



SISTEMA FITOTECNOLÓGICO DE TRATAMIENTO DE AGUAS CONTAMINADAS PROVENIENTES DEL LAGO DE VALENCIA

ECO - 008

Gómez Jully y Suárez Marleny
FREBIN Aragua
jullygomez@hotmail.com

Recibido: 15-10-2013

Aceptado: 25-01-2014

Resumen

El acceso al agua potable y el saneamiento son un derecho humano esencial, pilar fundamental para el desarrollo sustentable de un país. En tal sentido, el recurso hídrico juega papel fundamental en el establecimiento de los diferentes sistemas de producción a lo largo y ancho de una nación. Contar con fuentes potenciales de recursos hídricos como es el caso de la cuenca del Lago de Valencia ofrece una oportunidad de desarrollo que dependiendo del manejo del Espejo de Agua, convertirá lo que hoy es un área degradada en una extraordinaria zona de desarrollo sustentable. El Lago de Valencia, forma parte de una cuenca endorreica, que ocupa una superficie de 3140 Km². La dinámica de la cuenca y la acción antrópica han generado un grave desequilibrio en las aguas del lago (crecimiento abrupto de algas y presencia de altas concentraciones de nutrientes), imposibilitando el uso de las mismas para consumo humano, uso agrícola y recreacional, debido a lo costoso de los procedimientos de saneamiento convencionales.

La fitorremediación es una biotecnología ambiental innovadora, utiliza entidades biológicas, en este caso, vetiver (*Vetiveria zizanioides* L.) ideal en la depuración de aguas contaminadas logrando su disponibilidad para consumo humano, con una inversión necesaria y un impacto ambiental positivo, razón por la cual será propuesto el uso de esta gramínea de forma hidropónica en este sistema de tratamiento, el cual es un proceso de ciclaje de nutrientes donde la planta absorbe nutrimentos para su desarrollo y almacena nutrientes o inmoviliza contaminantes que luego podrán ser usados para otros propósitos. Este sistema será implementado en la Base Aérea Escuela Mariscal Sucre, estado Aragua, estableciéndose vivero en la época de sequía, con fertilización orgánica, al momento de la siembra de los esquejes y 150 días después, luego serán sumergirlas en plataformas flotantes sobre el agua a tratar provenientes del Lago de Valencia.

Palabras clave: fitorremediación, vetiver, *Vetiveria zizanioides*, Lago de Valencia, aguas contaminadas.



PHYTOTECNOLOGICAL TREATMENT SYSTEM OF CONTAMINATED WATER FROM THE LAKE OF VALENCIA

Abstract

Access to drinking water and sanitation are an essential human right, a fundamental pillar for the sustainable development of a country. In this sense, the water resource plays a fundamental role in the establishment of different production systems throughout a nation. Having potential sources of water resources as is the case of the Lake of Valencia basin offers a development opportunity that, depending on the management of the Water Mirror, will convert what is now a degraded area into an extraordinary area of sustainable development. Valencia, is part of an endorheic basin, which occupies an area of 3140 km². The watershed dynamics and anthropic action have generated a serious imbalance in the waters of the lake (abrupt growth of algae and presence of high concentrations of nutrients), making it impossible to use them for human consumption, agricultural and recreational use, due to the cost of conventional sanitation procedures. Phytoremediation is an innovative environmental biotechnology, it uses biological entities, in this case, vetiver (*Vetiveria zizanioides* L.) ideal in the purification of contaminated waters achieving its availability for human consumption, with a necessary investment and a positive environmental impact, reason why which will be proposed the use of this grass of hydroponic form in this treatment system, which is a process of nutrient cycling where the plant absorbs nutrients for its development and stores nutrients or immobilizes contaminants that can then be used for other purposes. This system will be implemented in the Mariscal Sucre School Air Base, Aragua state, establishing a nursery in the dry season, with organic fertilization, at the time of planting the cuttings and 150 days later, then they will be submerged in floating platforms on the water try coming from the Lake of Valencia.

Key words: phytoremediation, vetiver, *vetiveria zizanioides*, Lake of Valencia, contaminated waters.

Introducción

El agua cubre el 71% de la superficie del planeta; sin embargo solo el 3% corresponde al agua dulce potable disponible para el ser humano. De esa cantidad, el 1,74% se encuentra atrapada en glaciares, el 1,72% en los acuíferos y el 0,04% en aguas superficiales, como agua dulce disponible para el consumo



SISTEMA FITOTECNOLÓGICO DE TRATAMIENTO DE AGUAS CONTAMINADAS PROVENIENTES DEL LAGO DE VALENCIA

humano, de esa porción el 70% es utilizada en la agricultura, el 20% por las industrias y el 10% en uso doméstico [Guerrero *et al.*, (2006)].

En el mundo, el problema del agua radica principalmente en su escasez geográfica y en la carencia de potabilidad, afectando la salud y el bienestar de la población. El agua, vital líquido reconocido como un derecho humano fundamental por la Organización de las Naciones Unidas (ONU), se ha convertido en el recurso natural imprescindible y estratégico en el desarrollo sustentable de cualquier país que requiere del cuidado de todos los seres humanos (ONU, 2010).

Al hacer referencia de la relación existente entre el cuerpo humano y el agua, se encuentra que el 70% del cuerpo humano está hecho de agua y para su adecuado funcionamiento requiere entre uno y tres litros de agua diarios para evitar la deshidratación, la cantidad precisa depende del nivel de actividad, temperatura, humedad y otros factores (FUSDA, 2008). Cabe destacar que gran parte de la vida de los seres humanos depende de la calidad del agua que consumen; el acceso al agua potable conjuntamente con el saneamiento son factores de peso para promover una mayor inclusión social, contribuyendo en la reducción de la pobreza, la cual pasa de una mejoría sustancial en el acceso equitativo a los servicios ecosistémicos, donde la contaminación creciente de suelos y aguas a nivel mundial, tiene un fuerte impacto en la calidad de vida de la población humana, a lo que Guerrero *et al.*, (2006) señalan que este grave problema demanda soluciones urgentes que no pueden seguir postergándose.

El uso y manejo eficiente del agua es una necesidad que debe ser cubierta a corto plazo, importando no sólo la cantidad sino la calidad y la disponibilidad del recurso hídrico para el consumo del ser humano. Dado que actualmente, en algunas zonas, ha estado escaso el recurso y su obtención, tratamiento y preservación debe ser ocupación de todas las personas, debe ser una gestión compartida en todos los niveles de gestión y acción gubernamental [Suarez, (2004); Suárez, (2009)].

En la actualidad existen distintos tipos de operaciones unitarias y procesos que pretenden la reducción de agentes contaminantes en el agua con la finalidad de devolver sus cualidades originales (Arroyo, 2006). El grado de eficiencia en un tratamiento debe traducirse, en la reducción del grado de impacto



SISTEMA FITOTECNOLÓGICO DE TRATAMIENTO DE AGUAS CONTAMINADAS PROVENIENTES DEL LAGO DE VALENCIA

ambiental desfavorable a cuerpos receptores de agua, suelo o el ambiente en general (FIPA-USAID, 2001).

Dado a lo costoso de los procedimientos de saneamiento convencionales existentes (González, 2012), y la limitada eficacia de los tratamientos físico-químicos, han surgido tecnologías económicas, prácticas y ecológicas, como la fitorremediación, una tecnología ambiental alternativa sustentable que utiliza la capacidad natural de absorción de las plantas para la rehabilitación in situ o ex situ de ambientes afectados por contaminantes naturales y de origen antrópico, ofreciendo numerosas ventajas en relación con los métodos físico-químicos aplicados en la actualidad.

La fitorremediación utiliza las plantas para remover, reducir, transformar, mineralizar, degradar, volatilizar o estabilizar contaminantes [Kelley *et al.*, (2000); Miretzky *et al.*, (2004); Cho *et al.*, (2008)]. Actualmente, han sido identificadas una amplia diversidad de especies que se emplean para

este fin, incluso algunos autores como Cherian y Oliveira, (2005) hacen referencia que a través de la manipulación genética, mejora la capacidad de remediación de las plantas haciendo mas efectiva la fitorremediación, sin embargo, existen especies vegetales que sin ser manipuladas genéticamente presentan características excelentes para la fitorremediación, como es el caso del Vetiver (*Vetiveria zizanioides*).

El Vetiver (*Vetiveria zizanioides*) es una planta perenne, originaria de la India, de la familia de las gramíneas, de hoja rígidas, largas y angostas, con tallos erguidos, en forma recta que puede crecer hasta 1,5 metros, con un sistema radical fuerte que crece verticalmente a profundidades de hasta 5 metros, muy ramificado y esponjoso, con inflorescencia y semillas estériles, por tal motivo se reproduce por esquejes, es un planta con una alta adaptabilidad a diferentes tipos de suelo y climas y que además posee numerosas características que lo convierten en una alternativa para la conservación del suelo y el agua, estabilización de taludes, control de erosión, absorción de metales pesados y purificación de aguas [Truong *et al.*, (2009)], por lo tanto, es una planta ecológicamente segura, siendo ampliamente utilizada en bioingeniería para la fitorremediación de suelos y aguas contaminadas entre otros países,



SISTEMA FITOTECNOLÓGICO DE TRATAMIENTO DE AGUAS CONTAMINADAS PROVENIENTES DEL LAGO DE VALENCIA

logrando la disponibilidad del agua para el consumo humano, con una inversión necesaria y un impacto ambiental positivo, razones que impulsan a usar el vetiver (*Vetiveria zizanioides L.*) en sistemas de tratamiento de aguas contaminadas.

Investigaciones pioneras han demostrado la extraordinaria habilidad del vetiver para soportar situaciones climáticas y edáficas adversas, incluyendo elevados niveles de salinidad, acidez, alcalinidad, sodicidad, también tiene una gran tolerancia de altos niveles de nutrientes evidenciándose que el vetiver posee una aptitud ideal para eliminar diversas sustancias contaminantes de las aguas, incluyendo macronutrientes tales como el nitrógeno, fósforo y algunos metales pesados como el níquel, cadmio, plomo, mercurio y el flúor [Troung y Hart, (2001); Truong y Smeal, (2003); (Ruíz, 2008)].

Así mismo, el vetiver bajo condiciones hidropónicas es capaz de bajar el nitrógeno total de 100 mgL⁻¹ a 6 mgL⁻¹ (94% de eficiencia); el fósforo total de 10 mgL⁻¹ a 1 mgL⁻¹ (90%), coliformes fecales ≥ 1.600 org/100 ml a 900 org/100 ml (44%); E. Coli de ≥ 1.600 org/100 ml a 140 org /100 ml (91%); oxígeno disuelto de <1 mgL⁻¹ a 8 mgL⁻¹ (>800 %); conductividad eléctrica de 928 μ Scm⁻¹ a 468 μ Scm⁻¹; pH 7,3 a 6,0 y puede evapotranspirar 1,1 l/día/cuatro plantas/tambor, todo esto con un tiempo de retención de cuatro días [Luque y Baldonio, (2000), Luque *et al.*, (2006)].

Por otro lado, el vetiver tiene la capacidad de producir hasta 132 t/ha/ año de materia seca, muy por encima de cualquier gramínea, con una capacidad potencial de exportar hasta 1920 kg/ ha/año de nitrógeno y 198 kg/ha/año de fósforo; creciendo con suplencias hasta de 6000 kg/ha/año nitrógeno combinado con una suplencia de 250 kg de fósforo/ha/año, lo que le atribuye a la planta extraordinarias capacidades para eliminar tales nutrientes de aguas contaminadas (Troung y Hart, 2003).

La Constitución de la República Bolivariana de Venezuela (CRBV, 2009) en el artículo 304, establece la visión social de los recursos hídricos del país, declarándose el agua como un bien público, esencial para la vida, el desarrollo y la erradicación de la pobreza, así mismo, enmarca la importancia del agua como un bien para la paz entre los pueblos y como un componente fundamental de los ecosistemas que



SISTEMA FITOTECNOLÓGICO DE TRATAMIENTO DE AGUAS CONTAMINADAS PROVENIENTES DEL LAGO DE VALENCIA

no podrá ser privatizado por ser un derecho humano fundamental no negociable, por lo tanto la calidad y la cantidad de agua apta y disponible es de interés de todos los habitantes.

Venezuela, cuenta con más de un millar de ríos, 2.500 lagunas, dos importantes lagos y caudales medios de 41.430 m³/seg en sus cuencas, condiciones que posicionan al país entre las primeras quince naciones con reservas de agua dulce del planeta [Embajada de la República Bolivariana de Venezuela en Estados Unidos (EMBAVENEZ-US); (EMBAVENEZ-US, 2009)], no obstante, el segundo lago más importante del país, el Lago de Valencia, presenta características particulares, puesto que es un cuerpo de agua dulce sin salida al mar, ubicado estratégicamente entre los estados Aragua y Carabobo, con una cuenca hidrográfica de 3.140 Km² de superficie (MINAMB-DEA Aragua, 2008), desarrollándose, a partir de los años cincuenta, una intensa actividad económica que la ubica actualmente como una de las áreas más dinámicas y con mayor participación dentro de la economía nacional, con el impacto negativo de la dinámica estructural de la cuenca en el Espejo de Agua, que es hoy día, uno de los ecosistemas acuáticos con una afectación por variados y complejos problemas ambientales (Suárez, 2004) y de ocupación espacial (Álvarez, 2004).

En tal sentido, la cuenca presenta una problemática ambiental que involucra una gran y variada cantidad de elementos y factores desfavorables que degradan la calidad ambiental de la misma, entre ellas: a) Contaminación por fuentes puntuales; b) Contaminación por fuentes no puntuales; c) Deterioro de la calidad de las aguas en la cuenca; d) Contaminación de las aguas del Lago; e) Ascenso de los niveles del Lago; f) Incremento de la demanda de agua en la cuenca; g) Ocupación del territorio; h) Deterioro de la calidad de los acuíferos.

El ente rector, en materia ambiental, en el Lago de Valencia, es el Ministerio del Poder Popular para el Ambiente (MINAMB), quien reporta en los informes presentados la situación de contaminación en las aguas del Lago de Valencia [MARN-DEA Aragua, (2004), MARN-DEA Aragua, (2005); MINAMB-DEA Aragua, (2008); MINAMB-DEA Aragua, (2009)] caracterizadas por la hipereutricación, contaminación por compuestos orgánicos tóxicos, contaminación orgánica, contaminación microbiana, contaminación por sales disueltas, contaminación por sólidos en suspensión y contaminación por



SISTEMA FITOTECNOLÓGICO DE TRATAMIENTO DE AGUAS CONTAMINADAS PROVENIENTES DEL LAGO DE VALENCIA

metales pesados, como algunos de los problemas que afectan la calidad ambiental en el Espejo de Agua del Lago, impidiendo el uso de este recurso hídrico, generando un ascenso del nivel del lago, el incremento de la producción de algas, pudiéndose presentar un incremento en los sedimentos, destacando, que los estudios realizados por el MINAMB en relación a los sedimentos del Lago son escasos y el monitoreo de sedimentos en las aguas del Lago no es realizado en forma periódica (Suárez, 2009).

Todo lo anteriormente señalado induce a proponer el uso del vetiver de forma hidropónica como un sistema fitotecnológico de tratamiento de las aguas contaminadas provenientes del Lago de Valencia, lo cual es mas, un proceso de ciclaje de nutrientes donde la planta absorberá nutrimentos para su desarrollo y almacenará los nutrientes o contaminantes que luego podrán ser usados para otros propósitos, y de esta manera contribuir a mejorar de manera natural y sencilla los procesos de depuración de las aguas del Lago.

Objetivo General

Proponer un sistema fitotecnológico de tratamiento para la remoción de nutrientes, mediante el uso del vetiver (*Vetiveria zizanioides L.*) de aguas provenientes del Lago de Valencia.

Objetivos Específicos

- 1.- Diagnosticar la situación actual del Lago de Valencia.
- 2.- Caracterizar las aguas del Lago de Valencia.
- 3.- Diseñar un sistema fitotecnológico de tratamiento, para la remoción de nutrientes (C, N, F y S), mediante el uso del vetiver (*Vetiveria zizanioides L.*) en aguas provenientes del Lago de Valencia.
- 4.- Implementar el sistema fitotecnológico de tratamiento, para la remoción de nutrientes (C, N, F y S), mediante el uso del vetiver (*Vetiveria zizanioides L.*) en aguas provenientes del Lago de Valencia.

Materiales y Métodos

El ensayo será implementado en el Espejo de agua del Lago de Valencia específicamente en las adyacencias del embarcadero de la Base Aérea Escuela Mariscal de Sucre, en la Parroquia Los Tacarigua, municipio Girardot, estado Aragua.



SISTEMA FITOTECNOLÓGICO DE TRATAMIENTO DE AGUAS CONTAMINADAS PROVENIENTES DEL LAGO DE VALENCIA

La investigación en su dimensión metodológica es de tipo proyectiva, ya que su objetivo es proponer un sistema fitotecnológico de tratamiento, para la remoción de nutrientes, mediante el uso del vetiver (*Vetiveria zizanioides L.*) en aguas provenientes del Lago de Valencia.

Desde la perspectiva de Metrick (1999), la investigación está orientada hacia el desarrollo sustentable, presentando las siguientes características: a) Enfoque aplicado a la solución de problemas para la generación y difusión de tecnologías apropiadas a las circunstancias del país; b) Involucra las ciencias sociales y naturales; c) Orientada hacia el ser humano (toma en cuenta las necesidades de las personas, aprovecha las oportunidades y reduce las limitaciones presentes para mejorar la calidad de vida respetando al ambiente y adopta biotecnologías; y d) Es continuo e interactivo, un enfoque dinámico de “aprender haciendo”.

Las etapas a desarrollar en la investigación serán cinco (05):

Etapas I

Revisión de fuentes documentales, donde será revisada la bibliografía existente sobre el tema a tratar no solo en las diversas instituciones académicas nacionales e internacionales sino también en instituciones gubernamentales y no gubernamentales, caracterizando la situación actual, así como también la recopilación y análisis de informes técnicos del MINAMB.

Etapas II

Observación, reconocimiento y acondicionamiento del área, donde será establecido el vivero del vetiver en la época de sequía, con fertilización orgánica al momento de la siembra de los esquejes y 150 días después de la siembra (Suárez, 2006); para luego sumergirlas, en plataformas flotantes, sobre el agua a tratar, provenientes del Lago de Valencia.

Etapas III

Evaluación de la situación actual con la finalidad de identificar los puntos críticos de la situación caracterizada los cuales conllevan a determinar los indicadores de sustentabilidad que servirán para medir el desempeño de las acciones que van a ser realizadas por medio de esta investigación, los cuales se enuncian a continuación:

Priorización del Sistema Ambiental (SA)



SISTEMA FITOTECNOLÓGICO DE TRATAMIENTO DE AGUAS CONTAMINADAS PROVENIENTES DEL LAGO DE VALENCIA

Caracterización del SA definiendo los componentes (segmentación), flujos (materiales, energía e información), entradas, salidas, límites e interacciones.

Modelaje del SA (representación gráfica del sistema real).

Definición de los objetivos del SA.

Evaluación del desempeño del SA, a través de matriz de Leopold, calidad y sostenibilidad.

Realización del análisis FODA (entorno y el ambiente interno).

Identificación y priorización de los factores críticos, como las demandas tecnológicas y no tecnológicas, actuales, potenciales y futuras.

Selección de los indicadores para monitoreo y evaluación de la intervención en el SA (análisis de impacto).

Etapa IV

Diseño del sistema fitotecnológico de tratamiento para la remoción de nutrientes (C, N, F y S), mediante el uso del vetiver (*Vetiveria zizanioides L.*), así como las estrategias y acciones para lograr la visión del SA.

Etapa V

Implementación del sistema fitotecnológico de tratamiento para la remoción de nutrientes (C, N, F y S), mediante el uso del vetiver (*Vetiveria zizanioides L.*), en el Lago de Valencia, el ensayo abarcará un área de 625 m², formado por estructuras rígidas flotantes, con diversas medidas que formarán un módulo, como se observa en la Figura 1, sobre los cuales serán instalados los esquejes de vetiver (Figura 2), para que crezca su sistema radicular bajo agua (Figura 3) y pueda absorber los contaminantes, estas raíces y hojas deben ser analizadas en el laboratorio bajo diferentes periodos de establecimiento, pudiéndose replicar estos módulos en un área de tratamiento de aguas provenientes del lago, en todo el espejo de agua del Lago de Valencia.

SISTEMA FITOTECNOLÓGICO DE TRATAMIENTO DE AGUAS CONTAMINADAS PROVENIENTES DEL LAGO DE VALENCIA

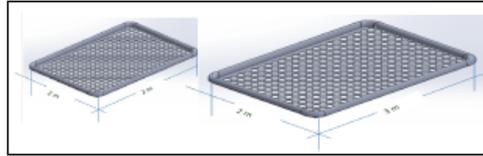


Figura 1. Estructura flotante propuesta para el sistema fitotecnológico de tratamiento de aguas.



Figura 2. Estructura flotante con esquejes de vetiver



Figura 3. Estructura flotante con el sistema radicular del vetiver desarrollado.

Resultados Esperados

El sistema Vetiver no es un sistema de tratamiento, es una planta de reciclaje, bajo este enfoque, la absorción de elementos esenciales para las plantas como N, P y otros cationes por el vetiver no solo purificará las aguas sino que los almacenará para otras aplicaciones (Truong y Smeal, 2003).

El uso del vetiver ofrecerá una solución natural, amigable al ambiente, práctica, simple y eficiente en costos que removerá los contaminantes de las aguas provenientes del Lago de Valencia. Más aún, los brotes aéreos del vetiver (las hojas) pueden ser cosechados fácilmente como producto agregado, para su uso como forraje, mulch, substrato para hongos, artesanías, techos, coberturas y las raíces, previa caracterización, pueden ser también retiradas para la extracción de nutrientes, aceites esenciales o usarlas como plaguicida crudo para controlar plagas, así mismo se estaría disminuyendo el calentamiento global, puesto que el vetiver tiene un potencial de captura de 1 kg de carbono atmosférico, secuestrado año, en un metro cuadrado de superficie.



SISTEMA FITOTECNOLÓGICO DE TRATAMIENTO DE AGUAS CONTAMINADAS PROVENIENTES DEL LAGO DE VALENCIA

El vetiver (*Vetiveria zizanoides*) es un cultivo que usado como sistema de tratamiento de aguas contaminadas realiza un ciclaje perfecto en el cual los contaminantes son utilizados por la planta para su alimentación; eliminados así del medio acuático, estos materiales fortalecen el cultivo; y por último, otros compuestos como metales pesados y sustancias orgánicas, que no son utilizados por el vetiver para su alimentación, son inmovilizados para que no cause daño, afecte o degrade algún otro componente del ecosistema acuático e incluso al ser humano.

El sistema fitotecnológico de vetiver es un tratamiento de bajo costo y eficiente para ser usado en el tratamiento biológico de las aguas, comportándose como una planta de reciclaje de nutrientes, puesto que la absorción de elementos esenciales para las plantas como Nitrógeno (N) y Fósforo (P), elimina estos compuestos de las aguas, por tanto, el sistema fitotecnológico de vetiver no solo remediará las aguas sino que almacenará los contaminantes para otras aplicaciones.

Las aguas tratadas con el sistema fitotecnológico de vetiver podrán ser utilizadas por los seres humanos sin ningún peligro de contaminación bacteriológica o química, mejorando así la calidad de vida del ser humano y la salud ambiental de los ecosistemas acuáticos.

Agradecimiento

Infinitamente a Dios por ser garante de vida y bendiciones, a la familia entera por ser ese estímulo día y noche, a la Comunidad de Innovadores, Investigadores, Inventores y Tecnólogos Bolivarianos y Socialistas del estado Aragua por el apoyo prestado, a la persona que me ha formado en esta línea de investigación y por medio de la cual he aprendido acerca del vetiver, por la confianza y el estímulo transmitido; y a todas esas personas que de alguna forma han contribuido y seguirán contribuyendo en la ejecución de esta investigación.

Referencias Bibliográficas

Álvarez, W. (2004). "Plan de Ordenamiento y Reglamento de Uso del Área Crítica con prioridad de Tratamiento de la Cuenca del Lago de Valencia". Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales. Dirección Estatal Ambiental Carabobo. En Taller "Saneamiento del Lago de Valencia. Consulta



SISTEMA FITOTECNOLÓGICO DE TRATAMIENTO DE AGUAS CONTAMINADAS PROVENIENTES DEL LAGO DE VALENCIA

- Pública”. [CD-ROM]. Gerencia Regional INCE Aragua. Septiembre 2004. Maracay, estado Aragua. [2004, 27 de Septiembre].
- Arroyo, T. (2006). Estudio de la efectividad de un producto biotecnológico comercial en la degradación de materia orgánica presente en aguas residuales doméstica, [en línea]. Universidad de las Américas Puebla, México. Recuperado el 28 de Septiembre de 2012, de http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lamb/arroyo_c_t/.
- Cherian, S.; Oliveira, M. (2005). Transgenic plants in phytoremediation: recent advances and new possibilities. *Environmental Science & Technology*. 39: 9377-9390.
- Cho, C.; Yavuz-Corapcioglu, M.; Park, S.; Sung, K. (2008). Effects of Grasses on the Fate of VOCs in Contaminated Soil and Air. *Water, Air, & Soil Pollution*. 187:243-250.
- FIPA-USAID. (2001). Situación y evaluación de la calidad ambiental en Guatemala: Diagnósticos y propuestas de solución. Guatemala: Alonzo Roberto.
- FUSDA (2008). El agua como derecho humano. Medio ambiente y desarrollo: hacia un manejo sustentable del agua. Vol 11: 29-33.
- Garrido, N. (2004). “Situación actual de la Calidad del Agua en la Cuenca del Lago de Valencia”. Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales. Dirección Estatal Ambiental Aragua. En Taller “Saneamiento del Lago de Valencia. Consulta Pública”. [CD-ROM]. Gerencia Regional INCE Aragua. Instituto Nacional de Cooperación Educativa. Septiembre 2004. Maracay, estado Aragua. Venezuela. [2004, 27 de Septiembre].
- González, E. (2012). La Eutrofización de embalses. Ponencia presentada en el Taller de Formulación de proyectos de investigación con enfoque social. Ministerio del Poder Popular para Ciencia, Tecnología e Innovación. Maracay, estado Aragua. Junio 2012.
- Guerrero, E.; De Keizer, O.; Córdoba, R. (2006). La Aplicación del Enfoque ecosistémico en la Gestión de los Recursos Hídricos. UICN, Quito, Ecuador.
- Kelley, C.; Gaither, K.; Baca-Spry, A.; Cruickshank, B. (2000). Incorporation of phytoremediation strategies into the introductory chemistry laboratory. *Chem Educator*. 5:140-143.
- Lavania U.; Lavania S. (2009). Sequestration of atmospheric carbon into subsoil horizons through deep-rooted grasses - vetiver grass model. *Journal Current Science* 2009 Vol. 97 No. 5: 618-619, [en línea]. Recuperado el 28 de Septiembre de 2012, de <http://www.ias.ac.in/currsci>.



SISTEMA FITOTECNOLÓGICO DE TRATAMIENTO DE AGUAS CONTAMINADAS PROVENIENTES DEL LAGO DE VALENCIA

Luque, O.; Baldonio, D. (2000). Efecto del vetiver en sistema. Pepsicola Venezuela-Planta Tocarón, [en línea]. Recuperado el 28 de Septiembre de 2012, de http://cd3wd.com/data/10052_core_vetiver_med/_ag_vetifer_grass_archives09_en_sp_part_16_250143_.60.pdf.

Luque, O.; Troung, P.; Morao, D.; Ceballos, E. (2006). Modelo teórico para explicar los principios involucrados en el tratamiento de aguas residuales por el vetiver. Cerveceria Polar-Planta San Joaquín-Venezuela, [en línea]. Recuperado el 28 de Septiembre de 2012, de <http://www.vetiver.org/ICV4pdfs/EB05es.pdf>

MARN-DEA Aragua. (2004). MINISTERIO DEL AMBIENTE Y DE LOS RECURSOS NATURALES. Dirección Estatal Ambiental Aragua. “Informe y Resultados. Análisis físico-químicos alrededores de la Isla del Burro - Lago de Valencia”. Laboratorio de Calidad Ambiental. Mayo 2004. Maracay, estado Aragua. 13 pp.

MARN - DEA Aragua. (2005). MINISTERIO DEL AMBIENTE Y DE LOS RECURSOS NATURALES. Dirección Estatal Ambiental Aragua. “Caracterización de los Tributarios en la Cuenca del Lago de Valencia”. Laboratorio de Calidad Ambiental. Diciembre 2005 Maracay, estado Aragua. 35 pp.

Metrick, H. (1999). Investigación agropecuaria orientada al desarrollo (traducción de Leonardo Salazar). Maracay: FONAIAP/Centro Internacional de Investigación Agropecuaria orientada al Desarrollo. Serie D. N° 38.

MINAMB-DEA Aragua. (2008). Ministerio del Poder Popular para el Ambiente. Dirección Estatal Ambiental Aragua. Resultados y Conclusiones. Calidad de Agua del Lago de Valencia. Laboratorio de Calidad Ambiental. Junio 2008. Maracay, estado Aragua.

MINAMB-DEA Aragua. (2009). Ministerio del Poder Popular para el Ambiente. Dirección Estatal Ambiental Aragua. “Resultados. Análisis Parámetros físicos-químicos y bacteriológicos. Aguas del Lago de Valencia. Campaña Mayo 2009” y “Resultados. Determinaciones de parámetros “in situ”. Aguas del Lago de Valencia. Campaña Mayo 2009”. Laboratorio de Calidad Ambiental. Maracay, estado Aragua. 10 pp.



SISTEMA FITOTECNOLÓGICO DE TRATAMIENTO DE AGUAS CONTAMINADAS PROVENIENTES DEL LAGO DE VALENCIA

Embajada de la República Bolivariana de Venezuela en Estados Unidos. (2009, Marzo 20). El agua en la República Bolivariana de Venezuela: Una visión social, [en línea]. Washington-EEUU. Recuperado el 28 de Septiembre de 2012, de <http://www.embavenez-us.org>

Miretzky, P.; Saralegui, A.; Fernández- Cirelli, A. (2004). Aquatic macrophytes potential for the simultaneous removal of heavy metals. Buenos Aires, Argentina. *Chemosphere*. 57: 997-1005.

ONU. (2010) Informe de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, Río de Janeiro, 3 a 14 de junio de 1992, Volumen 1. Resoluciones aprobadas por la Conferencia (publicación de las Naciones Unidas, número de venta: S.93.I.8 y corrección), resolución 1, anexo II.

Ruiz, C. (2008). Desarrollo de un sistema de tratamiento para la remoción de flúor del agua mediante el uso del vetiver (*Vetiveria zizanioides* L.), en la comunidad de Guarataro, estado Yaracuy. Trabajo de Grado de Maestría. Universidad Central de Venezuela, Maracay.

Suárez, M. (2009). Fuentes de Contaminación en la Cuenca del Lago Los Tacarigua. En Jornada de Socialización “Plan de Desarrollo del estado Aragua 2009-2013. Caso particular Cuenca del Lago Los Tacarigua. Consejos Comunales y Alcaldías del estado Carabobo”. [CD-ROM]. Consejo de Desarrollo Económico y Tecnológico del estado Aragua. Secretaría Sectorial de Desarrollo Económico y Tecnológico del estado Aragua. Gobernación del estado Aragua. Boca de Río, estado Aragua. Venezuela. [2009, 9 de Septiembre].

Suárez, M. (2006). Establecimiento del cultivo de vetiver con fines de biorremediación de suelos en las inmediaciones del Lago de Valencia, [en línea]. Recuperado el 28 de Septiembre de 2012, de <http://www.vetiver.org/ICV4pdfs/BA27es.pdf>.

Suárez, M. (2004). “Clasificación y Manejo de Residuos. Propuesta de Acción Comunitaria”. En Taller “Saneamiento del Lago de Valencia. Consulta Pública”. [CD-ROM]. Gerencia Regional INCE Aragua. Instituto Nacional de Cooperación Educativa. Septiembre 2004. Maracay, estado Aragua. Venezuela. [2004, 27 de Septiembre].

Truong, P.; Tan, T.; Pinnors, E. (2009). Aplicaciones del Sistema Vetiver. Manual Técnico de Referencia.



SISTEMA FITOTECNOLÓGICO DE TRATAMIENTO DE AGUAS CONTAMINADAS PROVENIENTES DEL LAGO DE VALENCIA

Truong, P.; Hart, B. (2001). Vetiver System for Wastewater Treatment. Tech. Bull. N° 2001/2. PRVN / ORDPB, Bangkok, Thailandia.

Truong, P.; Smeal, C. (2003). Research, Development and Implementation of the Vetiver System for Wastewater Treatment. PRVN Tech. Bull. N° 2003/3, ORDPB, Bangkok, Thailandia.