

MODELO TEORICO PARA EXPLICAR LOS PRINCIPIOS INVOLUCRADOS EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES POR EL VETIVER. CERVECERÍA POLAR-PLANTA SAN JOAQUÍN-VENEZUELA.

¹O.Luque, ²P. Troung, ³D. Morao y ⁴E. Ceballos

¹*Coordinador General del Proyecto Vetiver Fundación Empresas Polar, email oluque1@gmail.com*

²*Veticom Consulting, 23 Kimba, St. Chapel Hill, Brisabane 4069, Australia, troung@ugconnect.net*

³*Cerveceria Polar C.A-Planta San Joaquín, email*

dinorah.morao@empresas-polar.com

⁴*Técnico Asociado a la Investigación-Proyecto Vetiver Fundación Empresas Polar*

eaca@hotmail.com

RESUMEN

Se plantea el desarrollo de un modelo teórico para explicar el funcionamiento fisiológico, físico-químico del Sistema Vetiver bajo condiciones de cultivo hidropónico. Para lograr el entendimiento de los diversos fenómenos se plantea establecer los mecanismos de absorción de algunos nutrimentos, como el nitrógeno (flujo masal). Establecer los mecanismos de absorción del fósforo, a través de técnicas radioactivas. Dinámica de la mineralización de los macro nutrimentos. La dinámica de los diversos metales pesados (acumulación en raíces o bien en el tejido vegetal), gradientes de concentración y disminución de tales contaminantes, tiempo de residencia de las aguas contaminadas. Esquemas microbiológicos ligados a la biodegradación de contaminantes en las aguas. La teoría de la doble capa difusa en relación al movimiento de algunos cationes hacia la raíz. El movimiento del oxígeno, sus gradientes de concentración y presencia de CO₂ que expliquen los procesos aeróbicos-anaeróbicos. La presencia de asociaciones de algunos microorganismos fijadores de nitrógeno del aire, pero a su vez intervienen en la dinámica del oxígeno en el agua. Tal es el caso de las asociaciones azolla-anabaena.

Palabras claves: Flujo masal, nitrógeno, cultivos hidropónicos, potasio,

ABSTRACT

Modeling has been increasingly considered as an essential tool in the management of wastewater due to the complexity of the problem. Therefore there is a need for the development of a theoretical model for waste water treatment by vetiver grass under hydroponics conditions, to obtain a better understanding of the diverse phenomena, including: (i) physiological behavior, (ii) physical-chemical mechanisms, (iii) dynamics of absorption of some nutriments, such as the nitrogen (masal flow), (iv) establish the mechanisms of absorption of potassium, through radio-active techniques, (v) dynamics of the mineralization of the macro nutriments and of various heavy metals (accumulation in roots or in the shoot), (vi) concentration gradients and decrease of such pollutants with various time of retention of the polluted waters, (vii) outlines the microbiology aspects to the biodegradation of pollutants in the wastewaters, (viii) the theory of the double layer diffusion in relation to the movement of some cations toward the root, (ix) the movement of the oxygen and their concentration gradients, (x) the presence of CO₂ to explain the aerobic an anaerobic process, (xi) the presence of some associated N fixing microorganisms from the air, in algae or in association with azolla-anabaena.

Key words: Masal flow, nitrogen, hydroponics, nitrogen, potassium,

INTRODUCCION

Al vetiver se le ha señalado como una planta que puede eliminar diversas sustancias contaminantes de las aguas, entre ellos algunos macronutrientes tales como el nitrógeno, fósforo y algunos metales pesados: Níquel, Cadmio, Plomo, Mercurio; y recientemente Fluor (Yazmin *et al*, 2006, el cual se midió en raíces y área foliar para tratar aguas contaminadas con este halógeno. También se menciona como planta que puede absorber algunos cationes.

Para explicar ¿Cuáles son los mecanismos involucrados en estos procesos de absorción o adsorción o eliminación de contaminantes bajo el sistema hidropónico? Se realizó una revisión de literatura y observaciones en el experimento que se ejecuta en Cervecería Polar, C.A Planta San Joaquín, Venezuela; para orientar investigaciones básicas y motivar discusiones que promuevan investigaciones o bien el intercambio de información científica que contribuya a explicar tales mecanismos.

Revisión de literatura

La utilización de vetiver *Vetiveria zizanioides* (L.) Nash para tratar aguas residuales es un método de bajo costo y muy eficiente para tratar aguas residuales domésticas e industriales y en investigaciones se ha demostrado que 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 %, E. Coli de ≥ 1.600 org /100 mL a 140 org /100 mL (91 %); Oxígeno disuelto de $< 1 \text{ mgL}^{-1}$ a 8 mgL^{-1} (>800); conductividad eléctrica de $928 \text{ } \mu\text{Scm}^{-1}$ a $468 \text{ } \mu\text{Scm}^{-1}$; 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. (Truong *et al*, 2000).

Por otro lado, se demostró el potencial del vetiver, el cual tiene una capacidad de producir hasta 132 t/ha/año de materia seca, muy por encima de cualquier gramínea. Una capacidad potencial de exportar hasta 1.920 kg/ha/año de nitrógeno y 198 kg/ha/año de fósforo; pero puede crecer con suplencias hasta de 6.000 kg/ha/año nitrógeno combinado con una suplencia de 250 kg de fósforo /ha/año. Esto le comunica a esta planta unas extraordinarias capacidades para eliminar tales nutrientes de aguas contaminadas (Truong et al, 2003).

El Sistema Experimental

El Sistema Hidropónico, referido (Truong and Hart, 2001) conocido sistema Adic Voca, (foto N° 1) planteó un conjunto de tanques unidos entre sí, dirigiendo el flujo de las aguas servidas desde el fondo hacia al superficie de los contenedores y de acá nuevamente hacia el fondo del sistema, este arreglo permite que el agua pase a través de las raíces de la planta de vetiver (*Vetiveria zizanioides* L.) sembradas en plataformas flotantes. El volumen de los recipientes es variable, desde 200 litros hasta 1000 litros conectados unos a otros en serie.

Réplica de estos modelos fueron realizados en Venezuela, en tesis llevadas conjuntamente con la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela y el Proyecto Vetiver de Fundación Empresas Polar. Al respecto, Mónica Scavo et al, 2000, (foto N° 2) realizaron evaluaciones de un sistema que había sido montado en Pepsi-Cola Venezuela-Planta Villa de Cura por Luque y Colaboradores, 2000 (Comunicación Personal).

En la finca Elmaisanco, Luque y Nuñez, 2001 evaluaron el efecto del vetiver colocado en plataforma flotante, en el tratamiento de aguas contaminadas con gasoil con resultados parciales satisfactorios.(foto N° 3) Sin embargo, las plantas de vetiver no soportaron nuevos derrames de gasoil y hubo una pérdida total.

En Pepsi Cola Venezuela, Planta Tocarón, Luque et al, 2000, montaron un sistema de tratamiento terciario de aguas residuales con plantas de vetiver suspendidas en una estructura de acero inoxidable, localizadas en la última piscina, después de dos años de localización de las plantas ha disminuido significativamente los sólidos totales o suspendidos, así también ha habido efectos sobre disminuciones relativas de fósforo y nitrógeno. Sin embargo, en esta pequeña laguna aplican cloro al agua y se asume que esta práctica disminuye considerablemente el crecimiento de las raíces de las plantas.

La empresa INLACA, una procesadora de frutas para jugo y envasadora de leche, en Valencia, estado Carabobo, también monto una serie de plataformas flotantes con vetiver para el tratamiento terciario de aguas residuales, en proceso de evaluación. R. Plaza, Comunicación personal, 2006. Actualmente, hay un sistema experimental basado en el sistema de tambores conectados unos a otros, construido en Cervecería Polar, Planta San Joaquín-Venezuela, foto 4.

Modelo Teórico

Partiendo de una raíz de vetiver sumergida y proveniente de plantas colocadas en plataformas flotantes. Permiten hacer las siguientes consideraciones:

Similitud al sistema conocido como biodisco. (ver modelo propuesto figura N° 1)

En este medio se vislumbran dos sistemas aeróbico-anaeróbico, en la interfase raíz lodo depositado sobre las mismas, con una alta población microbiana que contribuyen a las diversas transformaciones de las sustancias contaminantes en el agua.

El segundo sistema de tratamiento esta conformado por el propio consumo que hace la planta de vetiver, por un lado del nitrógeno en forma nítrica y amoniacal, las dos formas de absorción de nitrógeno de los vegetales, y lo cual no debe ser diferente en el vetiver que generalmente están asociados al conocido flujo masal, es decir junto con la corriente producida por el fenómeno de evapo transpiración se absorben, traslocan y se transforman estos nutrientes en proteínas y otros sub productos de la fotosíntesis.

La presencia de algas verdes tipo filamentosa dentro del sistema y posiblemente una asociación conocida como azolla-anabaena, que fija nitrógeno del aire, pero que a su vez por el principio de fotosíntesis produce aportes de oxígeno al medio acuático, y por la respiración aportes de CO₂. Esto contribuye a alimentar el sistema dúo areobio-anaerobio.

No menos importante es la consideración de la teoría de la doble capa difusa, al comportarse las partículas que se fijan en las raíces como un sistema con cargas negativas y por intercambio iónico muchos cationes van siendo remplazados del sistema de aguas residuales hacia esta doble capa difusa y luego hacia la planta o sencillamente muchos de estos quedan adsorbidos al sistema con el crecimiento de nuevas raíces y la capacidad de absorción-adsorción se restablece.

Otros aspectos importantes están relacionados con el metabolismo y sus productos de los diversos microorganismos que ocurren en el sistema, bacterias autótrofas, heterótrofas. Formas de obtención de la energía: a través de la luz y del sistema de fotosíntesis, como la presencia de aquellos organismos heterótrofos cuya energía es obtenida del carbono presente en el dióxido de carbono.

Sistema aeróbico-anaeróbico

Es interesante determinar las curvas de eliminación de N-NH₄ y N-NO₃ a través de diversos gradientes en el eje horizontal

Curva de eliminación y/o absorción de Flour

Mecanismo de eliminación de fósforo
 Mecanismo de absorción-adsorción-desorción de metales pesados y micronutrientes.
 Estudios de la tasa de difusión de oxígeno con electrodo de platino.
 Estudios sobre hongos-micorrizas en este medio acuático.

Conclusiones

Estas consideraciones abren un abanico de posibilidad para investigaciones básicas que ayuden a explicar o entender los complejos procesos involucrados en el tratamiento de aguas residuales usando al vetiver sembrado en plataformas flotantes con un considerable ahorro de energía y productos químicos o sistemas de tratamiento más complejos.

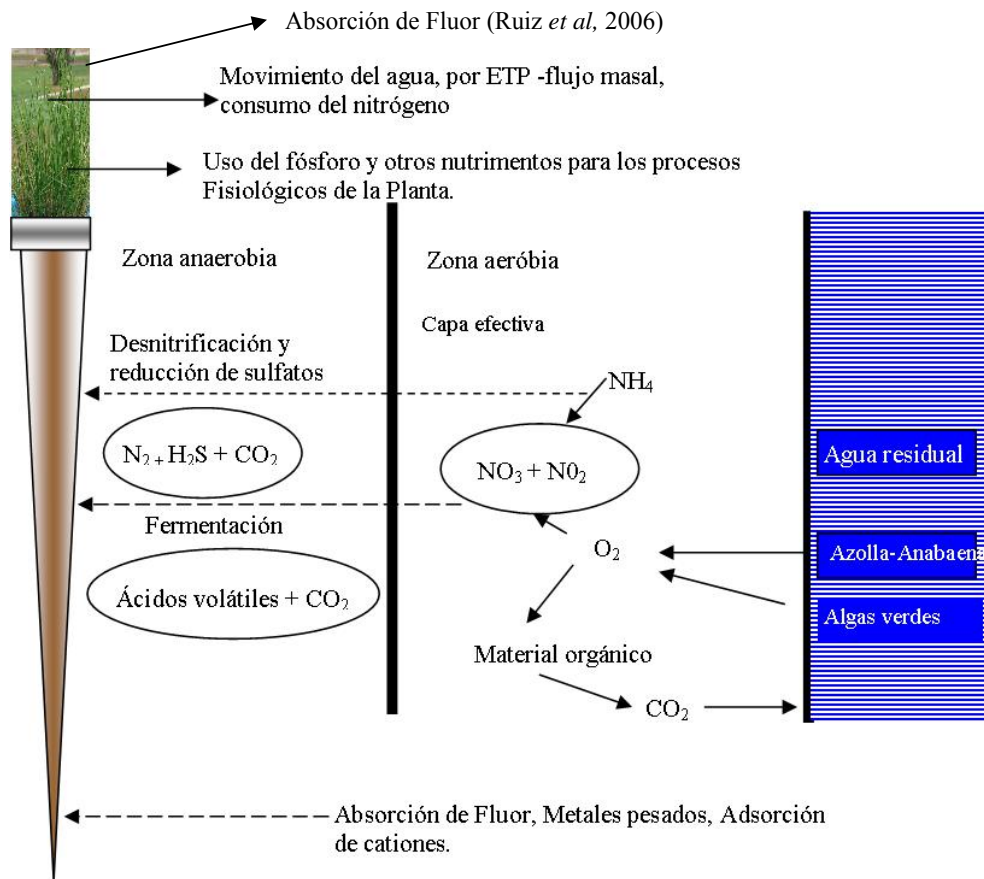


Figura N° 1. Modelo Propuesto, para explicar la transformación y utilización de algunos compuestos dentro del sistema hidropónico-vetiver. (Adaptado del sistema de nitrificación desnitrificación propuesto por S. González, (1996) y Seavo *et al*, 2006.

Breve descripción del primer autor: Ingeniero Agrónomo, Universidad Central de Venezuela, 1969; Maestría en Ciencia del Suelo, Universidad Gante-Bélgica, 1972; Doctor en Ciencia del Suelo, Universidad Central de Venezuela, 1982. Asesor ambiental de Empresas Polar, Coordinador General del Proyecto Vetiver de Fundación Empresas Polar.

Agradecimiento: A Empresas Polar, Planta San Joaquín, Planta Oriente por el apoyo en el montaje de experimentos. A Pepsi-Cola Venezuela, por creer en la necesidad de apoyar investigaciones básicas y aplicadas que contribuyan a resolver complejos problemas; a Fundación Empresas; por la confianza depositada y apoyo a todas estas iniciativas que han contribuido a fomentar el conocimiento sobre el vetiver en Venezuela. También es extensivo este agradecimiento al grupo de fincas Elmaisanco el cual ha apoyado muchas incipientes investigaciones con el vetiver en terrenos de las granjas.

BIBLIOGRAFIA

- Ewis, J; S. Ergas; D. Chang; Shroeder, E. 1998. Bioremediation Principles. WCB-McGraw-Hill Co
- Gonzalez, S. 1996. Nitrificación y desnitrificación con biodiscos. Rev. Avisa vol. 1, Caracas-Venezuela.
- Luque, O y R. Nuñez, 2001. Informe preliminar en finca Elmaisanco en tratamiento de aguas contaminadas con gasoil provenientes de una Planta eléctrica de emergencia. En minutas reuniones internas del equipo coordinador de las fincas Elmaisanco-La Marroquina. Yaracuy, Venezuela.
- Luque, O y Baldonio, D. 2000. Efecto del vetiver en sistema. Pepsicola Venezuela-Planta Tocorón.
- Plaza, R y O. Luque. 2006. Efecto del vetiver en el tratamiento terciario con plataformas flotantes de vetiver. Comunicación Personal, email .
- Truong, P. and Hart, B. 2001. Vetiver System for Wastewater Treatment. Tech. Bull. N° 2001/2. PRVN / ORDPB, Bangkok, Thailand.
- Truong, P.; and Smeal, C. 2003. Research, Development and Implementation of the Vetiver System for Wastewater Treatment. PRVN Tech. Bull. N° 2003/3, ORDPB, Bangkok, Thailand.
- Ruiz, Y, O.Luque, O. Rodríguez, M. Alarcón. 2006. Desarrollo de un Sistema de Tratamiento para la Remoción de Flúor del Agua mediante El Uso de Vetiver (*Chrysopogon zizanioides* L.) en Guarataro, Yaracuy, Venezuela. En memorias del ICV 4 –Caracas-Venezuela.
- Scavo, M. O. Rodriguez y O. Luque, 2006. Estudio de un sistema de tratamiento de aguas residuales complementario, con pasto vetiver proveniente de una planta de producción de gaseosas en Villa de Cura Estado Aragua, trabajo presentado en ICV 4, Caracas Venezuela.

ANEXOS

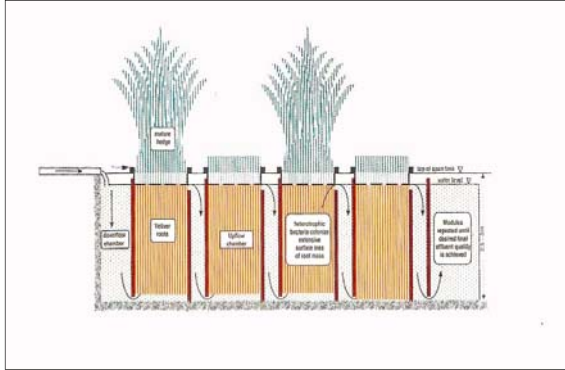


Foto 1. Modelo ADIC/VOCA, Modificado por Tim Journey's. Referido por Troung and Hart, 2001.



Foto 2. Modelo construido en la Planta Pepsicola-Tocorón, y aprovechado para tesis de maestría. (M.Scavo et al. 2006)



Foto 3. Tratamiento de aguas contaminadas con gasoil en la finca Elmaisano. (Luque y Nuñez, 2000)



Foto 4. Sistema de tratamiento para el estudio de aguas residuales de una Planta de Cervecería-Planta San Joaquín, estado Carabobo Venezuela.



Foto 5. Experimento para tratamiento de aguas contaminadas con fluor. Tesis de maestría. Yazmin Ruiz.



Foto 6. Sistema de tratamiento para el estudio de aguas residuales en INLACA, estado Carabobo. Venezuela