adecuado para terrenos con pendientes superiores al 4% y puede realizarse gran número de prácticas de conservación (Sierra 1993).

Orientación espacial: La orientación debe hacerse de este a oeste con el fin de aprovechar mejor la luz y se debe planear adecuadamente labores de deshije, para el mantenimiento del sistema. (Ortiz *et al* 2001).

2.2.2. Procesos de absorción de elementos físico químicos y nutrientes para el tratamiento de aguas residuales.

Absorción activa y pasiva de elementos físico químicos y nutrientes.

Para que haya absorción de elementos desde el suelo por las raíces, éstos deben entrar en contacto con su superficie. Hay tres procesos físicos que gobiernan la

absorción de nutrientes y otros iones al interior de las plantas: intercepción radical, flujo de masas y difusión La intercepción radical permite la absorción de iones de escasa movilidad en el suelo como el fósforo y algunos micronutrientes, figura 2. (Junk, 2002).

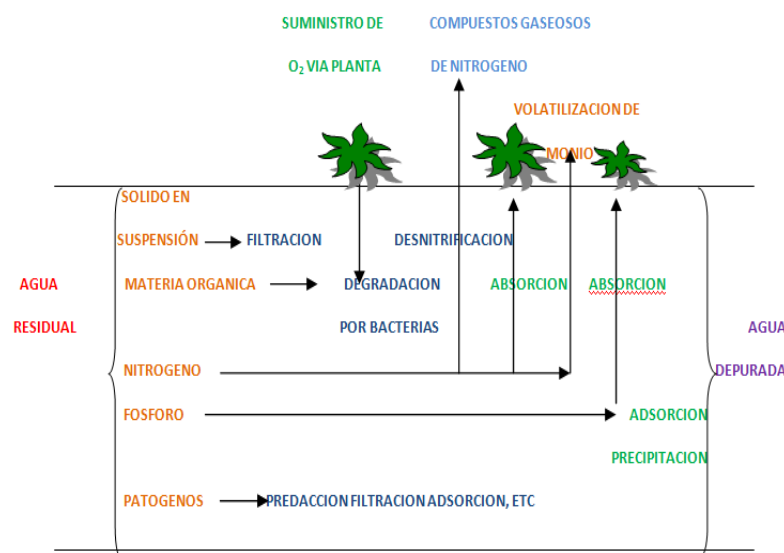


Figura 2. Muestra los procesos de absorción, adsorción y volatilización en el Humedal artificial.

Fuente: Elaboración propia.

Además, las raíces absorben agua y nutrientes, crean gradientes de potencial para el agua del suelo y de los nutrientes de la solución suelo. En términos físicos se producen simultáneamente flujos de masa y flujo por difusión, de forma activa y pasiva. (Claassen et al., 1999).

Adsorción por flujo masivo de reducción de la DBO% Y DQO del agua modo pasivo.

Entran a la planta con el agua a través de la membrana por diferencia de concentraciones (a favor del gradiente de concentraciones). La reducción de la DBO y DQO se produce en toda la superficie del contacto (raíces, rizomas y en la zona de las hojas o tallos que estén sumergidos) pues de ella toman el oxígeno que necesitan los microorganismos que se alimentan de la DBO tanto disuelta como no disuelta. Cuando las raíces se entierran o se apelmazan el agua no pasa por sus raíces, y se pierde entonces la capacidad regenerativa del agua en el filtro, al mismo tiempo que decae

radicalmente el poder de reducción del sistema con respecto a la DBO y DQO. Tan sólo quedaría para la depuración del agua los tallos y las hojas que tengan sumergidos y al no absorber estos los componentes iónicos se pierde la capacidad de la reducción del N; P, iones, oligoelementos. Es fundamental que se produzca este proceso en las depuradoras de aguas residuales urbanas que utilizan plantas dado que no implica ningún gasto adicional (Claassen *et al.*, 1999).

Eliminación de sólidos en suspensión flujo masivo.

Los sólidos en suspensión son eliminados de una manera muy efectiva en los humedales con *Schoenoplectus tatora*, ocurriendo en los 5 primeros metros de distancia desde la entrada y consiguiendo siempre valores de salida inferiores a 20 mg/l. Una parte de los sólidos en suspensión están formados por materia orgánica, algas o microorganismos, que son degradados hasta productos gaseosos, por lo que los procesos de colmatación de los humedales suelen ser largos. Como en el caso de la DBO₅, el rendimiento es independiente del tiempo de retención, siendo suficiente 1 día para alcanzar el máximo rendimiento, que es también independiente de la relación de aspecto largo ancho. La remoción de sólidos en humedales con *Schoenoplectus tatora* es más o menos rápida, y se estima que ocurre en gran parte entre el 12 al 20 % inicial del área. (Lahora, 2005)

Absorción activa de nitrógeno.

El proceso de absorción del nitrógeno se da de forma activa en la raíz para ser transportado por la xilema de la planta y ser translocado por diferentes partes de la planta en el floema su absorción puede ser Anión nitrato NO₃⁻ o catión amonio NH₄⁺ el nitrógeno influente en los humedales se encuentra básicamente como nitrógeno orgánico o amoniacal, con escasas cantidades de nitratos. Los procesos de descomposición y mineralización convierten este nitrógeno en amonio. Por lo general los procesos en el interior del humedal son anaerobios, ya que no existe suficiente oxígeno para la nitrificación y posterior desnitrificación, la remoción de nitrógeno se produce en relación a la profundidad del humedal. Por cada gramo de nitrógeno son necesarios aproximadamente 3 gramos de DBO₅. El cosechado frecuente de la vegetación incrementa el rendimiento en eliminación de nitrógeno, sin embargo, esta operación aumenta los costos de mantenimiento (Lahora, 2005)

Asi mismo en los sistemas de humedales, el potencial de remoción del nitrógeno puede tomar varios años en desarrollarse, por lo menos se requieren dos o tres etapas

del crecimiento de las plantas, sistemas de raíces, capa de residuos, y materiales del bentos, para alcanzar el equilibrio. Los efluentes de sistema de tratamiento secundarios aireados tienen niveles bajos de N orgánicos típicamente, pero contienen concentraciones significativas de N amoniacal y nitratos. Los sistemas con intensidad alta o aireación prolongada pueden tener la mayoría del nitrógeno en forma de nitrato (Benefield *et al.* 1980).

Difusión pasiva y absorción de P (Fosforo).

La eliminación del fósforo se da con relación al recorrido del agua residual en el humedal artificial mientras más largo y mayor el tiempo de recorrido abra mejor resultado (Gómez *et al.* 2001).

De esta manera para aumentar la capacidad de la retención del fósforo, por este medio requiere instalaciones muy grandes, debido a la reducida conductividad hidráulica de la arena comparada con la grava como tabla 2. Si una importante remoción de fósforo es requisito del proyecto, entonces se necesitará un área de terreno muy grande o métodos de tratamiento alternativos (Lara. 1999).

Condiciones del lecho*	Penetración de las raíces (cm)	Calidad del efluente (mg/l)		
		DBO	SST	NH ₃
<i>Scirpus</i>	76	5.3	3.7	1.5
<i>Phragmites</i>	>60	22.3	7.9	5.4
<i>Typha</i>	30	30.4	5.5	17.7
Sin vegetación	0	36.4	5.6	22.1

Tabla 2. Comparación del rendimiento de los humedales de SANTEE, con y sin vegetación.

Fuente: tomado de Lara. 1999.

*Q=3.04 m³/d, TRH=6 d, dimensiones del lecho, L=18.5 m, W=3.5 m, y=0.76 m, el agua es agua residual primaria, DBO=118 mg/l, SST=57 mg/l, NH₃=25 mg/l.

De esta tabla queda claro que el rendimiento en la remoción de DBO, y nitrógeno amoniacal está directamente relacionado con la profundidad de penetración de las raíces. Esta profundidad de penetración se considera el límite potencial de máximo

crecimiento, lo que a su vez sugiere que se debe tener el propósito de seleccionar como profundidad de diseño para humedales SFS, sin embargo (Seoanez, 1995). Afirma que está algo más allá de la profundidad potencial de crecimiento de las raíces de la vegetación

Temperatura en el humedal.

La temperatura del agua tiene una gran importancia en el desarrollo de los diversos procesos que en ella se realizan, de forma que un aumento de la temperatura modifica la solubilidad de las sustancias, aumentando la de los sólidos disueltos y disminuyendo la de los gases también disminuye la solubilidad del oxígeno en el agua, desfavoreciendo la aireación del sistema. La actividad biológica aproximadamente se duplica cada diez grados (ley del Q10), aunque superado un cierto valor característico de cada especie viva, tiene efectos letales para los organismos. La temperatura se determina mediante termometría realizada “in situ”. Asimismo, la distribución del agua en la entrada del sistema debe ser lo más uniforme posible (Persson *et al* 1999).

Características de aguas residuales urbanas.

Las aguas residuales urbanas son aquellas aguas que se han canalizado a los núcleos urbanos, que se han utilizado en han utilizado en usos domésticos (inodoros, fregaderos, lavadoras, friegaplatos y baños) y que pueden contener, además algún residuo de los arrastres del agua de lluvia por una parte y de pequeñas actividades industriales urbanas por otra. Para conocer las posibilidades de uso de las aguas residuales urbanas, su peligrosidad potencial, sus posibles aplicaciones en recuperación de suelos, en reciclado de materias en recuperación de productos, etc., es preciso conocer con detalle las características de la composición y demás factores que conforman los efluentes. Las aguas residuales urbanas presentan tipos de contaminantes muí variados (véase cuadros adjuntos), hecho que nos impide encasillar según los diferentes tipos de tratamiento específico (Seoanez 1999).

Así mismo llamamos aguas residuales a los líquidos procedentes de la actividad humana, que lleva en su composición gran parte de agua y que general mente son vertidos a cursos o a masas de agua continentales o marina y su origen puede ser muy diverso: se agrupa en 5 categorías, mecánico y físico, inorgánico y mineral, orgánico, colectivo. Las aguas residuales urbanas se constituyen a causa del aporte de: excretas, residuos, domésticos, arrastres de lluvia, infiltraciones, residuos industriales. (Seoanez, 1995).

2.2.3. Características del tratamiento secundario de aguas residuales en humedales artificiales.

Uso previo de grandes fosas sépticas y tanques IMHOFF en sistemas centralizado, las fosas sépticas se han aplicado para dar servicio a residencias individuales y comunitarias también se han utilizado fosas sépticas de grandes dimensiones para proporcionar tratamiento a las lagunas residuales procedentes de urbanizaciones comunidades las fosas grandes se dividen en compartimiento normalmente de tres y se diseñan para proporcionar tiempos de retención de un día también es frecuente el uso de tanques dispuestos en paralelo en un primer nivel de tratamiento en algunas ocasiones se utiliza tanques Imhoff (Crites y Tchobanoglous 2000).

Humedales artificiales: según (Brix, 1931) La vegetación proporciona superficie para la formación de películas bacterianas, facilita la filtración y adsorción de los 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 la luz solar. Para el tratamiento del agua residual se han empleado terrenos pantanosos naturales y artificiales. Una clasificación de acuerdo con las características del material vegetal predominante en los helechos, figura 3.

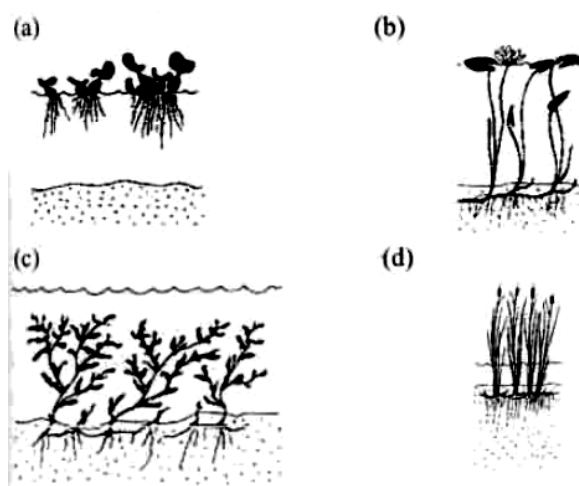


Figura 3. Humedales constituidos de vegetales.

Fuente: Brix, 1931.

Tipos de humedales según las plantas con macrófitas emergentes:

a. macrófitas flotantes. Ej.: *Eichhornia crassipes*, *lemna minor*.

b. macrófitas de hojas flotantes. Ej.: *Nymphaea alba*, *Potamogetón gramíneas*,

c. macrófitas sumergidas. Ej.: *Littorella uniflora*, *Potamogetón crispus*.

d. macrófitas emergentes. Ej.: *Tiiypa latifblia*, *Phragmites australis*

tipos de sistemas de flujo: figura 4

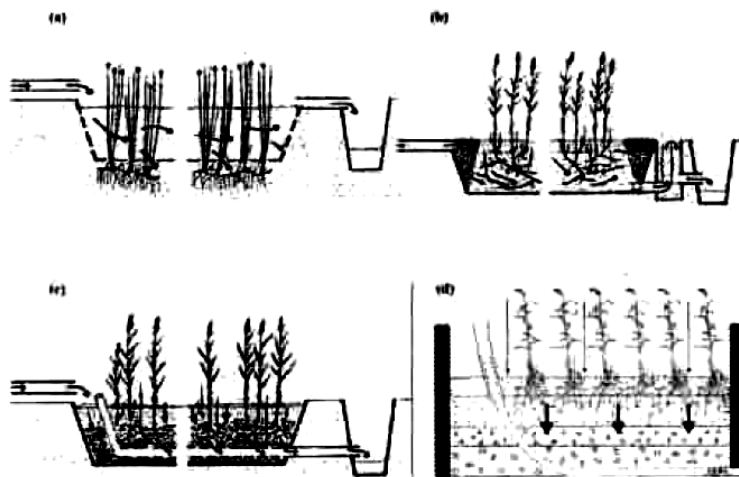


Figura 4. Presenta cada uno de los sistemas enunciados.

Fuente: Brix, 1931

- Sistemas de flujo libre (humedales de flujo superficial (HFS)).
- Sistemas con flujo horizontal subsuperficial (HFSS).
- Sistemas con flujo vertical (HFV).
- Sistemas híbridos mixtos (SH).

Sistemas mixtos (sh).

Es así que existen dos tipos de sistemas de humedales artificiales desarrollados para el tratamiento de agua residual Sistemas a Flujo Libre (FWS) y Sistemas de Flujo Subsuperficial (SFS) Figura 5. En el sistema mixto existen ventajas debido a que el caudal suele ser variable en los casos en que se emplean para proporcionar tratamiento secundario o avanzado, los sistemas FWS suelen consistir en balsas o canales paralelos con la superficie del agua expuesta a la atmósfera y el fondo constituido por suelo relativamente impermeable o con una barrera subsuperficial, vegetación emergente, y niveles de agua poco profundos (0.1 a 0.6 m) (Brix 1931).

Además, a los sistemas FWS normalmente se les aplica agua residual proveniente de un sistema primario y el tratamiento se produce durante la circulación del agua a través

de los tallos y raíces de la vegetación emergente. Los sistemas de flujo libre también se pueden diseñar con el objetivo de crear nuevos hábitats para la fauna y flora o para mejorar las condiciones de humedales naturales próximos. Esta clase de sistemas suele incluir combinaciones de espacios abiertos y zonas vegetadas e islotes con la vegetación adecuada para proporcionar hábitats de cría para aves acuáticas. Las mismas especies vegetales se usan en los dos tipos de humedales artificiales (Crites *et al.*, 2000).

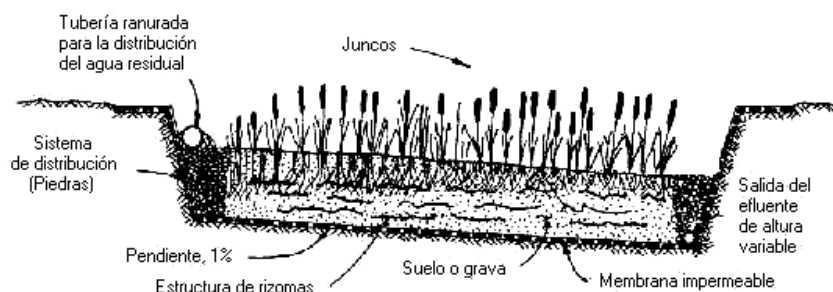


Figura 5. Sección transversal de un sistema de flujo subsuperficial.

Fuente: Brix, 1931.

El concepto de SFS tiene varias ventajas. Debido a reacciones biológicas en ambos tipos de humedales se deben al crecimiento de organismos. El lecho de grava tendrá mayores tasas de reacción y por lo tanto puede tener un área menor. Ya que el agua está por debajo de la superficie del medio granular no está expuesto, con lo que se evitan posibles problemas de mosquitos que pueden llegar a presentarse en sistemas de flujo libre en algunos lugares. No presentan inconvenientes con el acceso de público, y se evitan problemas en climas fríos, ya que esta capa presta una mayor protección térmica. En cuanto al rendimiento de los humedales, se puede decir que pueden tratar con eficiencia niveles altos de DBO₅, SS y nitrógeno, así como niveles significativos de metales, trazas orgánicas y patógenos. No ocurre lo mismo con la eliminación de fósforo que es mínima en estos sistemas (Metcalf et al., 1996)

Consideraciones ambientales y de salud pública

Los principales contaminantes en el agua residual son: patógenos que incluyen bacterias, virus, protozoarios y helmintos. Los metales pesados incluyen cadmio, cobre, cromo, plomo, mercurio, selenio, y zinc. Las trazas orgánicas incluyen compuestos sintéticos muy estables (sobre todo hidrocarburos clorados). Las consideraciones en cuanto a salud, se refieren principalmente a nitrógeno, metales, patógenos o trazas

orgánicas. Estos contaminantes y los posibles efectos potenciales causan mayor preocupación se presentan en la Tabla 3 (Russell 1999).

Tabla 3. Contaminantes y sus efectos potenciales.

Contaminante	Efecto potencial
Nitrógeno	
Salud	suministro de agua a niños pequeños
Medio ambiente	Eutrofización
Fósforo	
Salud	No tiene impacto directo
medio ambiente	Eutrofización
Patógeno	
Salud	Acumulación y contaminación de la vida silvestre.
Metales	
Salud	Suministro de agua para plantas y animales y cadena alimenticia
Medio ambiente	largo plazo daños en el terreno plantas y animales
elementos de traza	aerosoles en el suministro de agua para cultivo

Fuente: Russell 1999

2.3 MARCO CONCEPTUAL

Fitodepuración: Es lo que se conoce como reducción o eliminación de contaminantes de las aguas residuales a través de las plantas y distintos mecanismos de depuración que actúan en los humedales. (Arze *et al.* 1990).

Absorción: es un proceso que se da a tres niveles intercepción radical, flujo de masas y difusión. La intercepción radical permite la absorción de iones de escasa movilidad en el suelo como el fósforo y algunos micronutrientes (Junk, 2002)

Nitrificación: Proceso bioquímico que consiste en la conversión de compuestos orgánicos nitrogenados en nitratos y nitritos. (Rivera *et al.* 1993)

Oxidación: Combinación de una sustancia con oxígeno. Proceso natural de descomposición de minerales a través de reacciones químicas en presencia de oxígeno, por medios bacterianos y químicos. (Findlater *et al.* 1990).

Digestión aeróbica: Para obtener energía necesitan O₂. Entre los microorganismos que son aerobios estrictos, parciales con oxígeno considerablemente más bajas que las presentes en el aire. Se denominan microaerófilos. (Findlater *et al.* 1990).

Aguas residuales: llamamos aguas residuales a los líquidos procedentes de la actividad humana, que lleva en su composición gran parte de agua y que generalmente son vertidos a cursos o a masas de agua continentales o marinas (Seoanez, 1995).

Tratamiento secundario: limpia el agua de aquellas impurezas cuyo tamaño es mucho menor a las que se pueden captar por la decantación y las rejillas, estos sistemas se basan en métodos mecánicos y biológicos (Laricano *et al.* 1994).

Depuración de materia orgánica: Es realizada por los microorganismos que viven adheridos al sistema radicular de las plantas y que reciben el oxígeno a través del sistema de aireación. También se elimina una parte de la materia orgánica por sedimentación. (Taucer 1993).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Área de estudio.

El área de estudio está situado en el Cañón del Colca distrito de Cabanaconde provincia Caylloma departamento de Arequipa a una latitud 15.652553 y longitud 71.979984 y 3 287 msnm. Se encuentra en la vertiente occidental de la Cordillera de los Andes, en el departamento de Arequipa. La denominación de Cabana proviene de la palabra quechua "Qhawana" que quiere decir mirador. El Clima del Valle del Colca es característico de las zonas alto andinas. Desde abril a mediados de noviembre las temperaturas bajan usualmente a bajo cero por la noche y alcanzan 15-20°C durante el día. Los cambios de temperatura no son tan radicales debido a que el cielo nublado impide que los rayos de sol penetren durante el día. Las temperaturas en esta época del año varían entre los 5° y 10°C. Las altas temperaturas son más predecibles que las lluvias. El mes más cálido es noviembre, con una media de 11,4°C, mientras que el más frío es julio con una media de 7,7°C. Una morfología accidentada figura 10, propia del cañón más profundo del Perú. Los trasplantes se tomaron de orillas de la laguna siete colores, distrito de Lari situado a 15 Km del lugar de estudio los bloques de plántulas de totora hacia donde se encuentra ubicado el humedal artificial para tratamiento de aguas residuales previo tratamiento de una planta Imhoff. El humedal artificial es de tipo sub superficial consta de dos estanques de tratamiento alta y baja densidad.



Figura 6 Toma satelital ubicación del anexo Pinchollo distrito de Cabanaconde en el cañón del Colca

Fuente: Extraída de Google Heart, 2003

3.2 Tipo de estudio

La investigación es de tipo descriptivo ,ya que se realizó la toma de muestras en dos estaciones ,estanques de tratamiento de agua residual secundario a base de *Schoenoplectus Tatora* (humedal artificial), en donde se evaluó el desarrollo felonológico alcanzado en los plántones en dos densidades de siembra además se verifico la concentración de factores fisicoquímicos como temperatura, ph, dbo, dco5, N, Ptotal, solidos totales, conductividad eléctrica en el afluente y efluente del humedal artificial.

3.3 Población y muestra

Tamaño de la población según el último censo realizado es de 2,920 fuente INEI 2007. El Tipo de actividad es agrícola ganadera turística, En donde se encuentra ubicado el humedal artificial para tratamiento de aguas residuales previo tratamiento de una planta Imhoff. El humedal artificial es de tipo sub superficial, vertical. Consta de dos estanques de tratamiento alta y baja densidad también se midió factores físico químicos, muestras que se tomaron del afluente a la zona de tratamiento secundario vertical y el efluente para saber su eficiencia.

3.4 Tamaño de muestra

Para este estudio se consideró un tamaño poblacional de muestreo en 50 bloques los cuales estaban distribuidos en 1 metro cuadrado con diferente densidad, para 2 humedales artificiales de tratamiento secundario vertical, en donde se midio la contracción de indicadores de contaminación en el afluente y efluente de cada humedal artificial.

3.5 Metodología.

3.5.1 Establecer Densidades De Siembra De *Schoenoplectus Tatora* Para El Tratamiento Secundario De Aguas Residuales.

a) frecuencia de muestreo y tiempo

Para el registro fenológico alcanzado en los plántones de totora se realizó mediciones cada 3 meses haciendo un total de seis muestreos durante 1 año y cuatro meses los datos colectados fueron el número de plántones presentes después del trasplante en cada

tratamiento y la altura alcanzada en cada plantón. Datos que fueron procesados en laboratorio para el análisis y comparación en las dos densidades de siembra.

b) descripción detallada de uso de equipos

- *Procedimiento en campo*

Para la realización de este objetivo se consideró el establecimiento físico de un sistema para tratamiento de aguas residuales cuya construcción se hizo efectiva con el convenio entre las instituciones: ONG Desco y municipio distrital de Cabanaconde provincia de Caylloma departamento de Arequipa en el valle del Colca durante los meses de julio a octubre.

Sistema compuesto de tres etapas: tratamiento primario (INHOF), tratamiento secundario (Humedal Artificial) y tratamiento terciario (Posas De Percolación).

Tratamiento primario

Compuesta por un digestor anaeróbico INHOF de 7m*7m y 7 metros de profundidad como se detalla en la figura 6.

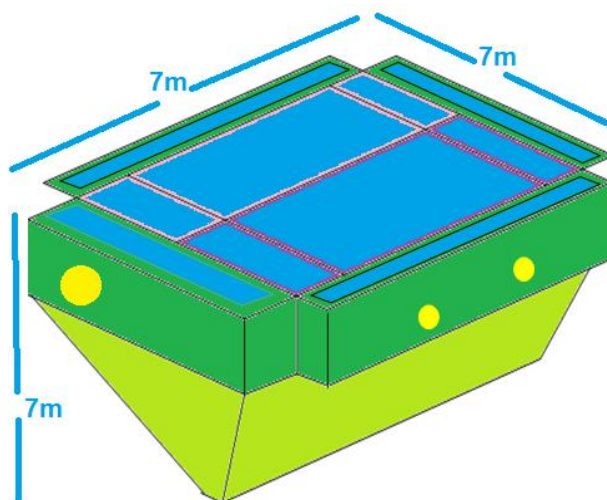


Figura 7 Planta IMHOFF cuya función es atrapar lodos residuales.

Tratamiento secundario

Consta de un tratamiento biológico aeróbico en este caso con plantones de *Schoenoplectus tatora* a manera de un humedal artificial a dos densidades: rala y densa de flujo mixto. El humedal está cubierto por calaminas transparentes para el paso de la luz solar de manera que se realice la fotosíntesis y calaminas normales que cubren y

protegen al humedal artificial de las bajas temperaturas y el retroceso de absorción biológica por parte de los individuos y adsorción química en el sustrato del humedal artificial; el humedal está construida a base de material noble y vigas de madera para el sostenimiento de las calaminas, mide 24 m de largo x 8 m de ancho; en la figura 7 se detallan la principales características.

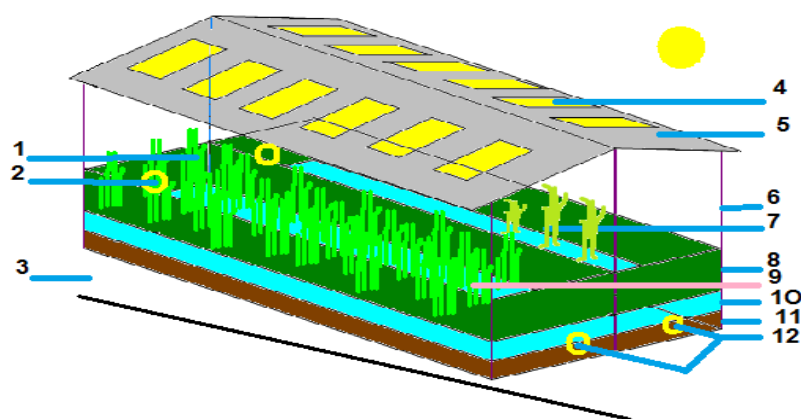


Figura 8 Planta de tratamiento secundario (humedal artificial).

Donde:

1. Zona de siembra densa
2. Afluente
3. Pendiente respecto al eje horizontal 10%
4. Calamina transparente
5. Calamina normal
6. Estructura de cemento y hierro
7. Zona de siembra rala
8. Poza con 60 cm de altura
9. Retoños de *Schoenoplectus tatora* "totora"
10. Grava fina
11. Grava gruesa
12. Efluente

Tratamiento terciario

(Seoanez, 1995) Está compuesta por dos posas de 3m de profundidad con un diámetro de 2.5 m con dos colectores de agua, cuyo objetivo es percolar los últimos sólidos. Las aguas saldrán por rebalse como se detalla en la figura 8.

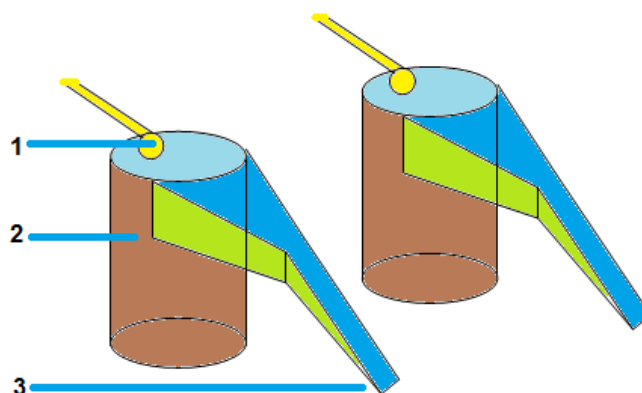


Figura 9. Tratamiento terciario que conforman dos posas colectoras de agua.

Donde:

- 1.- Afluente
- 2.- Posa de percolación
- 3.- Efluente por rebalse

- *Procedimiento en laboratorio*

Establecimiento de la densidad de siembra:

Para el establecimiento de la densidad de siembra para el tratamiento secundario de aguas residuales se procedió con el muestreo de individuos en su desarrollo fenológico cada 3 meses haciendo un total de seis muestreos durante 1 año y cuatro meses los datos colectados fueron el número de plantones presentes después del trasplante en cada tratamiento y la altura alcanzada en cada plantón. De esta manera se logró estimar la eficiencia en la propagación del Fito depurador en cada densidad alta y baja para el sistema de tratamiento secundario de aguas residuales

$$E_a = \frac{P_f * 100\%}{P_i}$$

$$E_b = \frac{P_f * 100\%}{P_i}$$

Donde:

E_a = Eficiencia de Alta Densidad

E_b = Eficiencia de baja Densidad

P_f = Plantones inicial

P_i = Plantones final

Técnica de trasplante

Se utilizó el método del trasplante mediante la técnica retoño champa, se extrajeron los plantones a orillas de la laguna siete colores, distrito de Lari situado a 15 Km del lugar de estudio los bloques de plántulas de totoras de 20 a 30 individuos (muestra densa) y 5-10 individuos (muestra rala) extraídos mediante palas y azadones. Se obtuvieron las plántulas con rizomas y tallos seleccionadas de 15 a 25 cm para luego transportarlos hasta la zona de estudio del humedal artificial

Se procedió a trasplantar *Schoenoplectus tatora* en el humedal artificial a dos densidades de muestras ya indicadas a una distancia de 1 m entre plántulas en sistema de triángulo. El suelo del humedal artificial se acondicionó a una profundidad de 60-30 cm de graba gruesa 30-0 cm graba fina.

Densidad rala o baja: Plántula simple con 10 a 15 tallos/ m², yemas y rizomas en estado retoño

Densidad alta: Plántula simple con 15 a 30 tallos/ m², yemas y rizomas en estado retoño

Personal: La cuadrilla de trabajo estuvo compuesta por 30 trabajadores, quienes participaron en la faena extrayendo movilizándolo y trasplantando retoños de totora.

Numero de plantones

El número de bloques de totora (champa) en cada zona de siembra es de 1 bloque o champa determinada en base al área establecida del humedal de tratamiento secundario y del área necesaria para la siembra del sistema de triángulos (Daniells et al. 1993). De la totora que es de 1m² para cada bloque, de tal manera se trasplantará un total de 50 bloques para cada zona de siembra como se detalla en la figura 9.

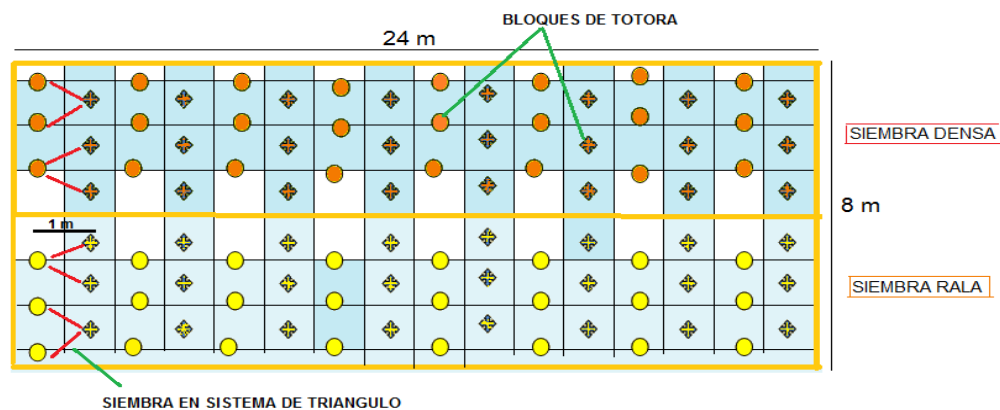


Figura 10 Sistema de siembra de los bloques de Totora en las dos zonas de siembra

c. Variables de estudio

Las variables usadas en este proyecto de investigación están directamente relacionadas al tratamiento de las aguas residuales en un humedal artificial con dos densidades de siembra las cuales los factores evaluados son dependientes de este tratamiento.

Variable independiente

Las variables independientes para este estudio está enmarcada en el tratamiento que se le da a las aguas residuales es por eso que se considera:

- Humedal artificial con alta densidad de siembra
- Humedal artificial con baja densidad de siembra
- Vertido de agua residual

Variable dependiente

La variable dependiente de este estudio se enmarca en los factores cuantificables de este estudio como resultado del tratamiento que se le aplica el cual se cuantifico en el desarrollo fenológico alcanzado:

- Altura alcanzada en individuos en la siembra de alta densidad
- Altura alcanzada en individuos en la siembra de baja densidad
- Numero de plantones presentes durante los muestreos realizados

d. Análisis estadístico

Se ha aplicado el método de la diferencia estadística con el Método de la comparación de dos medidas muestrales Se ha comparado las medias o promedios de los datos de crecimiento y el número de plantones presentes de los meses de septiembre

del 2010 en que se establecieron las plantaciones trasplante y el mes de noviembre del 2011 en el cual se cumplió el ciclo anual vegetativo de estas plantaciones.

Para ello se ha empleado la prueba de prueba u de mann-whitney

$$U_1 = R_1 - \frac{n_1(n_1 + 1)}{2}$$

$$U_2 = R_2 - \frac{n_2(n_2 + 1)}{2}$$

La prueba calcula el llamado estadístico U , cuya distribución para muestras con más de 20 observaciones se aproxima bastante bien a la distribución normal.

La aproximación a la normal, z , cuando tenemos muestras lo suficientemente grandes viene dada por la expresión:

$$z = (U - m_U) / \sigma_U$$

Donde m_U y σ_U son la media y la desviación estándar de U si la hipótesis nula es cierta, y vienen dadas por las siguientes fórmulas:

$$m_U = n_1 n_2 / 2.$$

$$\sigma_U = \sqrt{\frac{n_1 n_2 (n_1 + n_2 + 1)}{12}}.$$

Se aplicó la prueba estadística de ANDEVA de una vía, supone que tiene distribución normal común a todos ellos, El cual se utilizó para determinar diferencias en el desarrollo fenológico alcanzado, a una probabilidad de 0.05 (STATIGRAPHICS 2008). Las unidades experimentales se asignan a los tratamientos completamente al azar cuyo modelo matemático es:

$$Y_{ij} = u + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Y_{ij} = Variable respuesta en la j -ésima repetición del i -ésimo tratamiento

u = Media general

τ_i = Efecto del tratamiento i .

ε_{ij} = Error experimental están distribuidos con media 0, son independientes y tienen varianza constante σ^2 .

3.5.2. Determinar la Eficiencia del Humedal Artificial de *schoenoplectus tatora* en el Tratamiento de los Parámetros Físicos y Químicos de las Aguas Residuales.

a) frecuencia de muestreo y tiempo

Se evaluó los valores alcanzados en los parámetros fisicoquímicos durante los meses de septiembre del 2010 a noviembre del 2011 en un sistema de tratamiento de agua residual secundario con *Schaenoplectus tatora* con densidades de plantación distinta, mediante la recolección de muestras del afluente de aguas residuales y en 2 efluentes del sistema de tratamiento secundario de aguas residuales e un numero de 3 muestras por lugar de muestreo haciendo un total de 54 muestreos, con el fin de controlar los procesos de tratamiento y determinar la eficiencia del humedal artificial en el tratamiento de aguas residuales. En la tabla 4 se detalla la frecuencia de muestreos realizados.

MESES	ZONA			TOTAL N°
	A.D	B.D	AFLUENTE	MUESTRE OS
sep-10	3	3	3	9
nov-10	3	3	3	9
ene-11	3	3	3	9
mar-11	3	3	3	9
sep-11	3	3	3	9
oct-11	3	3	3	9
TOTA				
L	18	18	18	54

Tabla 4. Muestra la frecuencia de muestreo en la investigación.

b) descripción detallada de uso de equipos

- *Procedimiento en campo*

Para la recolección de las muestras se usó una botella vidrio oscuro de 1 litro de volumen químicamente limpio e incoloro y con una tapa de excelente condición de cierre. Antes de captar la muestra, se enjuague el envase dos o tres veces de la misma agua que se va a analizar, a fin de eliminar cualquier sustancia que no corresponda con la verdadera composición del agua bajo estudio; para luego sumergir la botella a 30 cm

por debajo de la superficie y se hace un rápido recorrido hacia adelante para que termine de llenarse, se tapa y se envía al laboratorio en un tiempo no más de 24 horas de captación de la muestra para su análisis, las muestras se transportaran en cajas de plástico para evitar la ruptura de las botellas durante el transporte al laboratorio según (Cepis, 1992)

Inmediatamente después de tomar la muestra, se rotulo las botellas de vidrio colocando una tarjeta donde se anotó la localización del sitio de captación (afluente o efluente), fecha y hora de la captación y número de la botella de captación.

Conductancia específica: Se cuantifico con un Conductímetro de tres anillos marca Consort 805323

Se obtuvo muestras en el afluente y efluente para las dos zonas de siembra con el fin de realizar una tabla de diferencias de los datos y determinar la eficiencia del humedal artificial; además los datos se evaluaron mediante una tabla de niveles de nitratos y fosfatos permitidos a nivel Nacional e Internacional.

- *Procedimiento en laboratorio*

Los parámetros que se evaluaron se determinaron en laboratorio de análisis y Estación Experimental Illpa nexo Salcedo del Instituto Nacional De Innovación Agraria INIA corresponden a: conductividad eléctrica, temperatura T°C, Nitrógeno Total, Fosforo Total y DBO₅.

Para obtenerla eficiencia de remoción para cada una de las plantaciones se aplicó la siguiente formula:

$$A - a = E1 \quad A - b = E2 \quad E1 + E2 = (RL) \text{ Remoción Lograda}$$

Porcentaje de remoción:

$$\text{En Alta densidad} \quad RE1 = E1 * 100/RL$$

$$\text{En Baja densidad} \quad RE2 = E2 * 100/RL$$

Siendo:

A= valor del afluente

a= valor del efluente de alta densidad

b= valor del efluente de baja densidad

E1= remoción obtenida en la plantación con alta densidad

E2= remoción obtenida en plantación a baja densidad

RL= remoción lograda en la planta de tratamiento secundaria

RE1= remoción obtenida en plantación a alta densidad

RE2= remoción obtenida en plantación a baja densidad

Nitrógeno Kjeldhal total: La muestra se digirió en ácido sulfúrico, sulfato de potasio y sulfato de mercurio para convertir el amoníaco y el nitrógeno orgánico en bisulfato de amonio. Después se procedió a la descomposición del complejo formado (complejo mercurio-amonio) por digestión con tiosulfato de sodio; para luego destilar el amoníaco en un medio alcalino y absorberlo en ácido bórico. El amoníaco se determinó también por nesslerización o titulación con ácido sulfúrico normal.

Determinación de fósforo total:

El análisis de fósforo total; se determina indirectamente convirtiendo todas las formas fosfóricas a orto fosfato que además es la base para determinar todas las formas de fósforo. La selección del método analítico depende principalmente de la concentración de orto fosfato. Se procedió a la digestión con per sulfato y luego se mide el orto fosfato por el método de cloruro estañoso que es más adecuado para niveles de 0,01 a 6 mg. P/l. Las formas de fósforo disueltas e insolubles se separaron mediante filtración de la muestra a través de un filtro de membrana de 0,45 micrones antes de efectuar la digestión y determinación colorimétrica.

Demanda bioquímica de oxígeno 5 (DBO5): Se llenó dos botellas con la muestra bien aireada, a una de ellas se le midió el oxígeno disuelto inmediatamente, y la otra se incubó a 20 °C durante 5 días, al término de los cuales se le determinó el Oxígeno disuelto (O.D.) La diferencia entre ambas medidas de O.D. es la DBO. Como se trata de aguas residuales fue necesario primero diluirlas antes de la incubación; de forma que el oxígeno disuelto que puede tener el agua sea suficiente para el proceso de degradación. Se preparará una serie de diluciones hasta que produzcan un agotamiento de oxígeno entre el 40 por ciento y el 70 por ciento (Cepis, 1992).

Una vez las muestras llegadas al laboratorio se refrigeraron a 0°C - 4°C. y se mantuvo en la oscuridad, hasta el análisis respectivo en los laboratorios del INIA puno sede Salcedo.

c. Variables de estudio

Las variables usadas en este objetivo de investigación están directamente relacionadas al tratamiento de las aguas residuales en un humedal artificial con dos densidades de siembra las cuales los factores evaluados son dependientes de este tratamiento.

Variable independiente

Las variables independientes para este estudio está enmarcada en el tratamiento que se le da a las aguas residuales es por eso que se considera:

- Humedal artificial con alta densidad de siembra
- Humedal artificial con baja densidad de siembra
- Vertido de agua residual

Variable dependiente

La variable dependiente de este estudio se enmarca en los factores cuantificables de este estudio como resultado del tratamiento que se le aplica al vertido de agua residual el cual se midió en el efluente:

- T°C temperatura
- Conductancia específica
- Demanda bioquímica de oxígeno 5 (DBO5)
- Nitrógeno Kjeldhal total
- Fósforo total

Análisis Estadístico

La muestra se procesó primeramente con una prueba de normalidad la prueba de será de Levene Kolmogorov debido a que las muestras son mayores a 30; para el análisis de varianza Andeva una vía, supone que tiene distribución normal común a todos ellos, El cual se utilizó para determinar diferencias, a una probabilidad de 0.05 (STATIGRHAPHICS 2008). Las unidades experimentales se asignan a los tratamientos completamente al azar cuyo modelo matemático es:

$$Y_{ij} = u + \tau_i + \epsilon_{ij}$$

Para saber si hay o no diferencias entre los tratamientos se realizó una prueba de Kruskal Wallis para saber si hubo alguna diferencia entre los meses de muestreo se aplica una prueba estadística en el programa estadístico (STATIGRHAPHICS 2008), versión libre.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. ESTABLECER DENSIDADES DE SIEMBRA DE *Schoenoplectus Tatora* PARA EL TRATAMIENTO SECUNDARIO DE AGUAS RESIDUALES.

El primer objetivo de esta investigación consistió en establecer la densidad adecuada para la siembra de totora en el tratamiento secundario de aguas residuales. Experimentamos con dos tratamientos, una base plantones de baja densidad y otra de alta densidad de plantones sembrados en dos estanques después de un periodo de tres meses de la siembra los resultados señalan que el tratamiento de siembra de plantones de baja densidad es la más eficiente que el tratamiento de alta densidad. Efectivamente en el primer caso se logró 64 plantones en relación al segundo con solo 27 plantones establecidos, como se aprecia en la tabla 5.

Mes	Numero de Plantones	
	alta Den	Baja Den
Mes 1 Sep.	54	54
Mes 2 Nov.	49	50
Mes 3 Ene.	45	48
Mes 4 Mar.	46	59
Mes 5 Sep.	27	60
Mes 6 Nov.	27	64
Sumatoria	248	335
Normalidad Shapiro Wilks	0.127	0,742
Prueba T Sig. (bilateral)	0.022	

Tabla 5. Muestra los promedios alcanzados en el número de plantones en cada muestreo realizado

También muestra el cuadro que los meses de enero a marzo estos han ido aumentando en número cuya reproducción ha sido mediante la vía asexual con el crecimiento nuevas de yemas a nivel de las raíces, teniendo mayor éxito en las plantaciones a menor densidad. Contrastando estos resultados con el último mes de muestreo se te determinó que la plantación de baja densidad es 118.51% más eficiente en la propagación sin embargo, (Gomes, 2017) en un estudio realizado en la planta

piloto de tratamiento de aguas residuales de la Universidad La Molina Lima. Afirma que la temperatura tiene bastante relación con el crecimiento o la altura alcanzada de las plántulas en un humedal artificial de tratamiento secundario.

Además aumento el número de plantones respecto a la plantación en altas densidades que disminuyo en un 50% como muestra la tabla 6.

	ALTA Den	BAJA Den
Plantones I	54	54
Plantones f	27	64
EFICIENCIA		118,51
A%	50%	8%

Tabla 6. Porcentajes en la propagación con respecto a las dos densidades

Así mismo los resultados muestran que los meses de enero a marzo, fueron los meses de mayor propagación en el tratamiento de baja densidad, coincidiendo con la época de lluvias. Sin embargo, en el tratamiento de plantación a alta densidad el crecimiento fue lento y muy inferior disminuyendo el número de plantones drásticamente en el mes de noviembre a un número de 27 plantones, mientras que la zona baja densidad los plantones superaron su número inicial de 54 plantones a 64 como muestra el Figura 11 siendo este tipo de densidad la más estable. Sin embargo (PELT-ADESU, 2001); observo mayor incremento en número de tallos en la época de primavera a verano septiembre y enero respectivamente debido a la temperatura del agua y la caída de precipitaciones favorecen el desarrollo de los brotes, probable que en el estudio no hayamos registrado incremento de plantones en el mes de septiembre debido a que los estanques se encontraban en un proceso de estabilización.

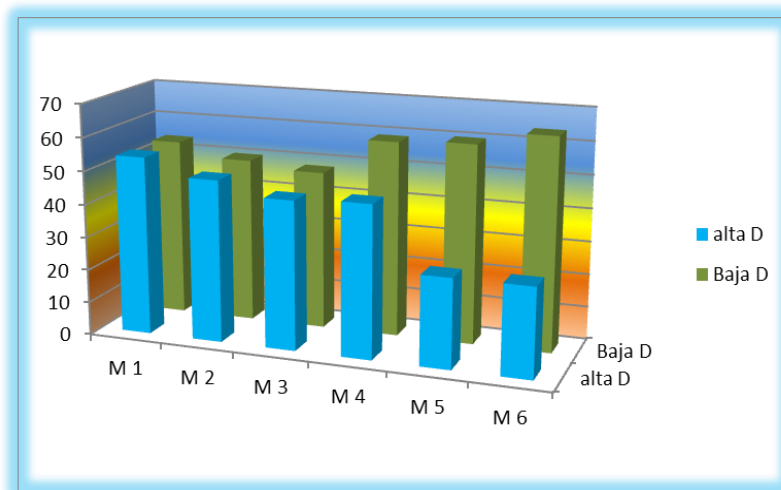


Figura 11. Propagación en las plantaciones a baja y alta densidad.

El crecimiento de los plantones también fue mayor en las plantaciones de baja densidad como lo muestra la tabla 7. En este tratamiento la planta Alcanza una altura de 90 cm de setiembre a marzo, mientras que en la plantación de densidad alta la altura registrada fue inferior, alcanzando un promedio de 35 cm. como muestra la figura 12.

Mes	Promedio de altura	
	alta Den	Baja Den
Sep.	0.30	0.30
Nov.	0.45	0.65
Ene.	0.583	0.916
Mar.	0.683	1.05
Sep.	0.40	0.733
Nov.	0.466	0.883
SUMATORIA	2.882	4.532

Tabla 7. Promedios de altura en *Schaenoplectus tatora* en los dos tratamientos.

Por su parte en un estudio de (PELT-ADESU, 2001); observo que los tallos incrementaron su tamaño hasta en 110.8 cm en los meces de diciembre a abril siendo similares al estudio realizado en donde probablemente no se alcanzó una altura considerable en la siembra a alta densidad debido a que pudo existir competencia por los recursos y espacio en el hábitat.

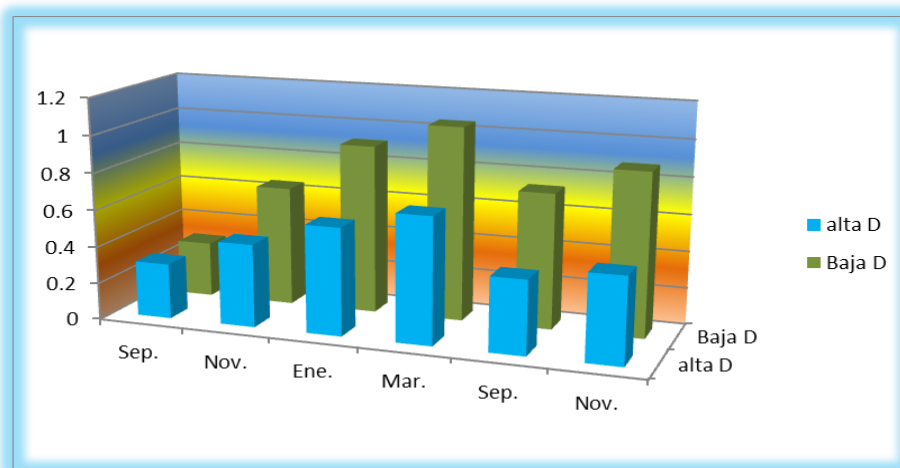


Figura 12. Crecimiento de la totora en los tratamientos de alta y baja densidad.

El análisis estadístico respecto al número de plantones en una prueba de análisis de normalidad de Shapiro Wilks indica que la zona de alta densidad de siembra se muestra un valor de 0.127 y en baja densidad 0,742 por ser este valor mayor a 0.05 se asume la normalidad por tanto se procedió a realizar la prueba paramétrica t de Student de análisis de igualdad de medias en la cual se obtuvo sig. Bilateral 0.022 por la cual concluimos que si existe diferencia significativa por ser un valor menor a 0.05 en el número de plantones. En cuanto a la altura alcanzada los plantones, se realizó una prueba de normalidad de Kolmogorov el resultado dio valores de 0,88 y 0,203 en la zona con plantaciones de alta densidad y baja densidad respectivamente, indicando normalidad; por tanto el resultado de ANDEVA indica significancia estadística 0.00267 Adicionalmente se aplicó una prueba no paramétrica de Mann-Whitney que establece que si existe diferencia significativa en la propagación de individuos en los tratamientos de alta y baja densidad; al 0.05, (P-valor = 0.0109379); puesto que p-valor es inferior a 0.05.

4.2. DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DEL HUMEDAL ARTIFICIAL DE *Schoenoplectus Tatora*, EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS.

El análisis de los parámetros fisicoquímicos (N total, P total, DBO₅) del agua de los humedales artificiales con (*Schoenoplectus Tatora*), tratamientos de alta y baja densidad de siembra. Para el tratamiento de agua siendo tales como temperatura conductividad eléctrica nitrógeno total (N₂), fosforo total y la demanda bioquímica d oxígeno DBO₅ señalan importante información en referencia al tratamiento de aguas servidas por el método biológico los mismos que se aprecian con la tabla 8 y la figura 13.

Parámetros	Aflu.	DenA	Den B	Afl. %	Den. A%	Den. B%
N total	2,91	2,58	1,36	42	38	20
P total	10,9	9,66	8,98	37	33	30
DBO	132,16	160	169,66	28	35	37
CE	1,35	1,04	1,08	39	30	31
STD	676,25	522,25	544	39	30	31
Promedio %				37	34	29

Tabla 8. Parámetros determinados en el estudio del tratamiento de aguas servidas con el uso de totora en valores promedio.

Específicamente el análisis del dato s señalan que el tratamiento de baja densidad de siembra de totora proporciona valores más bajo en cuanto al contenido de n total y P total 1.36%, 8.98 ppm. En comparación el tratamiento de alta densidad 2.58%, 9.67ppm. Globalmente podemos apreciar que existe una disminución del contenido de nitrógeno total y P total con el agua servida bajo tratamiento de alta y baja densidad siembra lo cual comprueba el efectivo del uso de plantas acuáticas en el tratamiento de aguas servidas

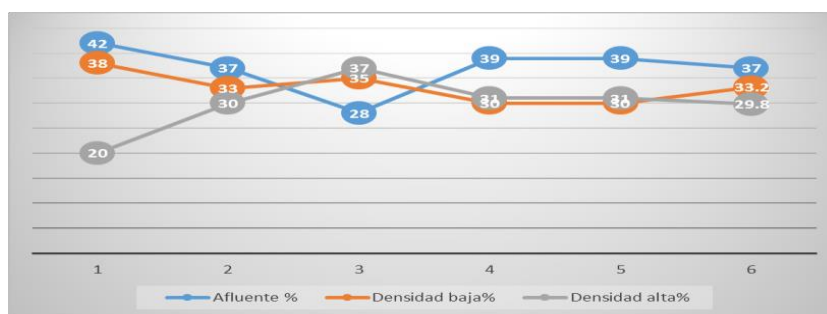


Figura 13. Muestra en base a los porcentajes niveles alcanzados en N total %, P total ppm, DBO5 mg/Lit, T°C.

4.2.1. Nitrogeno Total Del Humedal Experimental De Aguas Residuales

En cuanto al a contenido de nitrógeno total en términos de porcentajes los resultados obtenidos corroboran la efectividad de uso de totora en el tratamiento de aguas servidas así el promedio de nitrógeno total medido en el ingreso de aguas servidas al humedal experimental durante el periodo de estudio fue de 2.92% a la salida del humedal se registró un promedio de 2,58% y 1.36% en tratamiento de alta y baja densidad de siembra de totora respectivamente estos valores permiten apreciar claramente la efectividad del uso de plantas acuáticas para el tratamiento, especialmente en el caso de baja densidad de siembra vea la tabla 9, figura 14.

Repeticiones	Nitrógeno Total %			Remoción		TOTAL
	Afluente	Efluentes		A	B	
	Afluente	alta Den	Baja Den			
1 Sep.	3	4	1,5	-1	2,5	
2 Nov.	3	4	0,5	-1	3,5	
3 Ene.	2	1,5	1,58	0,5	-0,08	
4 Mar.	3	2	1,5	1	0,5	
5 Sep.	3	2	1,59	1	0,41	
6 Nov.	3,5	2	1,5	1,5	0,5	
SUMATORIA	17,5	15,5	8,17	2	7,33	
PROMEDIO	2,917	2,583	1,362	0,333	1,222	
REMOCION				21,4362272	78,5637728	100%

Tabla 9. Valores obtenidos en nitrógeno total.

En términos temporales los valores de nitrógeno total en (%) no muestra un patrón definido. Asumiendo de esta manera que no hay efecto temporal en esta variable sin embargo notamos que en enero se determinó valores más bajos de nitrógeno total en el agua mientras que en noviembre se encontraron los valores más altos

Se debe comentar que en los meses de septiembre y noviembre durante los meses del experimento de tratamientos de agua servidas con el uso de totora en encontramos una mayor cantidad de nitrógeno total en el agua del humedal en relación al agua en el ingreso del mismo. Este hecho puede ser explicado en términos de que el humedal recién se estableció sin embargo este fenómeno solo se observó en el tratamiento de alta densidad de siembra.

Sin embargo (GUERRA, 2000); realizó un Análisis del afluente y efluente parámetros físico-químicos, microbiológicos, de metales pesados No encontró una eficiencia adecuada en la remoción de N y P. Siempre había formación de sulfuros en el sistema, es muy probable que esto haya sido influenciado por la distancia que recorre en el humedal el agua.

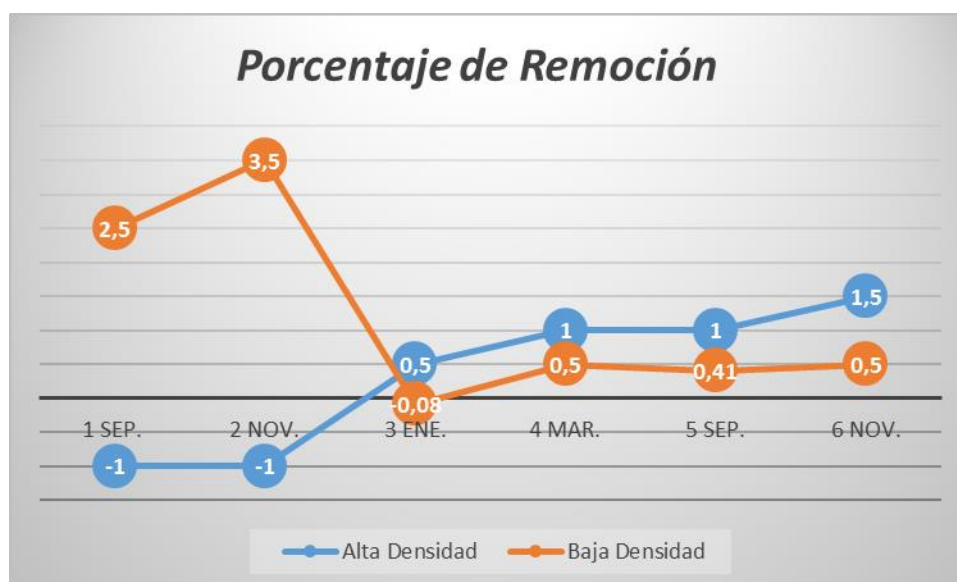


Figura 14. Muestra el historial de Remoción de nitrógeno total % para cada repetición realizada en el estudio a dos densidades de plantación

4.2.2. Fósforo Total Del Humedal Experimental De Aguas Residuales.

En cuanto al a contenido de fósforo total en términos de porcentajes los resultados obtenidos corroboran la efectividad de uso de totora en el tratamiento de aguas servidas así el promedio de Fosforo total medido en el ingreso de aguas servidas al humedal experimental durante el periodo de estudio fue de 10,9% a la salida del humedal se registró un promedio de 9,6% y 8,9% en tratamiento de alta y baja densidad de siembra de totora respectivamente estos valores permiten apreciar claramente la efectividad del uso de plantas acuáticas para el tratamiento, especialmente en el caso de baja densidad de siembra vea tabla 10, figura 15.

Repeticiones	P Total ppm			Remoción		Total
	Afluente	Efluentes		A	B	
	Afluente	alta Den	Baja Den	A	B	
1 Sep.	14	16	10	-2	4	
2 Nov.	14	10	10	4	4	
3 Ene.	10	7,8	9,5	2,2	0,5	
4 Mar.	9	8	7,99	1	1,01	
5 Sep.	9,3	8,4	8,3	0,9	1	
6 Nov.	9,1	7,8	8,1	1,3	1	
SUMATORIA	65,4	58	53,89	7,4	11,51	
PROMEDIO	10,9	9,666667	8,98167	14,8	23,02	
REMOCIÓN				39	6	100%

Tabla 10. Valores obtenidos en Fosforo Total ppm

Cabe destacar que en los meses de septiembre y noviembre durante los meses del experimento de tratamientos de agua servidas con el uso de totora en encontramos una mayor cantidad de fosforo total en el agua del humedal en relación al agua en el ingreso del mismo. Este hecho puede ser explicado en términos de que el humedal recién se estableció sin embargo este fenómeno solo se observó en el tratamiento de baja densidad de siembra siendo este tratamiento más estable en el tratamiento de fósforo total

En cuanto a la presencia de fósforo como se muestra en el cuadro 6 encontramos mayor cantidad de fósforo total en el tratamiento a alta densidad. Sin embargo, SMITH *et al* (1997) afirma que los helófitos asimilan macronutrientes (N y P) y micronutrientes, incluidos metales pesados, en unas tasas calculadas en 12-120 g N/m²/año y 1,8-18 g P/m²/año; muy bajas también en comparación con el contenido en aguas residuales, esto probablemente se deba a que la remoción de fosforo en los humedales está relacionada con la profundidad del lecho y la edad del humedal artificial siendo la remoción en los primeros meses muy bajas.

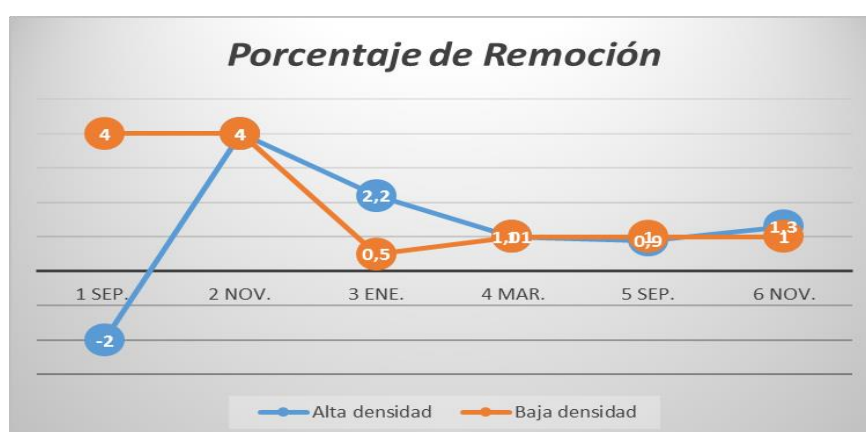


Figura 15. Muestra el historial de absorción de fósforo total ppm. A dos densidades de plantación a alta densidad, b baja densidad.

4.2.3. Dbo₅ del humedal experimental de aguas residuales.

La demanda biológica de oxígeno DBO₅ de las aguas servidas motivo de tratamiento mediante el funcionamiento de macrófitas en el humedal artificial reflejo el patrón de eficacia del tratamiento así el valor encontrado en el tratamiento de alta densidad de siembra fue de 160 mientras que los valores mínimos y ,máximos fueron de 104 mg/l y de 280 mg/l por otro lado el tratamiento con baja densidad fue 169,66 siendo estas cifras mayores a los del ingreso en el afluente del sistema de tratamiento secundario debiéndose a la actividad biológica de los organismos que es menor, siendo mayor en los estques para tratamiento secundario entre muchos otros factores como la temperatura la altura de la profundidad del humedal experimental. La tabla 11 muestra los valores alcanzados durante el estudio. Sin embargo (SOTO, 1994); realizo Evaluaciones en plantas de tratamiento de aguas servidas en Bolivia encontró datos

similares, en donde encontró que la Eficiencia de remoción de la DBO₅ es alrededor en promedio 94 % (sin totora) y 90 % (con totora). Esto probablemente se Deva a la actividad orgánica que se presenta en mayor cantidad en humedales de alta densidad. También (HINOJOSA, 1983); encontró que al aumento de la temperatura en 10 grados incrementa la DBO₅ de la termoclina en 49% hipolimnion en 65%

Repeticiones	DBO ₅			Remoción		Total
	Afluente	Efluentes		A	B	
	Afluente	alta Den	Baja Den			
1 Sep.	188	200	241	-12	-53	
2 Nov.	180	280	280	-100	-100	
3 Ene.	106	164	180	-58	-74	
4 Mar.	106	105	106	1	0	
5 Sep.	106	104	106	2	0	
6 Nov.	107	107	105	0	2	
SUMATORIA	793	960	1018	-167	-225	
PROMEDIO	132,166	160	169,666	-27,8333	-37,5	
REMOCIÓN				49	51	100%

Tabla 11. Demanda Biológica De Oxígeno 5 mg/Lit.

4.2.4. Conductividad eléctrica del humedal experimental de aguas residuales.

Los resultados para conductividad eléctrica en los diferentes muestreos realizados se encontraron que se redujo, por ende, la conductividad eléctrica para nuestro estudio se mostró de forma descendente en sus valores registrando los más bajos valores en la zona con plantones de baja densidad con un porcentaje de 46% como muestra el historial de la tabla 12.

Repeticiones	Conductividad eléctrica					Total
	Afluente	Efluentes		Remoción		
	Afluente	alta Den	Baja Den	A	B	
1 Sep.	1,5	0,9	0,99	0,6	0,51	
2 Nov.	1,5	1,011	1,067	0,489	0,433	
3 Ene.	1,5	0,93	0,882	0,57	0,618	
4 Mar.	1,095	0,926	1,129	0,169	-0,034	
5 Sep.	1,25	1,25	1,2	0	0,05	
6 Nov.	1,27	1,25	1,26	0,02	0,01	
SUMATORIA A	8,115	6,267	6,528	1,848	1,587	
PROMEDIO	1,3525	1,0445	1,088	0,308	0,2645	
REMOCIÓN				53,8	46,2	100 %

Tabla 12. Conductividad eléctrica homs/cm registrado afluente y los efluentes

4.2.5. Sólidos Totales Del Humedal Experimental De Aguas Residuales.

Los resultados para sólidos totales se muestran en forma descendente de 676 a 544 mg/L. más aun en el tratamiento a densidad baja de totoras con respecto a el tratamiento de alta densidad ya que en el tiempo estos han disminuido su presencia en el estanque que fue a alta densidad siendo este un indicador de la calidad del agua residual figura 16 muestra la presencia de sólidos totales en el estudio realizado. (Seoanez, 1995); Realizo Comparación del rendimiento de los humedales de Santee California STD encontrado un valor promedio de 3.7 siendo este valor elevado ya que se realizó el estudio frente a otras macrofitas.

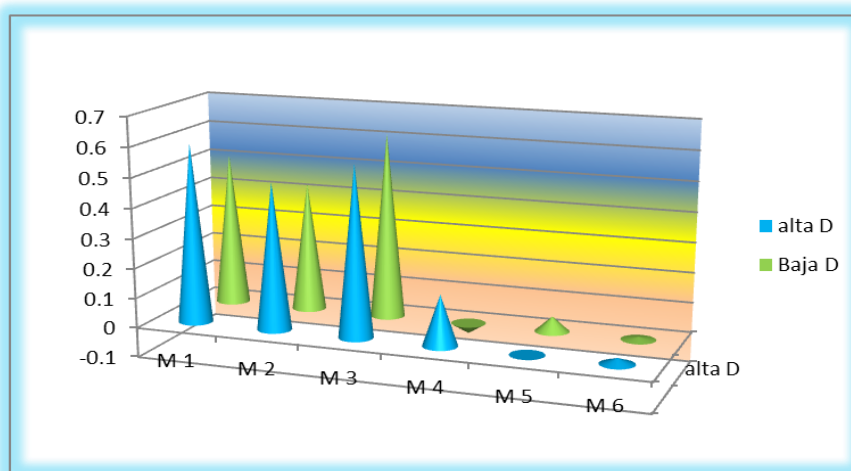


Figura 16. Solidos Totales Disueltos mg/L en: A alta densidad B baja densidad.

El análisis estadístico realizamos una prueba de normalidad para poder aplicar la prueba paramétrica resultando en análisis de Kolmogorov para Nitrogeno total 0.316, P total 0.065, DBO5, 0,042, CE 0.910, Solidos totales 0.910. estos resultados indican normalidad en los datos por ende se aplicó una prueba paramétrica ANDEVA para cada parámetro; en el afluente y efluentes de (alta densidad y baja densidad) cuyo resultado indica: para N total 0.006, la cual indica significativa y rechaza la hipótesis de igualdad al nivel de significancia de 0.05; para Total 0.393, la cual indica que no se puede rechazar la hipótesis de nulidad o igualdad ya que no es significativa; para DBO5, 0,592, igualmente no se rechaza la hipótesis de igualdad; para CE 0.009, la cual indica que se acepta la hipótesis alterna, para Solidos totales 0.009 la cual indica que se acepta la hipótesis alterna de significancia. Adicionalmente se aplicó una prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis que indica que si hay diferencia significativa en el tratamiento de parámetros fisicoquímicos solo para N total (P-valor) = 0.007, STD 0.023, CE 0.023 en el afluente y efluentes de (alta densidad y baja densidad); al 0.05, puesto que el p-valor es inferior a 0.05.

V. CONCLUSIONES

1. mediante los promedios de trasplante se determinó: El tratamiento a baja densidad (15-20) tallos/m², aumento su número en 64 plantones, frente a 27 plantones pertenecientes al tratamiento de alta densidad (25-30 tallos/m²). El tratamiento con alta densidad registró pérdida de plantones hasta en un 50%. El registro para el crecimiento alcanzado por los plantones de totora también reflejó un mayor promedio durante el estudio siendo el promedio de 0.88 cm para el tratamiento con baja densidad de siembra. Sin embargo, en la siembra de alta densidad solo alcanzo un promedio de 0.44 cm concluyendo que el tratamiento a baja densidad desarrolla fácilmente.

El promedio de altura alcanzada también disminuyo después de la época de verano durante el invierno ya que las temperaturas llegan a valores negativos congelando y paralizando el flujo normal de nutrientes en el humedal artificial. Los meses de mayor propagación fueron de enero a marzo, los meses de abril a agosto fue en donde se registró pérdida considerable de plantones debido a las bajas temperaturas.

La eficiencia del humedal artificial en el tratamiento de los parámetros fisicoquímicos de aguas residuales para el nitrógeno se redujo considerablemente con un promedio en afluente de 2,9% tras pasar por el tratamiento de siembra a baja densidad de totora redujo su carga a 1.3%

Para fosforo total la reducción fue mínima fue de 10,9 ppm a 8,9 ppm siendo más mínima aun en la zona de alta densidad con 9,6 ppm.

Para la DBO₅ se encontró que en este caso aumento la concentración en la siembra a baja densidad ya que por el tiempo transcurrido aumento el número de plantones siendo esto influyente en la reducción de la DBO₅ ya que la que registra menores promedios es la que al inicio tenía el mayor número de plantones.

Se encontró también en cuanto a la presencia de solidos totales estos bajaron su concentración tras pasar por el tratamiento secundario de 39% a 31%

Concluimos que el tratamiento de todos los parámetros estudiados fue considerable ya que en el afluente del sistema de tratamiento secundario se registró un porcentaje promedio de 37% frente a un 33.2 en el afluente de siembra en alta densidad y 29% en el efluente de siembra a baja densidad. Registrándose mayor eficiencia en la siembra a baja densidad.

VI. RECOMENDACIONES

Debido a que la densidad de siembra influyó considerablemente en la propagación de los plantones de *Schaenoplectus Tatora* se recomienda realizar estudios en cuanto a los factores que intervienen las plantaciones a grandes densidades también se recomienda estudiar estos tipos de siembra en estanques más amplios, siendo también un variable considerable la temperatura recomendando estudiar estos sistemas en pisos ecológicos con mayor temperatura.

Realizar estudios en cuanto a una valoración económica ya que se genera un beneficio ambiental con el uso de estos sistemas de tratamiento, en cuanto a los parámetros estudiados recomendamos realizar estudios de cuantificación in situ para evitar sesgos en el levantamiento de datos de campo.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALARCÓN, A., P. KOLB, y J. MARULL. 1997. Recuperación medioambiental del tramo final del río Besós. *Bio*, Vol. 10: 7-11.
- ALVAREZ, A. 1987. Diseño y construcción de una planta piloto para el tratamiento de aguas por *Schoenoplectus tatora*. Tesis de Lic. De Química, UMSA, La Paz, Bolivia, 148 pp.
- AÑEZ, B., E. TAVIRA. y SALAS, J. A. 1989. Efecto de la distancia entre hileras sobre la Producción de plátano. Memorias IX Reunión de la Asociación para la Cooperación en Investigación de Banano en el Caribe y en América Tropical. (oct., Mérida). Maracaibo, Venezuela. pp. 457-471.
- ARZE, C. y ALVAREZ, A. 1990. Totora como Descontaminante de Aguas en Movimiento. *Revista Boliviana de Química*. Biblioteca: CENDOC –PELT, ADESU.
- BEAVERS, P. y K. TULLY. 2005. Nutrient reduction evaluation of sewage effluent treatment options for small communities. *Water Science and Technology*, Vol. 51(10), 221229.
- BÉCARES, E. 2004. Función de la vegetación y procesos de diseño de humedales construidos de flujo subsuperficial horizontal y flujo superficial. En: Nuevos criterios para el diseño y operación de humedales construidos. Eds. García, J., Morató, J. y Bayona, J. pp 50 a 62.
- BRIX, H. 1997. Do macrophytes play a role in constructed treatment wetlands? *Water Science and Technology*, 35: 11-17 pp.
- BENEFIELD, L. D. y C. W. RANDALL 1980. Biological process desing for wastewater treatment. Prentice -Hall, Inc. Englewood Cliffs, N.J.

- CANALES, A. 1991. Evaluación De *Schaenoplectus tatora* “Totora Trasnplantada”, En el Tratamiento De Aguas Residuales. Tesis para optar el titulo de licenciado en biología, Facultad de ciencias biológicas de la U.N.A.-PUNO. 72 pp.
- CARVAJAL, H.E. 1987. La totora como descontaminante de aguas.- II. Feria Científica Juvenil del Convenio Andrés Bello, Tacna, Perú, 88 pp.
- CAZIANI, S. M. y E. J. DERLINDATI. 1999. Humedales alto andinos del Noroeste de Argentina: su contribución a la biodiversidad regional. Ed Ai. 1-13 pp.
- CEPIS, 1992. Estrategias para la protección de aguas subterráneas. OMS.OPS. Lima.
- CHIVA, J. 2004. Hidráulica y fenómenos de transporte en humedales construidos. En: Nuevos criterios para el diseño y operación de humedales construidos. Ed. García, 69 pp.
- COYLA, P.L. 1992. Determinación de los parámetros físico-químicos de aguas servidas para evaluar el tratamiento con el macrófito *Schoenoplectus tatora* en las pozas de sedimentación UNA- Puno. Tesis para optar el titulo Lic. En Biología UNA, Puno 70pp.
- CLAASSEN, N. y B. STEINGROBE. 1999. Mechanistic simulation models for a better understanding of nutrient uptake from soil. En: Mineral nutrition of crops. Fundamental mechanisms and implications. Rengel, Z. (Ed.). Capítulo 12.
- CRITES, R. y G. TCHOBANOGLIOUS. 2000. Sistemas de Manejo de Aguas Residuales para Núcleos Pequeños y Descentralizados. Ed. Mc Graw Hill Interamericana, S.A. Santafé de Bogotá. 1200pp.
- CUBILLOS. A. 1977. Métodos para la Recolección y Análisis de Muestras de Agua para Minerales y Gases Disueltos. Parte 1: Muestreo. Ed. Mérida, CIDIAT. 23 pp.

- DANIELLS, J. y D. FARRELL. 1993. Department of primary industries and fisheries. Queensland government. Agrilink, Horticulture and fresh produce. Disponible en URL:www.dpi.qld.gov.au/horticulture/5204.html.
- FRANKEN, M. 1988. Experimentos con la totora como agente de purificación de aguas.-Taller sobre el uso de plantas acuáticas para el tratamiento de aguas residuales. Ed. KISTRITZ, NORTHCOTE, RIVERA, 19 - 36, Puno, Perú
- FINDLATER, B.C., HOBSON, J. A. Y COOPER, P.F. 1990. Reed bed treatment systems: Performance evaluation. En: Constructed Wetlands in water Pollution Control. Cooper, P.F. y Findlater, B.C. Ed. Pergamon Press, Great Britain. 193pp.
- GÓMEZ, Y.M. 2017. Evaluación De La Eficiencia De Humedales Artificiales Verticales Empleando Cyperus Alternifolius Y Chrysopogon Zizanioides Para El Tratamiento De Aguas Servidas. Tesis Para optar el título de Ingeniero Agrícola, lima, peru 165p.
- GUERRA, M.A. 2000. Efecto descontaminante de la totora en las lagunas de estabilización de Puchuckollo. Tesis Para optar el título de Ingeniero Civil, UMSA, La Paz, Bolivia 108 pp.
- HERNANDEZ, A.R. 2005. Uso de humedales, alternativa ecológica y sustentable para la recuperación del lago de Pátzcuaro, México. CONAGUA. 134 pp.
- HINOJOSA, A. 1983. Demanda bioquímica de oxígeno en el lago Titicaca Bahía de Puno y lago grande. Tesis para optar el título de licenciado en biología, UNTA, Puno, Perú. 67pp.
- JUNK, A. 2002. Dynamics of nutrient movement at the soil-root interface. In: Plant roots the hidden half. Waisel, Y. and Eshel. 3^{ra} Ed. 220 pp.

- INEI. 2007. Censos Nacionales de Población y Vivienda Departamento De Arequipa. 56pp
- KADLEC, R. H. W. y D. T. URBAN. 1993. «Hidrological design of free water surface treatment wetlands». In G. Moshiri (ed). Constructed wetlands for water quality improvement; Lewis Publishers, Chelsea, MI, pp. 77-86.
- KOYAMA, T. 1963. The genus *Scirpus* L. Critical species of the section *Pterolepis*.- Canadian Journal of Botany 41, 1107 – 1131 pp.
- LAHORA A. (2005). Depuración de aguas residuales mediante humedales artificiales. La Edar de los Gallardos Almería. Gestión de Aguas del Levante Almeriense. S.A. (GALASA).
- LAILAW, T. 1995. Adopte una quebrada. Trad. Ramírez, A.; Juárez, J. Estación Biológica La Selva. Heredia, CR. 60 p.
- LARICANO, C. y E. ROMERO. 1994. Utilización de *Schoenoplectus tatora* de Pozas de Tratamiento de Aguas Servidas en la Elaboración de Compost. Tesis Biología. UNA, Puno, Perú.
- LARA, J. 1999. Tratamiento de aguas residuales municipales mediante humedal artificial. Ed. Barcelona. 122pp.
- LIENARD, A. 1987. Domestic wastewater treatment in tanks with emergent hydrophytes. Water Science Technology, 19: 373-375.
- LLAGAS, W. 2006. Diseño de humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales en la UNMSM Revista del Instituto de Investigaciones FIGMMG Vol. 15, N° 17, 85-96
- MAMANI, M. 1973. Evaluación de la Superficie y Rendimiento de la Totora (*Scirpus californicus*) en el Lago Titicaca. Tesis Ing. Agronómica. UNA, Puno, Perú

- METCALF, H. 1996. "Ingeniería de Aguas Residuales. Tratamiento, vertido y reutilización". Volumen I. Ed. McGraw- Hill. 575pp.
- ORTIZ, V. y L. MOLINA. 2001. El cultivo de banano. San José, Costa Rica: Euned., 186 pp. ISBN 9968-3-048-4
- PERSSON J., SOMES, N. y WONG, T. 1999. Hydraulic efficiency of constructed wetlands and ponds. *Wat. Sci. Tech.* 40(3). pp. 291-300.
- RAMSAR CONVENTION 1971. Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional Especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas. Ramsar Convention Bureau. Ramsar.
- REEDY, K. R. y DEBUSK, W. F. 1985. Nutrient removal potential of selected aquatic macrophytes. *Journal of Environmental Quality*, 19: 261.
- RIVERA, F. y CALDERÓN, A. 1993. Tratamiento del agua residual por lechos de raíces. *Informacion Científica y Tecnológica*. Ed. Conacyt. 22 pp.
- RIVAS H. A. POZO, R. F.; MANTILLA MORALES, G., LÓPEZ RAMÍREZ, E., BENA ZEPEDA, J.E, SANCHEZ CASTAÑEDA, L.F., SOTELO ROMERO, N.D Y MUÑOZ PEÑALOZA, K. 2005. Uso de humedales, alternativa ecológica y sustentable para la recuperación del lago de Pátzcuaro. Ed. Conagua. México. 134 pp.
- ROBINSON, J. C. 1993. Handbook of Banana growing in South Africa. Agricultural research council. 128 p.
- ROLIM, S. 2000. Sistemas de lagunas de estabilización. Editorial Nomos. Santa Fe de Bogotá, CO. 370 pp.
- RUSSELL, R.C. 1999. *Natural systems for waste management and treatment wetlands*. Ed. McGraw Hill, New York. Constructed wetlands and mosquitoes health hazards.

- SANDFOR, W. E.; STEENHUIS, T. S.; PARLANGE, J. Y.; SURFACE, J. M. Y PEVERLY, J. H. 1995. Hydraulic conductivity and sand as substrates in rock-reed filters. *Ecological Engineering*, 4: 321-336 pp.
- SIERRA, 1993. *El cultivo de Banano: Producción y Comercio*. Medellín, Colombia, 679 p.
- SMITH, I. D.; BIS, G. N.; LEMON, E. R. y ROZEMA, L. R. 1997. A thermal analysis of a sub-surface, vertical flow constructed wetlands. *Water Science and Technology*. 55 pp
- SEOANEZ, C. 1995. *Aguas residuales urbanas: Tratamientos naturales de bajo costo y aprovechamiento*. Ed. Mundi Prensa. 250 pp.
- SEOANEZ, C. 1999. *Aguas residuales tratamiento por humedales artificiales*. Ed. Mundi Prensa. 326 pp.
- SOTO, F. 1993. *Evaluación de plantas de tratamiento de aguas servidas en Bolivia.- Informe inédito*, La Paz, Bolivia
- SUAÑA, Q. 1991. *Fluctuación de organismos planctónicos en aguas residuales. Tesis para optar el título de licenciado en biología, Facultad de ciencias biológicas de la U.N.A.-PUNO*. 69pp.
- TAUCER, E. 1991. *Planta de purificación de aguas con macrófitas.- Revista de Ingeniería Sanitaria (ABIS) 8*, La Paz, Bolivia
- TAUCER, E. 1993. *Biología, transplante y desarrollo de cuatro helófitos en la zona andina de La Paz. Su uso en sistemas de purificación de aguas. Tesis de Lic. En Biología, UMSA, La Paz, Bolivia*, 142 pp.
- TCHOBANOGLIOUS, G. y BURTON, F. 1991. *Wastewater engineering: treatment, disposal and reuse*. 3^{ra} Ed. McGraw-Hill. Boston, US. 1334 pp.

U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY.2000A. Manual: Constructed Wetlands Treatment of Municipal Wastewaters. EPA/625/R-99/010.

U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. 2000B. Guiding Principles for Constructed Treatment Wetlands: Providing for Water Quality and Wildlife Habitat. EPA 843-B-00-003. US EPA Office of Wetlands, Oceans and Watersheds. Washington.

VYMAZAL, J., BRIX, H., COOPER, P. R, CREEN, M. B., y HABERL.1998. Constructed wetlands for wastewater treatment in Europe. Backhuys Publishers. Leiden, The Netherlands.

WHITTAKER, H. 1975. Communities and Ecosystems. 2^{da} Ed. MacMillán Pubfishíny CO., ÍNC Company, New York. 385 pp.

ANEXOS

Registro de plantones encontrados y la altura alcanzada en los estanques tabla 13.

PLANTONES/ESTANQUE			ALTURA ALCANZADA		
Registro de Plantones Por Estanque			Registro de Altura alcanzada /Estanque		
nov-11	Alta Den.	Baja Den.	nov-11	Alta Den	Baja Den.
1	0	5	1	0	0,3
2	0	6	2	0	0,3
3	3	10	3	0,2	0,5
4	4	11	4	0,3	1,2
5	6	12	5	0,5	1
6	14	20	6	1,8	2
Total	27	64	Total	0,467	0,88333
Registro de Plantones Por Estanque			Registro de Altura alcanzada /Estanque		
sep-11	Alta Den	Baja Den.	sep-11	Alta Den	Baja Den.
1	0	6	1	0	0,3
2	0	6	2	0	0,3
3	4	10	3	0,2	0,4
4	5	11	4	0,3	1
5	9	12	5	0,4	0,9
6	9	15	6	1,5	1,5
Total	27	60	Total	0,4	0,73333
Registro de Plantones Por Estanque			Registro de Altura alcanzada /Estanque		
mar-11	Alta Den	Baja Den.	mar-11	Alta Den	Baja Den.
1	3	5	1	0,4	0,9
2	5	8	2	0,4	0,9
3	8	8	3	0,6	1,1
4	8	11	4	0,8	0,9
5	10	12	5	0,8	1,2
6	12	15	6	1,1	1,3
Total	46	59	Total	0,683	1,05
Registro de Plantones Por Estanque			Registro de Altura alcanzada /Estanque		
ene-11	Alta Den	Baja Den.	ene-11	Alta Den	Baja Den.
1	4	5	1	0,3	0,8
2	4	5	2	0,3	0,8
3	9	8	3	0,5	1
4	8	9	4	0,5	0,9
5	10	10	5	0,9	1
6	10	11	6	1	1
Total	45	48	Total	0,583	0,91667

Registro de Plantones Por Estanque			Registro de Altura alcanzada /Estanque		
nov-10	Alta Den	Baja Den.	nov-10	Alta Den	Baja Den.
1	7	8	1	0,2	0,6
2	9	8	2	0,2	0,6
3	7	8	3	0,5	0,7
4	9	8	4	0,3	0,6
5	8	9	5	0,7	0,7
6	9	9	6	0,8	0,7
Total	49	50	Total	0,45	0,65

Registro de Plantones Por Estanque			Registro de Altura alcanzada /Estanque		
sep-10	Alta Den	Baja Den.	sep-10	Alta Den	Baja Den.
1	9	9	1	0,3	0,3
2	9	9	2	0,3	0,3
3	9	9	3	0,3	0,3
4	9	9	4	0,3	0,3
5	9	9	5	0,3	0,3
6	9	9	6	0,3	0,3
Total	54	54	Total	0,3	0,3

Tabla 13. Registro de plantones encontrados y la altura alcanzada en los estanques de tratamiento secundario septiembre 2010 a noviembre del 2011 en el distrito de Cabanaconde Caylloma Arequipa.

Análisis de normalidad Prueba de SHAPIRO-WILK

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
ALTA DEN.	,291	6	,122	,839	6	,127
BAJA DEN.	,195	6	,200 [*]	,950	6	,742

*. Este es un límite inferior de la significación verdadera.
a. Corrección de la significación de Lilliefors

Tabla 14. Análisis de normalidad Prueba de SHAPIRO-WILK para una muestra en el paquete estadístico SPSS 19.

Prueba T Para La Igualdad tabla 15

	GRUPO	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
VALORES	1,00	6	41,3333	11,53545	4,70933
	2,00	6	55,8333	6,21021	2,53531

Tabla 14. Prueba T Para La Igualdad De Medias En El Paquete Estadístico Spss 19.

Análisis de normalidad Prueba tabla 16

		ALTA Den.	VAJA Den.
N		36	36
Parámetros normales(a,b)	Media	6,888	9,305
	Desviación típica	3,486	3,087
Diferencias más extremas	Absoluta	,208	,178
	Positiva	,134	,178
	Negativa	-,208	-,142
Z de Kolmogorov-Smirnov		1,250	1,070
Sig. asintót. (bilateral)		,088	,203

Tabla 15. de Kolmogorov-Smirnov en el paquete estadístico SPSS 19.

Puesto que el p-valor es superior a 0.05, no hay diferencia estadísticamente significativa entre las medianas a un nivel de confianza del 95.0%.

Estadísticos de contraste ^a	
	Plantones
U de Mann-Whitney	425,500
W de Wilcoxon	1091,500
Z	-2,545
Sig. asintót. (bilateral)	,011
a. Variable de agrupación: Densidad	

Tabla 16. Análisis no paramétrico de Mann-Whitney en el paquete estadístico SPSS 19.

Puesto que el p-valor es inferior a 0.05, hay diferencia estadísticamente significativa entre las medianas a un nivel de confianza del 95.0%. tabla 18

Rangos				
	Densidad	N	Rango promedio	Suma de rangos
Plantones	1,00	36	30,32	1091,50
	2,00	36	42,68	1536,50
Total		72		

Tabla 17. Análisis de rango promedio.

Puesto que el p-valor es inferior a 0.05, hay diferencia estadísticamente significativa entre las medianas a un nivel de confianza del 95.0%. 19

ANOVA					
Plantones					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	105,125	1	105,125	9,693	,003
Intra-grupos	759,194	70	10,846		
Total	864,319	71			

Tabla 18. Análisis paramétrico de Anova para plantones.

Análisis de normalidad Prueba de Kolmogorov-Smirnov tabla 20 Puesto que el p-valor es superior a 0.05, no hay diferencia estadísticamente significativa entre las medianas a un nivel de confianza del 95.0%. por ende, las muestras tienen normalidad

		NitrogenoNTal	FosforoPTal	DBO5	TemperaturaC	CE	STD
N		18	18	18	18	18	18
Parámetros normales ^{a,b}	Media	2,2872	9,8494	153,9444	11,1722	1,1617	580,8333
	Desviación típica	,98098	2,38774	62,91214	3,71401	,20468	102,34213
Diferencias más extremas	Absoluta	,226	,308	,328	,165	,132	,132
	Positiva	,226	,308	,328	,165	,132	,132
	Negativa	-,156	-,195	-,214	-,148	-,117	-,117
Z de Kolmogorov-Smirnov		,960	1,308	1,391	,701	,559	,559
Sig. asintót. (bilateral)		,315	,065	,042	,709	,914	,914
a. La distribución de contraste es la Normal.							
b. Se han calculado a partir de los datos.							

Tabla 19. para una muestra en el paquete estadístico SPSS 19.

Puesto que el p-valor del test F es superior a 0.05, no hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las variables DBO₅ Fosforo Total a un 95.0%. tabla 21

		Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
NitrogenoNTal	Inter-grupos	8,043	2	4,022	7,254	,006
	Intra-grupos	8,316	15	,554		
	Total	16,360	17			
FosforoPTal	Inter-grupos	11,341	2	5,670	,994	,393
	Intra-grupos	85,581	15	5,705		
	Total	96,922	17			
DBO5	Inter-grupos	4548,778	2	2274,389	,544	,592
	Intra-grupos	62736,167	15	4182,411		
	Total	67284,944	17			
CE	Inter-grupos	,333	2	,167	6,602	,009
	Intra-grupos	,379	15	,025		
	Total	,712	17			
STD	Inter-grupos	83358,250	2	41679,125	6,602	,009
	Intra-grupos	94698,250	15	6313,217		
	Total	178056,500	17			

Tabla 20. Análisis paramétrico de Andeva en el paquete estadístico SPSS 19.

	Tratamiento	N	Rango promedio
NitrogenoNTal	1,00	6	11,17
	2,00	6	4,08
	3,00	6	13,25
	Total	18	
FosforoPTal	1,00	6	7,58
	2,00	6	8,67
	3,00	6	12,25
	Total	18	

DBO5	1,00	6	9,42
	2,00	6	10,08
	3,00	6	9,00
	Total	18	
STD	1,00	6	6,50
	2,00	6	7,67
	3,00	6	14,33
	Total	18	
CE	1,00	6	6,50
	2,00	6	7,67
	3,00	6	14,33
	Total	18	

Tabla 21. Análisis no paramétrico Prueba de Kruskal-Wallis paquete estadístico SPSS

Puesto que el p-valor es inferior a 0.05, hay diferencia estadísticamente significativa entre las medianas de N total, Sólidos Totales, CE a un nivel de confianza del 95.0%.

	NitrogenoNTal	FosforoPTal	DBO5	STD	CE
Chi-cuadrado	10,044	2,543	,129	7,583	7,583
gl	2	2	2	2	2
Sig. asintót.	,007	,280	,938	,023	,023
a. Prueba de Kruskal-Wallis					
b. Variable de agrupación: Tratamiento					

Tabla 22. Análisis de kruskal-wallis

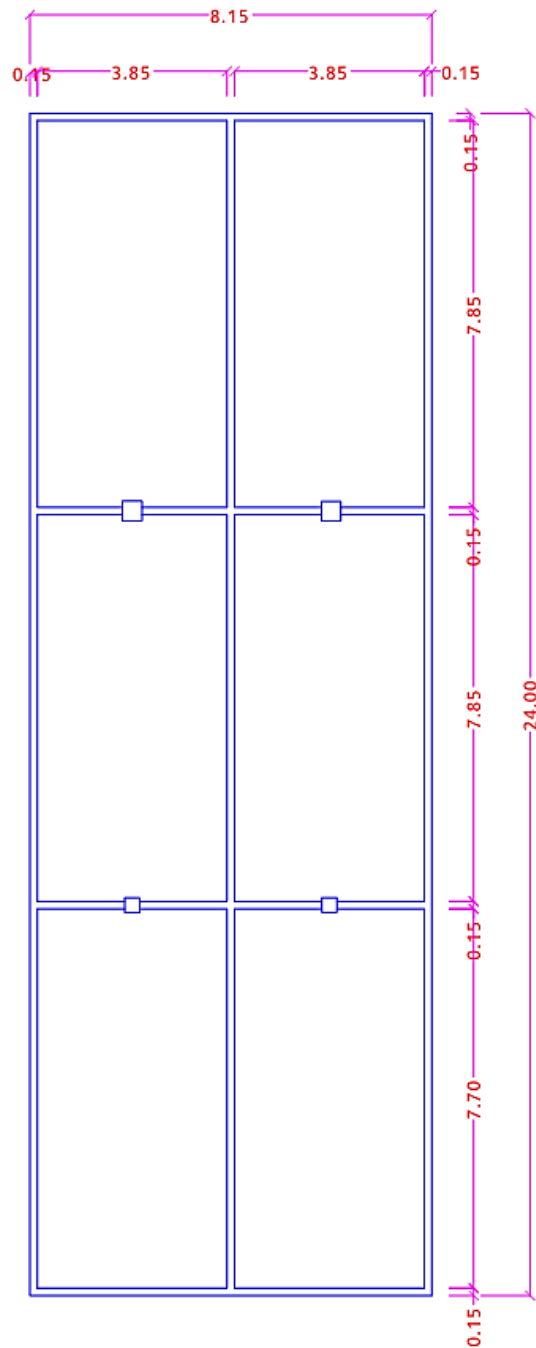


Figura 17. Plano del sistema de tratamiento De agua residual etapa secundaria



Figura 18. Sistema de tratamiento de agua residual etapa primaria y secundaria con cubierta para las bajas temperaturas.



Figura 19. Sistema de tratamiento de agua residual etapa secundaria con en donde se aprecia las densidades de siembra.



Figura 20. Sistema de tratamiento de agua residual etapa terciaria.



Figura 21. Capacitación a los beneficiarios después de concluida la obra



MINISTERIO DE AGRICULTURA
INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACION AGRARIA
LABORATORIO DE ANALISIS
ESTACION EXPERIMENTAL ILLPA - PUNO
ANEXO SALCEDO
Of. Principal: Av La Molina 1981 - La Molina Lima



CERTIFICADO DE ANALISIS N° 966-2011

SOLICITANTE	: DESCO.
INTERESADO	: Tés. Miguel Angel Flores Choque.
DIRECCION	:
PROCEDENCIA	: Arequipa.
LUGAR	: Humacollo.
MUESTRA	: Agua.
N° MUESTRAS	: 06.
TIPO DE ANALISIS	: Varios.
FECHA DE RECEPCIÓN	: 17 de Octubre del 2011.
FECHA DE CERTIFICACIÓN	: 21 de Octubre del 2011.
MUESTREO	: Interesado.

Clave Laboratorio	Clave Usuario	Temperatura °C	CE mmhos/cm	Nitrogeno Total %	P ppm	DBO ₅ mg/Lit
966	A2DA	12,40	0,995			105
967	A1D2	12,20	1,129			107
968	E	12,20	1,095			106
969	A2DA	12,20	0,926	2,20	9,00	
970	E	12,30	0,983	2,02	9,64	
971	A1D2	12,30	1,178	2,00	8,99	

Métodos utilizados en el Laboratorio:

- 1.- Methods of analysis for soils, plants and waters. University of California, Division of Agricultural Sciences E.U.A. Sexta reimpression, Octubre 1988. 195p.
 - 2.- UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. 1996. Soil survey laboratory methods manual. Soil Survey Investigations Report N° 42. version 3.0 Washington DC, USA, 693p.
- Determinación de pH Potenciometro Calomelano (electrodos de vidrio).
 Determinación de Conductividad Electrica Conductimetro de tres anillos.
 Determinación de SDT Electrometrico.
 Determinación de Nitrógeno Total Kjeldahl.
 Determinación de Nitrógeno Orgánico Kjeldahl.
 Determinación de Nitratos Kjeldahl..
 Determinación de Nitritos Espectrofotómetro UV.
 Determinación de Grasas y Aceites Sholet.
 Determinación de DBO Oxitop

Conclusiones:

La muestra analizada de Agua CUMPLE con los requisitos de documentos referenciales.

Nota:

Cualquier corrección y/o enmendadura anula al presente documento. (El informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo).



INIA
ESTACION EXPERIMENTAL ILLPA - PUNO

Ing° JORGE CANTHUA ROJAS
Jefe Laboratorio Análisis
SALCEDO

Prohibida la reproducción total o parcial, por cualquier medio sin el permiso del Laboratorio..

ILLPA : Carretera Puno - Juliaca , Km. 22 Telf. (051) 62-2779
 PUNO (Sede): Rinconada de Salcedo, Telefax (051) 36-3812, Cel. (051) 62-2760



MINISTERIO DE AGRICULTURA
INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACION AGRARIA
LABORATORIO DE ANALISIS
ESTACION EXPERIMENTAL ILLPA - PUNO
ANEXO SALCEDO
Of. Principal: Av La Molina 1981 - La Molina Lima



SOLICITANTE
INTERESADO
DIRECCION
PROCEDENCIA
LUGAR
MUESTRA
N° MUESTRAS
TIPO DE ANALISIS
FECHA DE RECEPCIÓN
FECHA DE CERTIFICACIÓN
MUESTREO

CERTIFICADO DE ANALISIS N° 949-2011

: DESCO.
: Tés. Miguel Angel Flores Choque.
:
: Arequipa.
: Humacollo.
: Agua.
: 06.
: Varios.
: 03 de Marzo del 2011.
: 10 de Marzo del 2011.
: Interesado.

Clave Laboratorio	Clave Usuario	Temperatura °C	CE mmhos/cm	Nitrogeno Total %	P ppm	DBO ₅ mg/Lit
949	M6D1	17,90	0,974	1,98	8,80	
950	M1	17,80	0,901			106
951	M2	17,60	0,955	2,10	9,66	
952	M3D2	17,80	0,894			180
953	M4D2	17,70	0,882	2,08	9,68	
954	M5D1	17,80	0,930			164

Métodos utilizados en el Laboratorio:

- 1.- Methods of analysis for soils, plants and waters. University of California, Division of Agricultural Sciences E.U.A. Sexta reimpression, Octubre 1988. 195p.
 - 2.- UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. 1996. Soil survey laboratory methods manual. Soil Survey Investigations Report N° 42. version 3.0 Washington DC, USA. 693p.
- Determinación de pH Potenciometro Calomelano (electrodos de vidrio).
Determinación de Conductividad Electrica Conductimetro de tres anillos.
Determinación de SDT Electrometrico.
Determinación de Nitrógeno Total Kjeldahl.
Determinación de Nitrógeno Orgánico Kjeldahl.
Determinación de Nitratos Kjeldahl.
Determinación de Nitritos Espectrofotómetro UV.
Determinación de Grasas y Aceites Sholet.
Determinación de DBO Oxitop

Conclusiones:

La muestra analizada de Agua CUMPLE con los requisitos de documentos referenciales.

Nota:

Cualquier corrección y/o enmendadura anula al presente documento. (El informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo).



INIA
ESTACION EXPERIMENTAL ILLPA - PUNO

Ing° JORGE CANIHUA ROJAS
Jefe Laboratorio Analisis
SALCEDO

Prohibida la reproducción total o parcial, por cualquier medio sin el permiso del Laboratorio.

ILLPA : Carretera Puno - Juliaca , Km. 22 Telf. (051) 62-2779
PUNO (Sede): Rinconada de Salcedo, Telefax (051) 36-3812 Cel. (051) 62-2760



LABORATORIO DE ANALISIS
ESTACION EXPERIMENTAL ILLPA - PUNO
ANEXO SALCEDO
Of. Principal: Av La Molina 1981 - La Molina Lima



CERTIFICADO DE ANALISIS N° 931-2010

SOLICITANTE	: DESCO.
INTERESADO	: Tes. Miguel Angel Flores Choque
DIRECCIÓN	:
PROCEDENCIA	: Arequipa.
LUGAR	: Cabanaconde.
N° MUESTRAS	: 06.
PRDUCTO	: Agua.
TIPO DE ANALISIS	: Varios.
FECHA DE RECEPCIÓN	: 05 de Noviembre del 2010.
FECHA DE CERTIFICACIÓN	: 11 de Diciembre del 2010.

Clave Laboratorio	Clave Usuario	Temperatura °C	CE mmhos/cm	Nitrogeno Total %	P mg/lit	DBO ₅ mg/lit
931	A1	7,60	0,969			180
932	A2			2,00	10,20	
933	E3D1			2,10	10,00	
934	E4D1	7,30	1,011			280
935	E5D2	7,20	1,067	2,00	18,60	280

Referencias:

- 1.- Methods of analysis for soils, plants and waters. University of California, División of Agricultural Sciences E.U.A. Sexta reimpresión, Octubre 1988. 195p.
 - 2.- UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. 1996. Soil survey laboratory methods manual. Soil Survey Investigations Report N° 42. version 3.0 Washington DC, USA, 693p.
- Determinación de pH Potenciometro Calomelano (electrodos de vidrio).
 Determinación de Conductividad Eléctrica Conductimetro de tres anillos.
 Determinación de Calcio EDTA (método del versenato con Eriocromo Negro).
 Determinación de magnesio EDTA (método del versenato con Erio cromo Negro).
 Determinación de Carbonatos Fenoltaleina Titulación Con Ácido Sulfúrico.
 Determinación de Bicarbonatos Anaranjado de metilo.

Conclusiones:

La muestra analizada de Agua CUMPLE con los requisitos de documentos referenciales.

Nota :

Cualquier corrección y/o enmendadura anula al presente documento. (El informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo).

Observaciones:

Ninguna.



ING^o JORGE CANIHUA ROJAS
Jefe Laboratorio Análisis
SALCEDO

Prohibida la reproducción total o parcial, por cualquier medio sin el permiso del Laboratorio.

ILLPA : Carretera Puno - Juliaca , Km. 22 Telf. (051) 62-2779
 PUNO (Sede): Rinconada de Salcedo, Telefax (051) 36-3812 Cel. (051) 62-2760
 e-mail : illpa@inia.gob.pe, illpa@inia.gob.pe j.canihua@hotmail.com



MINISTERIO DE AGRICULTURA
INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACION AGRARIA
LABORATORIO DE ANALISIS
ESTACION EXPERIMENTAL ILLPA - PUNO
ANEXO SALCEDO
Of. Principal: Av La Molina 1981 - La Molina Lima



CERTIFICADO DE ANALISIS N° 936-2010

SOLICITANTE	: DESCO.
INTERESADO	: Tes. Miguel Angel Flores Choque
DIRECCIÓN	:
PROCEDENCIA	: Arequipa.
LUGAR	: Cabanaconde.
N° MUESTRAS	: 06.
PRDUCTO	: Agua.
TIPO DE ANALISIS	: Varios.
FECHA DE RECEPCIÓN	: 22 de Noviembre del 2010.
FECHA DE CERTIFICACIÓN	: 26 de Noviembre del 2010.

Clave Laboratorio	Clave Usuario	Temperatura °C	CE mmhos/cm	Nitrogeno Total %	P ppm	DBO ₅ mg/lit
936	A1	7,60	0,929			188
937	A2			2,00	10,00	
938	ED1	7,50	0,924			200
939	ED1			2,40	16,00	
940	ED2	7,80	0,990			240
941	ED2			2,00	14,60	

Referencias:

- 1.- Methods of analysis for soils, plants and waters. University of California, División of Agricultural Sciences E.U.A. Sexta reimpresión, Octubre 1988. 195p.
 - 2.- UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. 1996. Soil survey laboratory methods manual. Soil Survey Investigations Report N° 42. version 3.0 Washington DC, USA, 693p.
- Determinación de pH Potenciómetro Calomelano (electrodos de vidrio).
 Determinación de Conductividad Eléctrica Conductímetro de tres anillos.
 Determinación de Calcio EDTA (método del versenato con Eriocromo Negro).
 Determinación de magnesio EDTA (método del versenato con Erio cromo Negro).
 Determinación de Carbonatos Fenoltaleina Titulación Con Ácido Sulfúrico.
 Determinación de Bicarbonatos Anaranjado de metilo.

Conclusiones:

La muestra analizada de Agua CUMPLE con los requisitos de documentos referenciales.

Nota:

Cualquier corrección y/o enmendadura anula al presente documento. (El informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo).

Observaciones:

Ninguna.



INIA
ESTACION EXPERIMENTAL ILLPA - PUNO

Ing° JORGE CANIHUA ROJAS
Jefe Laboratorio Análisis
SALCEDO

Prohibida la reproducción total o parcial, por cualquier medio sin el permiso del Laboratorio.

ILLPA : Carretera Puno - Juliaca , Km. 22 Telf. (051) 62-2779
 PUNO (Sede): Rinconada de Salcedo, Telefax (051) 36-3812 Cel. (051) 62-2760



ESTACION EXPERIMENTAL ILLPA - PUNO
ANEXO SALCEDO
Of. Principal: Av La Molina 1981 - La Molina Lima



CERTIFICADO DE ANALISIS N° 974-2011

SOLICITANTE	: DESCO.
INTERESADO	: Tés. Miguel Angel Flores Choque.
DIRECCION	:
PROCEDENCIA	: Arequipa.
LUGAR	: Humacollo.
MUESTRA	: Agua.
N° MUESTRAS	: 06.
TIPO DE ANALISIS	: Varios.
FECHA DE RECEPCIÓN	: 19 de Octubre del 2011.
FECHA DE CERTIFICACIÓN	: 24 de Octubre del 2011.
MUESTREO	: Interesado.

Clave Laboratorio	Clave Usuario	Temperatura °C	CE mmhos/cm	Nitrogeno Total %	K ppm	DBO ₅ mg/Lit
974	A1	12,40	1,250			106
975	ED2	12,40	1,266			107
976	EDA	12,40	1,219			104
977	A2	12,30	1,254	2,10	10,16	
978	ED2	12,40	1,250	2,08	14,85	
979	ED2	12,60	1,256	2,10	10,94	

Métodos utilizados en el Laboratorio:

- 1.- Methods of analysis for soils, plants and waters. University of California, Division of Agricultural Sciences E.U.A. Sexta reimpression, Octubre 1988. 195p.
 - 2.- UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. 1996. Soil survey laboratory methods manual. Soil Survey Investigations Report N° 42. version 3.0 Washington DC, USA, 693p.
- Determinación de pH Potenciómetro Calomelano (electrodos de vidrio).
 Determinación de Conductividad Electrica Conductimetro de tres anillos.
 Determinación de SDT Electrometrico.
 Determinación de Nitrógeno Total Kjeldahl.
 Determinación de Nitrógeno Orgánico Kjeldahl.
 Determinación de Nitratos Kjeldahl..
 Determinación de Nitritos Espectrofotómetro UV.
 Determinación de Grasas y Aceites Sholet.
 Determinación de DBO Oxitop
 Determinación de Potasio Fotometro de Llama.

Conclusiones:

La muestra analizada de Agua CUMPLE con los requisitos de documentos referenciales.

Nota:

Cualquier corrección y/o enmendadura anula al presente documento. (El informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo).



INIA
ESTACION EXPERIMENTAL ILLPA - PUNO

Ing° JORGE CANIHUA ROJA
Jefe Laboratorio Análisis
SALCEDO

Prohibida la reproducción total o parcial, por cualquier medio sin el permiso del Laboratorio..

ILLPA : Carretera Puno - Juliaca , Km. 22 Telf. (051) 62-2779
 PUNO (Sede): Rinconada de Salcedo, Telefax (051) 36-3812 Cel. (051) 62-2760
 e-mail : illpa@inia.gob.pe, j.canihua@hotmail.com





ANEXO SALCEDO
Of. Principal: Av La Molina 1981 - La Molina Lima



CERTIFICADO DE ANALISIS N° 980-2011

SOLICITANTE	: DESCO.
INTERESADO	: Tés. Miguel Angel Flores Choque.
DIRECCION	:
PROCEDENCIA	: Arequipa.
LUGAR	: Humacollo.
MUESTRA	: Agua.
N° MUESTRAS	: 06.
TIPO DE ANALISIS	: Varios.
FECHA DE RECEPCIÓN	: 24 de Octubre del 2011.
FECHA DE CERTIFICACIÓN	: 27 de Octubre del 2011.
MUESTREO	: Interesado.

Clave Laboratorio	Clave Usuario	Temperatura °C	CE mmhos/cm	Nitrogeno Total %	K ppm	DBO ₅ mg/Lit
980	ED2	12,70	1,265			105
981	EDA	12,60	1,281			108
982	A2	12,70	1,265			107
983	ED2	12,70	1,260	2,00	12,12	
984	EDA	12,90	1,255	2,24	7,03	
985	A	12,60	1,270	2,06	11,33	

Métodos utilizados en el Laboratorio:

- 1.- Methods of analysis for soils, plants and waters. University of California, Division of Agricultural Sciences E.U.A. Sexta reimpression, Octubre 1988. 195p.
 - 2.- UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. 1996. Soil survey laboratory methods manual. Soil Survey Investigations Report N° 42. version 3.0 Washington DC, USA, 693p.
- Determinación de pH Potenciómetro Calomelano (electrodos de vidrio).
 Determinación de Conductividad Electrica Conductimetro de tres anillos.
 Determinación de SDT Electrometrico.
 Determinación de Nitrógeno Total Kjeldahl.
 Determinación de Nitrógeno Orgánico Kjeldahl.
 Determinación de Nitratos Kjeldahl..
 Determinación de Nitritos Espectrofotómetro UV.
 Determinación de Grasas y Aceites Sholet.
 Determinación de DBO Oxitop
 Determinación de Potasio Fotometro de Llama.

Conclusiones:

La muestra analizada de Agua CUMPLE con los requisitos de documentos referenciales.

Nota:

Cualquier corrección y/o enmendadura anula al presente documento. (El informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo).



INIA
ESTACION EXPERIMENTAL ILLPA - PUNO
[Firma]
Ing° JORGE CANIHUA ROJAS
Jefe Laboratorio Análisis
SALCEDO

Prohibida la reproducción total o parcial, por cualquier medio sin el permiso del Laboratorio..

ILLPA : Carretera Puno - Juliaca , Km. 22 Telf. (051) 62-2779
 PUNO (Sede): Rinconada de Salcedo, Telefax (051) 36-3812 Cel. (051) 62-2760
 e-mail : illpa@inia.gob.pe, j.canihua@hotmail.com

