

DOI: <https://doi.org/10.56712/latam.v3i2.150>

Fitodepuración de efluentes industriales

Phytodepuration of Industrial Effluents

Antonella Britos Agüero

Universidad Nacional de Pilar
antubritosaguero@gmail.com
Pilar – Paraguay

Artículo recibido: 20 de octubre 2022. Aceptado para publicación: 7 de noviembre de 2022.
Conflictos de Interés: Ninguno que declarar.

Resumen

La realización del proyecto se basa en la necesidad de tomar medidas a fin de evitar posibles deterioros ambientales que podrían ser ocasionados por el vertimiento de aguas residuales industriales en el arroyo Ñeembucú y el Río Paraguay. El objetivo general de la investigación es diseñar un sistema funcional de tratamiento de aguas residuales industriales basado en la aplicación de la fitodepuración, teniendo en cuenta la problemática local del vertido de efluentes industriales al Río Paraguay, con ello se beneficiaría directamente a la población pilarense en general y de forma indirecta a los pobladores quienes se encuentran aguas abajo de la industria. Para llevar a cabo este proyecto, inicialmente se estudió el efluente, luego se seleccionaron las especies macrófitas depuradoras dónde mediante la fase de pre experimentación, se determina la eficiencia y resistencia de cada especie y la compatibilidad con los factores ambientales y el agua residual. Finalmente se realizaron las fases de diseño, construcción, puesta en marcha y seguimiento de la unidad piloto. Cabe destacar que el diseño y estructura, y aspectos técnicos del humedal están sustentados en parámetros establecidos, cálculos matemáticos y datos constantes para la posible realización de esta propuesta. Los objetivos propuestos fueron plenamente alcanzados, al diseñar un sistema de tratamiento de aguas residuales industriales a escala piloto, se identificaron especies nativas potenciales determinando su eficacia, eficiencia y viabilidad como depuradoras. Con todo lo dicho se propone un sistema de tratamiento de efluentes industriales innovador, económico, sustentable y viable.

Palabras clave: humedal, fitodepuración, macrófitas, efluente

Todo el contenido de **LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades**, publicados en este sitio está disponibles bajo Licencia [Creative Commons](#) 

Como citar: Britos Agüero, A. (2022). Fitodepuración de efluentes industriales. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, 3(2), 805-816
<https://doi.org/10.56712/latam.v3i2.150>

Abstract

The realization of the project is based on the need to take measures in order to avoid possible environmental deterioration that could be caused by the dumping of industrial wastewater in the Ñeembucú stream and the Paraguay River. The general objective of the research is to design a functional industrial wastewater treatment system based on the application of phytodepuration, taking into account the local problem of the discharge of industrial effluents into the Paraguay River, thereby directly benefiting the population of Pilar in general and indirectly to the inhabitants who are downstream of the industry. To carry out this project, the effluent was initially studied, then the sewage treatment macrophyte species were selected where, through the pre-experimentation phase, the efficiency and resistance of each species and the compatibility with environmental factors and residual water are determined. Finally, the phases of design, construction, commissioning and monitoring of the pilot unit were carried out. It should be noted that the design and structure, and technical aspects of the wetland are supported by established parameters, mathematical calculations and constant data for the possible realization of this proposal. The proposed objectives were fully achieved, when designing an industrial wastewater treatment system on a pilot scale, potential native species were identified, determining their effectiveness, efficiency and viability as treatment plants. With all that said, an innovative, economical, sustainable and viable industrial effluent treatment system is proposed.

Keywords: wetland, phytodepuration, macrophytes, effluent

FITODEPURACIÓN DE EFLUENTES INDUSTRIALES

El departamento de Ñeembucú es la ecorregión con la diversidad de humedales más valiosa del país, sin embargo, el crecimiento de una industria de la localidad genera preocupaciones en la comunidad Pilarense, ya que esta vierte sus efluentes al Río Paraguay, la cual de no ser tratada correctamente podría alterar negativamente la calidad de los recursos hídricos de la localidad. Por ello se presenta este proyecto con el fin de introducir en la sociedad un diseño funcional de tratamiento de efluentes, basado en métodos biotecnológicos no convencionales e innovadores de fitodepuración de contaminantes hídricos.

Explotar sosteniblemente las macrófitas de los humedales del Ñeembucú para mitigar los posibles impactos ambientales de los cauces hídricos de la comunidad se presta totalmente ventajoso para la sociedad, por lo que primeramente se procede a identificar las especies nativas potenciales para la depuración de vertidos industriales, por consiguiente, se procede a analizar la capacidad depuradora de las especies seleccionadas mediante la utilización de un humedal piloto, y su posterior verificación tras resultados de laboratorio, en donde se determinará la eficacia, eficiencia, y viabilidad del sistema mediante el diseño a escala piloto, por lo que se propone su implementación en la ciudad de Pilar departamento de Ñeembucú en la República del Paraguay.

La metodología de la investigación es netamente experimental, el tipo de investigación es cualitativa y cuantitativa, el trabajo fue desarrollado mediante investigaciones bibliográficas, visitas técnicas, y fases experimentales. Se describen detalladamente el tema, se identifican los problemas claves, se plantea los objetivos del trabajo, se presenta la población beneficiada, la localización física de implementación del sistema, los recursos y presupuestos necesarios y por sobre todo los indicadores de evaluación y monitoreo del humedal que permitan arrojar datos sobre la factibilidad de la tecnología a ser implementada.

MÉTODO

El presente trabajo pretende introducir e implementar la biotecnología aplicada en el ámbito de la ciudad y al mismo tiempo fomentar su uso y aplicación en el país, para atenuar los efectos negativos de la contaminación de los recursos hídricos, aplicando métodos innovadores y no convencionales, dado que los mismos presentan resultados positivos en el logro de la depuración de las aguas, además de su bajo costo, la facilidad para su operativización y la evidente condición de sustentabilidad.

Una de las alternativas al proceso de depuración de las aguas contaminadas, constituye la aplicación de la fitorremediación, la cual, es una técnica de la biorremediación que utiliza la asociación simbiótica de plantas macrófitas y las bacterias que en sus raíces se encuentran; este método resulta prometedor y adaptable al ambiente de humedales del Ñeembucú.

Dado que la ciudad no cuenta con tecnologías depuradoras para vertidos de efluentes se pretende evaluar la eficiencia, eficacia y viabilidad del tratamiento de aguas residuales de origen industrial mediante la fitodepuración a través de los estudios realizados dentro de un humedal piloto previa a la identificación de especies nativas de macrófitas con potencial depurador. Posteriormente, proceder al diseño e implementación de un esquema funcional de sistema de tratamiento biotecnológico a escala piloto, recomendable a escala real para uso en industrias de la ciudad.

Previo a investigaciones bibliográficas, se llevaron a cabo:

- Prácticas y pruebas experimentales para la selección de especies de depuración. Y la posterior aclimatación de las mismas.
- Seguidamente se realiza el diseño del sistema e instalación del humedal a escala piloto en el predio del Laboratorio de Ecología Básica y Aplicada de la Universidad Nacional de Pilar.
- Puesta en marcha del humedal piloto con macrófitas correspondientes, y dosificación del efluente crudo al 15% durante 7 días, hasta completar la totalidad.
- Con los datos obtenidos de los análisis laboratoriales del efluente saliente del sistema piloto, se realiza el a cálculos correspondientes para el posterior diseño del sistema de depuración a escala real.

La metodología de la investigación fue experimental, luego de recabar datos bibliográficos, se procedió a recolectar especies macrófitas para analizar resistencia y capacidad depuradora ante el efluente industrial.

Modelo General del Diseño: La construcción del humedal requiere tener en cuenta algunos aspectos importantes para su diseño y construcción:

- Caudal de entrada: Es el volumen que pasa por una determinada sección transversal en una unidad de tiempo. El caudal se determina mediante la relación del volumen por tiempo.
- Tener en cuenta las características del contaminante: los parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en el agua residual.
- Selección de los macrófitas: para esto, es importante tener en cuenta las condiciones ambientales y características de la vegetación de la zona, también determinar los resultados deseados, ya que cada especie se adapta a fines específicos.

Los criterios a tener en cuenta para la selección de las especies utilizadas fueron: La resistencia de las especies ante las propiedades del efluente industrial, potencial depurador, potencial clarificante, disponibilidad en el entorno, y fácil uso y control.

Previo a investigaciones bibliográficas se seleccionaron a las especies *Eichornia Crassipes* por su potencial purificador, y a la *Salvinia* por su potencial clarificante, estas también cumplen con los demás criterios mencionados. Para comprobar su eficacia, eficiencia, y viabilidad fue sometida al proceso de aclimatación gradual con el efluente en cuestión variando en porcentajes de concentración (30%, 50% y 100%), para determinar su comportamiento ante condiciones ambientales un grupo de especies fue aclimatado bajo techo, y otro a la intemperie. Los resultados fueron totalmente satisfactorios ya que demostraron ser óptimos para el trabajo.

- d) Dimensión del Humedal: es relativo a la cantidad, características y exigencias del efluente.
- e) Diseño Hidráulico: El diseño hidráulico de un humedal artificial es crítico para el éxito de su rendimiento. Para diseñar el humedal artificial se deben tener en cuenta los siguientes puntos.
 - o Cálculo del caudal de diseño.
 - o Estimación del tiempo de retención con el modelo general de diseño.
 - o Determinación del área necesaria para la remoción de DBO, de Nitrógeno y de Sólidos Suspendidos.
 - o Elección del área definitiva y posterior cálculo de las dimensiones para el humedal artificial a escala real.
 - o Fijación del factor de escala para guardar la relación entre las dimensiones del humedal artificial real y el piloto. A continuación, se detallan los pasos a seguir para determinar el diseño y construcción del humedal mediante las siguientes operaciones

Las especies *Eichhornia Crassipes* y *Salvinia Ssp* fueron seleccionadas, se utilizaron 25 individuos de la primera y 20 individuos de la segunda.

Se dispuso en un fitodepurador a escala 1:90, con los siguientes datos:

Q: 9.7 ml/min,

Largo: 0.45 metros,

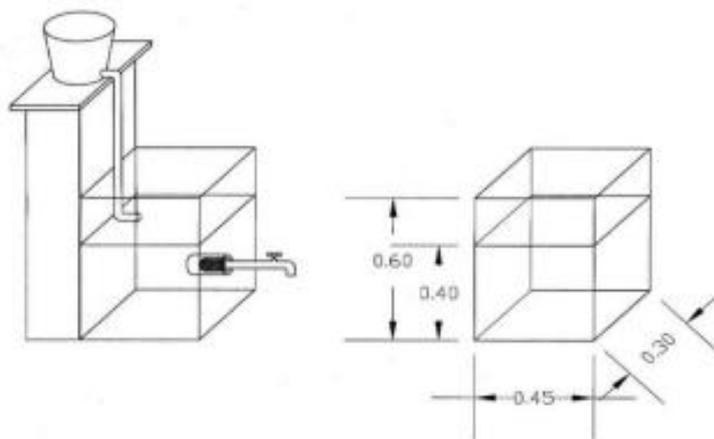
Ancho = 0.30 metros,

Profundidad = 0.40 metros,

TRH: 2 días.

Figura 1

Plano del Humedal Artificial a Escala 1:90



Fuente: Ocampo, 2018

Posteriormente se diseñó un humedal artificial con dimensiones necesarias para ser ejecutado a escala real.

Los criterios de selección de macrófitas, se basan en aspectos técnicos, ambientales, económicos, sociales y por sobre todo experimentales. Los criterios a tener en cuenta para la selección de las especies utilizadas fueron: La resistencia de las especies ante las propiedades del efluente industrial, el potencial depurador, el potencial como clarificante, disponibilidad en el entorno, y fácil uso y control. Todos estos demostrables mediante experimentaciones, en la fase de prueba y error. Se identificaron como especies nativas potenciales para el tratamiento a las especies *Eichornia Crassipes* por su capacidad purificadora, y a la *Salvinia* por su potencial clarificante, estas fueron aprobadas en la experimentación, y seleccionadas por cumplir con todos los criterios mencionados.

Para el humedal piloto se dispuso la utilización estratégica de:

- *Eichornia crassipes*: 25 individuos
- *Salvia Ssp*: 20 individuos. Estas, en constante control, ya que se reproducen con rapidez, el rango mantenido de individuos por especie fue el mencionado.

Los indicadores de evaluación de las propiedades del efluente serán determinados por los parámetros de calidad de agua establecidos en la Resolución 222/02 del MADES – Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible de la República del Paraguay, pero los parámetros considerados más relevantes para el estudio a nivel internacional son los que siguen:

Temperatura Ambiente, Temperatura del Agua, Conductividad, T.D.S., Salinidad, pH, Oxígeno Disuelto, % Saturación, Turbidez, Olor, D.Q.O, D.B.O y Color que serán registradas en una planilla de datos cada vez que sean realizados los análisis laboratoriales.

RESULTADOS

La Res. 222/02 del Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible – MADES del Paraguay, establece el padrón de calidad de agua del territorio Nacional, dónde se determinan los parámetros físico – químicos a tener en cuenta para la disposición final del agua.

Tabla 1

Capacidad Depuradora: Eficacia, eficiencia, y viabilidad de las macrófitas en el humedal piloto

Parámetros	MUESTRA N° 1: Efluente industrial			
	Muestra N° 2: salida agua tratada Humedal artificial			
	M N°1		M N° 2	
Fecha	06-sep	19-sep	20-sep	25-sep
T. Ambiente	21,5	21,5	23,7	22,9
T. Agua	28,5	22,3	22,5	21,9
Conductividad	1751	152,3	164,3	193,9
T.D.S	859	72	78	93
Salinidad	0,9	0,1	0,1	0,1
p.H	8,384	6,461	6,229	6,125
Oxígeno Disuelto	°	2,82	3,29	2,9
% Saturación	17,2	32,6	36,3	32,2
Turbidez	44	1	1	2
Olor	Fétido	Aceptable	Aceptable	Aceptable
D.Q.O	617	50	57	52
D.B.O	69,6	0,38	0,57	0,16
Color	Azul	5	5	3

Datos facilitados por el LEBA (Laboratorio de Ecología Básica y Aplicada de la Facultad de Ciencias Agropecuarias – UNP)

Se puede apreciar mediante los resultados laboratoriales los cambios positivos de gran importancia producidos en el efluente mediante la fitodepuración en tan solo 19 días. Demostrando así la eficacia, eficiencia y viabilidad del sistema a escala piloto. A continuación, se describen los cambios más significativos de concentración en los parámetros de calidad de agua:

- Conductividad: El límite admisible de este es de 1250, se puede apreciar que el dato obtenido del efluente crudo supera ampliamente este valor, siendo de 1751 $\mu\text{s}/\text{cm}$, el límite recomendado es ≥ 400 . Este redujo sus valores a tan solo 193,9 $\mu\text{s}/\text{cm}$. Se encuentra por debajo del límite recomendado, no obstante, se clasifica al efluente en CLASE I.
- Sólidos Totales Disueltos (STD): el límite admisible de STD es de 1000mg/l, el valor recomendado es $\leq 1000\text{mg}/\text{l}$. De 859 mg/l el valor de este parámetro se redujo a 93 mg/l, restando al resultado inicial 766 mg/l. Como resultado de este parámetro se clasifica al efluente en CLASE I.
- Salinidad: El límite admisible de este parámetro es de 0.5% y el recomendable es de 0.0%, en la muestra inicial el efluente presentaba 0.9 su porcentaje de salinidad, el resultado final arroja 0.1% del mismo, cuyo valor está bastante aproximado al límite recomendado. Clasificando a este efluente en CLASE I.
- pH: En la muestra del efluente industrial crudo, se obtienen resultados de 8,384 de este parámetro, siendo este alcalino, el resultado final del análisis determina valores de 6,125 de Ph resultando este un tanto ácido, se encuentra dentro del límite recomendado el cual radica de 6,5 a 8,5. El resultado final, clasifica al efluente en CLASE I para aguas superficiales.
- Turbidez: según el análisis del efluente crudo, este presenta 44 NTU cuyo límite admisible es tan solo de 5 NTU, el resultado inicial se encuentra significativamente por encima del límite admisible, el resultado final de análisis del efluente presenta tan solo 2 NTU, el valor recomendado es de 1 NTU para este parámetro. Según resultados de este parámetro se clasifica al efluente en CLASE I.
- D.Q.O: Es uno de los parámetros más importantes que determina el nivel de contaminación del agua, el resultado inicial detecta 617mg/l de este, en el resultado final se observa 52mg/l de D.Q.O disminuyendo ampliamente este parámetro, el límite admisible de este para ser vertido al cauce receptor es de 150mg/l.
- D.B.O: Lo ideal en cuanto a este parámetro es tener una concentración igual o menor a 50mg/l. La concentración inicial de este es 69,9 mg/l, el resultado final presenta 0.16 mg/l. Se denota ampliamente la reducción de concentración en la demanda biológica de oxígeno. CLASE I.

Propuesta de implementación del prototipo de sistema de depuración a escala Real

El diseño del humedal a escala real se determina en relación al área necesaria para remoción de DBO y DQO.

Mediante los resultados obtenidos del sistema a escala piloto, se procede a los cálculos matemáticos para determinación de las dimensiones que debe constar el sistema de tratamiento a escala real.

Se diferencian tres fases de construcciones que deberán constar de las siguientes medidas:

Tanques de Carbón Activado: Este se precisa a fin de retener contaminantes orgánicos.

- L: 13,76 m.
- A: 2 m
- P: 40 cm

Humedal Artificial: El humedal propiamente dicho, donde se realiza la purificación del efluente.

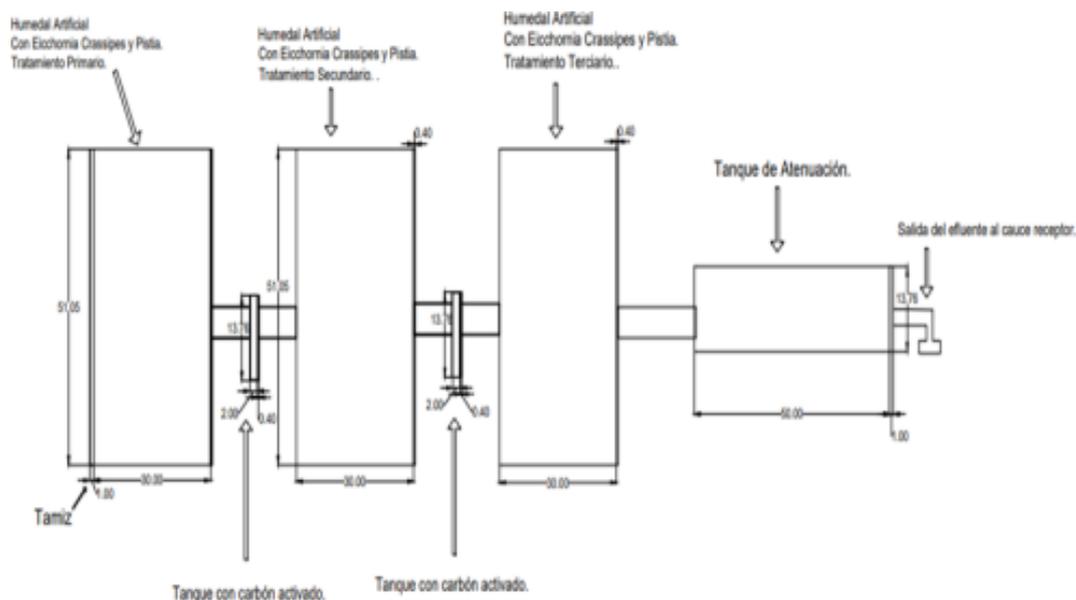
- L: 50m.
- A: 30m.
- P: 40 cm.

Tanque de atenuación: Este cumple la finalidad de estabilizar la temperatura del agua previo al vertido al cauce receptor.

- L: 13,76m.
- A: 50m.
- P: 1m.

Figura 2

Esquema del prototipo de sistema de depuración a escala real



DISCUSIÓN

Con la elaboración del proyecto fitodepuración de efluentes industriales, el principal eje de acción fue la depuración del efluente industrial de la ciudad a través de la implementación de un sistema de depuración innovador no convencional, biológico y de bajo costo, mediante la ejecución de un prototipo de humedal artificial y el efecto depurador de las macrófitas sobre cuerpos de agua.

Las metas de la propuesta fueron alcanzadas en su totalidad, se logró la introducción de este método biotecnológico no convencional e innovador de depuración a la sociedad, mediante el mismo es posible además atenuar los efectos de la contaminación hídrica causada por vertidos de efluentes industriales, también se comprobó la eficacia, eficiencia, y viabilidad del sistema de tratamiento de aguas residuales con macrófitas, que se permiten evidenciar con el informe de los resultados obtenidos mediante análisis laboratoriales.

Los objetivos de la investigación fueron logrados satisfactoriamente, partiendo del objetivo general el cual fue implementar un humedal piloto como sistema funcional de tratamiento de aguas residuales industriales basado en la aplicación de la fitodepuración. Esto se logró mediante la acción de las macrófitas que fueron ideales para el tratamiento, lo cual favoreció las etapas del mismo. Se comprobó que es un sistema eficaz, eficiente y viable ya que en 19 días se obtuvieron resultados plenamente satisfactorios en cuanto a mejoras en la calidad del agua.

La riqueza de humedales naturales que caracteriza al departamento de Ñeembucú genera realce de índole social y cultural en la implementación de este sistema, por sobre todo al ser un método biológico de depuración que actúa de forma sostenible con los recursos disponibles resulta en impactos ambientales ampliamente positivos, en cuya utilización se garantiza plenamente la protección ambiental.

Con la finalización de este trabajo se puede determinar que los humedales artificiales son una tecnología viable para la depuración de aguas residuales, se puede destacar que las macrófitas utilizadas fueron idóneas para la experimentación ya que la *Eichhornia Crasipess* es una planta resistente, con altas propiedades depurativas y de fácil adquisición dada su abundancia en el departamento.

La *Salvinia*, también arrojó resultados muy positivos, su trabajo se caracteriza por su alta capacidad de clarificar el agua, y eso se pudo constatar mediante los resultados, además mostró alta resistencia ante los contaminantes presentes en el efluente, dado su pequeño volumen se pudo combinar de manera excelente con la *Eichhornia C.*, sus características de fácil acceso, condiciones de crecimiento y desarrollo fácilmente manejable, su resistencia y alta capacidad depuradora sin duda lo convierte en un recurso muy valioso que abunda en el departamento.

En conclusión.

- Las macrófitas utilizadas fueron idóneas para la experimentación.:
 - o La *Eichhornia C.* es una planta resistente, con altas propiedades depurativas y de fácil adquisición dada su abundancia en el departamento.
 - o La *Salvinia Ssp*, demostró: Su alta capacidad de clarificar el agua, alta resistencia ante los contaminantes presentes en el efluente, dado su pequeño volumen se pudo combinar de manera excelente con la *eichhornia*.
- El sistema de depuración efectivamente es:
 - o Innovador y no convencional,
 - o Sustentable, y
 - o Económico.
 - o Eficaz,
 - o Eficiente.
 - o Viable.
- Los humedales artificiales son una tecnología viable para la depuración de aguas residuales
- Se recomienda: Fomentar el uso y aplicación de tecnologías sostenibles no convencionales, Prestar interés en efectos de actividades que pueda poner en riesgo al medio ambiente; para la construcción: Realizar análisis de prueba y error, prever un sistema de entrada y salida de caudal óptimo, e implementar el humedal a la intemperie.

REFERENCIAS

Agencia de Protección Ambiental (EPA). (1988). Diseño manual de humedales cosechados y sistemas de plantas acuáticas para el tratamiento de aguas residuales municipales. Obtenido de <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyNET.EXE?ZyActionL=Register&User=anonymous&Password=anonymous&Client=EPA&Init=1>

Ávila, J., Castillo, D. A., y Zarate, W. S. (2000). Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*), alternativa para el tratamiento de agua dulce en producción acuícola. Obtenido de <http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/4695/1/7216.pdf>.

Beascoechea, E. d., Muñoz, J., y Fernández, M. D. (2015). Manual de Fitodepuración. Filtros de Macrófitas en Flotación. En E. d. Beascoechea, J. Muñoz, & M. D. Curt Fernández de la Mora, Manual de Fitodepuración. (págs. 13 - 29). Madrid: Fundación Global Nature.

Becares, E. (2016). Especies Invasoras en Humedales y su Relación con salud en zonas tropicales. . En U. d. Atlántico., Especies invasoras acuáticas y salud. (págs. 14 - 39). Barranquilla: Cytel.

Bustamante, G. (febrero de 2013). Seam intervino a Manufactura de Pilar por posible contaminación del río Paraguay. Obtenido de <http://www.ultimahora.com/>

Centro de Escritura Javeriano. (2018). Normas APA Sexta edición. Cali, Colombia: Pontificia Universidad Javeriana. seccional Cali.

Convenio Ramsar. (1975). Convención relativa a los humedales de importancia Internacional Especialmente como hábitad de especies acuáticas. Ramsar, Iran.

Delgadillo, A., Gonzalez, C. A., Prieto, F., Villagomez, J. R., y Acevedo, O. (2011). Fitorremediación: Una alternativa para eliminar la contaminación. En A. delgadillo, C. A.

Gonzalez, F. Prieto, J. R. Villagomez, & O. Acevedo, Tropical and Subtropical Agroecosystems, vol. 14, núm. 2, mayo-agosto, 2011 (págs. 597 - 612). Yucatan, Mexico.

Delgadillo, O., y Camacho, A. (2010). Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales. Cochabamba – Bolivia.:

Centro Andino para la Gestión y Uso del Agua (Centro AGUA). Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/48017573.pdf> Department of Agriculture, F. a. (22 de diciembre de 2013).

Queensland Government. Salvinia (*Salvinia* spp.). Recuperado de: <http://www.daff.qld.gov.au/plants/weeds-pest-animals-ants/weeds/a-z-listingof-weeds/photo-guide-to-weeds/salvinia>.

Echarri, L. (2007). Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente. España. Ensbey, R. (2009). Salvinia (*Salvinia* sp). Obtenido de http://www.dpi.nsw.gov.au/_data/assets/pdf_file/0006/81789/Salvinia.pdf

García, D., y Leal, D. (2006). Desarrollo de un humedal artificial piloto con especies no Convencionales para mitigar la contaminación generada por el vertimiento de aguas residuales provenientes del centro de visitantes del parque nacional natural amacayacu – Amazonas. Bogotá D.C, Colombia.

Gibson, D., y Saylor, G. S. (2005). Fundamentos científicos de la biorremediación: estado actual y necesidades futuras. Massachusetts: Academia Americana de Microbiología.

Glazer, A., y Hiroshi, N. (1995). *Microbial Biotechnology: Fundamentals of Applied Microbiology*. New York.: W. H. Freeman and Company. Infojardín. (5 de mayo de 2013). Obtenido de Tipos de plantas acuáticas.: <http://articulos.infojardin.com/acuaticas/especies-plantasacuaticas.htm#flotantes>.

Jaramillo, M., y Flores, E. D. (2012). Fitorremediación mediante el uso de dos especies vegetales Lemna Minor (lenteja de agua) y Eichornia Crassipes) en aguas residuales producto de la actividad minera. Obtenido de <http://www.dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/2939/1/UPSC002482.pdf>.

Lara, J. A. (1999). "Depuración de Aguas Residuales Municipales con Humedales Artificiales". (Tesis Doctoral). Barcelona.: Universidad Politécnica de Cataluña.

López, S., Gallegos, M., Perez, L., y Gutiérrez, M. (2005). Mecanismos de fitorremediación de suelos contaminados con moléculas orgánicas xenobióticas. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, vol. 21, núm. 2. , 91 - 100.

López, V., y Crespi, M. (2015). Gestión de Efluentes de la Industria Textil. Cuaderno Tecnológico N°18, 9 - 17. M.P.S.A. (2016). Comunicación de progresos de Gestión. Obtenido de https://www.unglobalcompact.org/system/attachments/cop_2016/282351/original/COP_2016_PILAR.pdf?1462495226 M.P.S.A. (s/f). Obtenido de <http://www.pilar.com.py/laempresa/>

Mortelo, J., y Lara, J. (2012). Macrófitas flotantes en el tratamiento de aguas residuales; una revisión al estado del arte. En J. Mortelo, & J. Lara, *Ingeniería y Ciencia*, ing. cienc. Volumen 8 N° 15 (págs. 221 - 243). Bogotá: Colombia.

Ocampo., J. M. (2018). "Depuración de aguas residuales domésticas con macrófitas acuáticas. Caso: humedal artificial domiciliario" (Tesis de grado). Universidad Nacional de Pilar. Pilar - Paraguay.

Ojeda Marcia, H. M. (2013). Parámetros óptimos para el desarrollo in vitro del hongo hidrocarbonoclastico *Penicillium sp.* *Avances en Ingeniería Química y Ciencia*, 666 - 681.

Poveda, R. (2014). Evaluación de especies acuáticas flotantes para la fitorremediación de aguas residuales industrial y de uso agrícola previamente caracterizadas en el cantón ambato, provincia de Tungurahua. Ecuador, Ambato.

Proaño, A. G. (2011). "Estudio de un Sistema de Depuración de Aguas Residuales para reducir la contaminación de Río Ambato y los sectores aledaños, en el sector de Pisocucho, de la parroquia Izamba, del Cantón Ambato, Provincia de Tungurahua" (Tesis de Grado). Ecuador.: Universidad Técnica de Ambato.

Real Academia Española (2014). *Diccionario De La Lengua Española (23ª Ed.)*. Madrid: S.L.U. Espasa Libros.

Rivero, I. (2012). *Pilar la Heroica. Glorias de Ayer y Hoy, Un Venturoso porvenir*. Pilar.: El lector. Rodríguez, P., Gomez, E., Garavalito, L., y López, F. (Enero 2010). *Tecnología y Ciencias del Agua* vol. I, núm. 1., *Tecnología y Ciencias del Agua*, pp. 59 - 68.

Secretaría del Ambiente. (2002). Resolución N° 222/02 Por la Cual se establece el padrón de Calidad de las Aguas en el Territorio Nacional. Resolución , Asunción.

Seoáñez Calvo, M. (2001). *Tratado de Gestión del Medio Ambiente Urbano*. Madrid, España: Mundiprensa.

Tinoco, Medina, Zapata, O. (2012). Tratamiento de efluentes textiles con luz. *Diseño y Tecnología*, 9 - 11. UNAL, U. N. (s/f). Obtenido de *Salvinia auriculata* Aubl. - *Salviniaceae*.: <http://www.biovirtual.unal.edu.co/es/colecciones/detail/98209/>

Villena, R. D. (2015). "Rediseño de la planta de tratamiento de aguas residuales utilizando humedales artificiales para la extractora de aceite de palma pexa del canton la concordia". Riobamba-ecuador.

Watanbe, k. (2001). Microorganisms relevant to biorremediation. (Vol. 12). Current opion in Biotecnology.