

Disposición final de aguas y lodos residuales industriales tratados a través de sistemas naturales inducidos

Francisco Simón Pedrique Padilla

*Cervecería Polar C.A., planta Modelo. Km 10, vía la Cañada, Maracaibo,
Estado Zulia, Venezuela*

Resumen

El aprovechamiento de aguas y lodos residuales (ALR) en agricultura, forestación, acuicultura, áreas verdes y campos deportivos en zonas urbanas ha sido extensamente reconocido y documentado a nivel mundial, por lo que el objetivo del presente trabajo fue evaluar la factibilidad de uso de las ALR, de la planta de tratamiento de agua residuales industriales de Cervecería Polar C.A. planta Modelo, en la recuperación y transformación, de una superficie de 54 has, desforestada con fines urbanos, en un bosque protector de dicha industria cervecera, como estrategia de disposición final de ALR, mostrando y demostrando su compromiso con un desarrollo ambientalmente sustentable. Se efectuó un plan maestro de ordenación o asignación de uso del terreno, sobre la cual se definieron todos los aspectos técnicos y de desarrollo, inherentes a, uso de agua residual con fines de riego (calidad, lamina y frecuencia, fracción de lavado de sales, método de aplicación, etc), manejo y utilización de lodos residuales (secado y/o estabilización, disposición final, compostaje) y creación paisajística múltiple y asociada de áreas verdes y bosques que denominamos "sistemas naturales inducidos (SNI)" como receptores finales o consumidores de las ALR. Como resultados, luego de 20 años de ejecuciones, destacan, desarrollo de aproximadamente 54 has de SNI (bosques, áreas verdes y deportivas, jardines y jardineras en el área industrial), bajo riego y mantenidas con ALR, tratamiento y disposición final de los lodos residuales, vía aplicación directa a los SNI y/o compostaje, selección y producción de 78 especies vegetales, adaptadas a las condiciones salino-sódicas de los "suelos" iniciales y al contenido salino típico de las aguas residuales, todo ello permitió evidenciar que es factible la utilización de ALR para la creación de SNI, así como, que los SNI son una solución ambientalmente sustentable como receptores o digestores finales de ALR

Palabras clave: Disposición final; re-uso de aguas residuales industriales tratadas; sistemas naturales inducidos; uso de lodos residuales cerveceros.

*

Final disposition of waters and residual muds industrial treaties through induced natural systems

Abstract

The advantage of waters and residual muds (WRM) in agriculture, green forestación, acuicultura, areas and sport fields in urban zones extensively has been recognized and documented to world-wide level, reason why the objective of the present work was to evaluate the feasibility of use of the WRM, the plant of industrial residual water treatment of Polar Brewery C.A plants Model, in the recovery and transformation, of a surface of 54 hectare, desforestada with urban aims, in a protective forest of this brewing industry, like strategy of final disposition of WRM, showing and demonstrating its commitment with an environmentally sustainable development. A masterful plan of arrangement or allocation of use of the land took place, on which all the technical aspects and of development were defined, inherent to, residual water use with irrigation aims (quality, laminates and frequency, fraction of washing of salts, method of application, etc), residual mud handling and use (dried and/or stabilization, final disposition, compostaje) and landscaping creation multiple and associated of green areas and forests that we denominated "induced natural systems (INS)" like final or consuming receivers of the WRM. Like results, after 20 years of executions, they emphasize, development of approximately 54 hectare of INS (forests, green and sport areas, gardens and jardineras in the industrial area), under irrigation and maintained with WRM, treatment and final disposition of residual muds, via direct application to the SNI and/or compostaje, selection and production of 78 vegetal species, adapted to the conditions saline-sodicas of "initial grounds" and to the typical saline content of residual waters, all it allowed to demonstrate that the use of WRM for the INS creation is feasible, as well as, that the SNI are an environmentally sustainable solution like receivers or final digestores of WRM.

Key words: Brewing residual mud use; final disposition; induced natural systems; re-use of treated industrial residual waters.

Introducción

Toda planta de tratamiento de aguas residuales, en especial las aeróbicas, adicional al agua, genera lodos residuales, debido a las operaciones y procesos realizados en ese tratamiento. Los lodos, no son mas que un liquido o liquido semisólido, con un contenido de sólidos variable (entre 0,25 y 12 % en peso), formado principalmente, por las sustancias responsables del carácter desagradable de las aguas residuales no tratadas (1), y que deben ser tratados porque tienen altas concentraciones de microorganismos (2). El tratamiento y evacuación de lodos es, quizás, el problema mas complejo al que se enfrenta el Ingeniero sanitario (1), mencionando al espe-

samiento, acondicionamiento, deshidratación y secado de lodos como alternativa de eliminación de humedad y a la digestión anaeróbica o aeróbica, incineración, compostaje como métodos para estabilizar la materia orgánica contenida en los lodos y finalmente la aplicación al suelo (agrícola o no), comercialización (re-acondicionador de suelo, como fertilizante o compost), vertido a vertederos de lodos e incineración como mecanismos de evacuación.

El potencial de uso de aguas residuales tratadas es amplio y está bastante documentado (2 y 3) en particular en zonas áridas y semiáridas, como la de la localidad, donde la escasez de agua hace que se aprovechen todos los recursos hídri-

cos disponibles, como las aguas residuales y en especial si están tratadas, con fines agrícolas, pecuario, acuícola, forestal, áreas verdes y re-uso industrial. El estado Venezolano, por intermedio del Ministerio del Ambiente, en el año 1980, concedió la autorización para la instalación de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) de Cervecería Polar, planta Modelo, condicionado, entre otras, en que los efluentes tratados deben ser dispuestos para riego de la áreas verdes de la Planta Cervecera y los lodos residuales conforme al procedimiento técnico aprobado. En este sentido y dado que, las posibilidades de uso, tanto de aguas como de lodos residuales tratados, ha sido extensamente reconocidas, el objetivo de este trabajo fue establecer el aprovechamiento conjunto de ellos, mediante la generación de un sistema que garantice su consumo o disposición final.

Materiales y Métodos

Inicialmente se formuló el problema, se realizó la revisión de la literatura y se determinaron los antecedentes de la investigación. Posteriormente se desarrollo el trabajo en varias etapas, la primera, consistió, en efectuar las caracterizaciones necesarias, tanto de los vertidos (alrededor de 5.000 m³/día) como de los desechos (entre 1.000 y 1.600 m³/mes). En cuanto a los desechos, se tomaron los resultados, en particular las caracterizaciones, obtenidos en (4), en la cual destacan, su alto % de materia orgánica (MO), alta capacidad de intercambio cationico (CIC), alto % de retención de humedad, aceptable contenido de nutrientes, nivel de salinidad apreciable. Se evaluó la presencia de metales pesados, a diferentes momentos, en función a la etapa de procesamiento de lodo, a saber: en lodo fresco o húmedo, en lodo seco estabilizado, en el suelo del lecho de secado y en el suelo en donde, hace 10 años, se adicione lodo. Los resultados fueron comparados con los valores establecidos en el Decreto 2635, de la Legislación Ambiental Venezolana, que regula lo inherente a sustancias, materiales y desechos peligrosos (5).

Con relación a los vertidos, concretamente el agua residual industrial tratada, las caracterizaciones inicialmente incluyeron: pH, tempera-

tura, DBO, DQO, OD, coliformes fecales, sólidos suspendidos totales (SST), conductividad eléctrica, nitrógeno, fósforo, alcalinidad, carbonato, bicarbonato, metales pesados, También se efectuaron, otros parámetros tales como Na, Ca, Mg, K, cloruro, sulfato y la relación de adsorción del sodio (RAS), siguiendo las directrices técnicas (3) de uso del agua con fines de riego. Esto permitió la definición inicial de las condiciones mínimas para un riego eficiente (cantidad, calidad, frecuencia, método de aplicación, manejo de sales, entre otras).

En cuanto a suelos y vegetación, prácticamente no se efectuaron caracterizaciones, debido a que en el terreno, la deforestación con fines urbanísticos realizados en años previos al proyecto, dejaron una capa arcillosa (argilico aflorado) al descubierto, desprovista de vegetación y suelo. Luego de las caracterizaciones, con sus resultados, con las asignaciones de uso de los espacios, con las necesidades de franjas perimetrales de protección de la industria contra polvo atmosférico ambiental y con los requerimientos de disposición final de aguas y lodos residuales, se definió un plan maestro de desarrollo de los SNI, en función de la visión ambiental de la empresa, en donde se adoptaron lineamientos de aprovechamiento de: a) los lodos como re-acondicionador de suelos, por sus múltiples bondades, en cuanto a nutrientes, C.I.C., % de materia orgánica, capacidad de retención de humedad, entre otras (6, 7), adoptando las practicas necesarias de manejo por su contenido de sales (4) o como compost para aplicación directa como "mulch" (8) o fertilizante, con algunas ventajas adicionales: eliminación de los problemas de olor y aspecto desagradables del residuo, reducción de volumen y cambio de estado físico (semilíquido a sólido) y facilitar su manejo (6 y 9), b) las aguas residuales, tomando en consideración las pautas y alternativas de manejos para aguas con contenidos de sales establecidas por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (3) y c) selección, producción y siembra de las especies vegetales requeridas y adaptables a las condiciones del proyecto que conformarían los SNI, aplicando un modelo sucesional, de ejecución por etapas en donde las especies pioneras

fueron las de cobertura, las más resistentes y de crecimiento rápido, para lograr el efecto paisajístico inmediato. Posteriormente fueron sembradas las plantas secundarias, de crecimiento lento, de media a larga vida y a distancias de siembra en función del piso posicional que ocupara y que conformaran, a futuro, el bosque definitivo.

Resultados y Discusión

El área donde se encuentra ubicada la planta cervecera en la ciudad, corresponde a un mesoclima árido, en un terreno que había sido deforestado, con ausencia de capa vegetal, dado a su extracción para hacer asfalto, razón por lo cual, se procedió a la creación de "suelos" que sirviera de sostén o soporte a los sistemas naturales inducidos (SNI), mediante la mezcla de la capa arcillosa compacta del argílico con los lodos residuales generados por la PTAR (entre 18.000 a 20.000 m³ anuales), aprovechando la propiedad cementante de la materia orgánica contenida en ellos (6), las proporciones de mezcla predominante fueron de 3 a 1 (lodo residual : arcilla). En la actualidad gran parte de los lodos se siguen utilizando en el mantenimiento de los SNI.

En la Tabla 1, se indican los resultados de evaluaciones realizadas a los lodos, que van desde caracterizaciones en lodo residual puro fresco, pasando por un suelo testigo sin aplicación de lodos, por el suelo o piso del lecho de secado, hasta lodos con más de 10 años de incorporado al ambiente. Los resultados obtenidos evidencian que los valores están por debajo de lo establecido en la Legislación que regula la materia (5).

El compostaje fue elaborado a partir de la tropicalización de la tecnología de compostaje conocida como "en línea" o "windrow" (6). A partir de esta fuente y luego de múltiples experiencias y pruebas en sitio, se obtuvo de un paquete tecnológico para el compostaje de los lodos residuales a escala industrial, transformando un pasivo en un activo ambiental (aproximadamente se lleva a compostaje entre el 35 al 50% de los lodos residuales generados, dependiendo de las condiciones climáticas, disponibilidad tanto de material vegetal "estructurante" como de lechos para mezcla y de los niveles de producción). En

promedio, la duración del proceso de compostaje esta en el orden de 3 meses, con un máximo de 4 y un mínimo de 2, dependiendo de la frecuencia de "volteado o movimientos para aireación, del material estructurante y de las condiciones climáticas.

Mediante el seguimiento de la temperatura de la "pila de compost" se verifica la eficacia de dicho proceso, normalmente a partir del cuarto día se observa un aumento significativo de la temperatura hasta llegar a valores de 60 a 80°C, momento a partir del cual, dependiendo de varios factores, granulometría resultante del material, olores, consistencia, color, debe interrumpirse dicho ascenso mediante volteado y posterior conformación de pila, para reiniciar nuevamente el proceso metabólico. Con este procedimiento se restablece nuevas comunidades de microorganismos que completan con éxito el proceso de compostaje. Actualmente se efectúa la transformación a compostaje de aproximadamente el 50% de los lodos residuales, el resto junto con el compost que no ha sido vendido o donado, se incorpora al ambiente a través de los SNI, lográndose de esta manera la disposición final del 100% los lodos residuales generados por la planta de tratamiento.

Aproximadamente, 52,84 has de los SNI es irrigado por aspersión, re-usando las aguas residuales industriales tratadas. Estas aguas se caracterizan para verificación del cumplimiento de normas ambientales y se reportan trimestralmente al Ministerio del Ambiente, conforme a lo establecido en la Legislación Venezolana que regula la materia (12) para el uso y descargas de aguas residuales, dichas aguas presentan una conductividad eléctrica en el orden de 2,2 mS/cm y con una predominancia del sodio a valores de hasta 450 - 500 ppm, que la ubica en la escala de clasificación de aguas sugerida por la FAO (3) con fines de riego en C3S3 demandando prácticas especiales para su utilización, tales como, drenaje adecuado, garantizar alta disponibilidad de agua en el suelo, gestión apropiada y control del RAS y salinidad y su relación, selección de plantas, profundidad de lavado, entre otros.

Tabla 1
Análisis de Metales Pesado. Lixiviados de los desechos (Lodos residuales).

Parámetro	Valores permitidos	Unidad	Lodo 10 años de incorporado al ambiente	Testigo: Suelo planicie Maracaibo	Suelo del lecho de secado	Lodo residual puro fresco
Arsénico	5,0	mg/L	< 0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Bario	100	mg/L	5,0	0,6	1,0	3,6
Cadmio	1,0	mg/L	<0,01	<0,01	0,20	0,20
Cromo	5,0	mg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Mercurio	0,2	mg/L	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Niquel	5,0	mg/L	0,06	0,66	0,06	0,06
Plata	5,0	mg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Plomo	5,0	mg/L	0,04	0,08	0,12	0,08
Selenio	1,0	mg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01

Análisis realizados en INZIT-CICASI. Abril 2005.

Otro aspecto importante de esta investigación fue la identificación, selección, colección, siembra, producción o reproducción en vivero y posterior evaluación de adaptabilidad "in situ", para las condiciones creadas de los SNI, de 78 especies vegetales resistentes a las condiciones de manejo de aguas salobres, suelos salinos y salinos sodicos. Los resultados de las especies vegetales seleccionadas y que superaron el proceso de adaptación y actualmente son plantas adultas, que cumplen su ciclo evolutivo y logran su floración y fructificación, se encuentran resumidos la Tabla 2, en la cual se muestran algunas de las especies más relevantes. Es bueno reseñar que los análisis de suelos efectuados, en los pequeños lotes que la empresa cervecera había desarrollado con áreas verdes en sus inicios, indicaban que estaban salinizados y/o sodificados.

Conclusiones

En general, se demuestra que es factible la utilización de ALR para la creación de SNI, así como, que los SNI son una solución ambientalmente sustentable como receptores o digestores finales de ALR, evidenciándose una vez más, la capacidad de respuesta que tiene la naturaleza, cuando el hombre mediante la combinación ar-

moniosa de los tres elementos: suelo, agua y vegetación, logra devolver a ella, unos recursos que le pertenecen. En lo particular, se puede afirmar que:

La creación de sistemas naturales inducidos (SNI) ha permitido la disposición final de aguas y lodos residuales de la PTAR.

Los SNI, muestran y demuestra la compatibilidad de la actividad cervecera con el medio ambiente.

La sustentabilidad ambiental de la actividad cervecera garantiza el único pulmón verde al sur de la ciudad de San Francisco.

Se evidencia el proceso de compostaje como un mecanismo industrializable de gestión de residuos sólidos orgánicos, en particular, lodos residuales cerveceros.

Se demuestra que es factible desarrollar parques, espacios de áreas verdes, SNI en los perímetros urbanos, áreas de coberturas o sellado final de los rellenos sanitarios Municipales, a partir del reuso de aguas y lodos residuales tratados.

El re-uso del agua y lodo ha permitido el aprovechamiento de estos recursos para la recuperación ambiental de 54 has de terrenos y su

Tabla 2
Especies utilizadas en los SNI que muestran resistencia a sales.

Especies de cobertura			
Nombre vulgar	Nombre científico	Nombre vulgar	Nombre científico
Gramma japonesa	<i>Zozicia sp</i>	Vedelia maravilla	
Gramma bermuda	<i>Cinodon dactylon</i>	Malanga dorada	<i>Scindapsus aureus</i>
Palmas			
P. Abanico	<i>Pritchardia pacifica</i>	Livistona	<i>Livistona chinensis</i>
P. corozo	<i>Scheelea macrocarpa</i>	P. datilera	<i>Phoenix dactylifera L.</i>
P. Boston	<i>Ptychosperma macarthurii</i>	P. carata	Sabal <i>mauritiaeformis</i>
P. Reina	<i>Chrysalidocarpus lutescens</i>	P. California	<i>Washingtonia filifera</i>
Chaguaramo criollo	<i>Roystonea venezuelana</i>	P.hoja redon	<i>Thrinax parviflora</i>
Chaguaramo enano	<i>Veitchia merrillii</i>	Washingtonia	<i>Washingtonia robusta</i>
Colapez multicaule	<i>Caryota mitis</i>	Coco dorado	<i>Cocos nucifera</i>
Árboles			
Guayaba pascua	<i>Syzygium cumini</i>	Ben	<i>Moringa oleifera</i>
Eucalitos	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	Dividive	<i>Caesalpinia coriaria</i>
Nim	<i>Azadirachta indica</i>	Sagu	<i>Cycas tevoluta</i>
Roble	<i>Platymiscium diadelphum</i>	Palitroque	<i>Euphorbia tirucalli L.</i>
Ceibote		Bambu	<i>Bambusa vulgaris</i>
Matarraton	<i>Gliricidia sepium</i>	Caobo	<i>Swietenia macrophylla</i>
Picus Benjamín	<i>Picus benjamina L.</i>	Cuji yaque	<i>Prosopis juliflora</i>
Matamaplos	<i>Picus sp.</i>	Yacure	<i>Pithecellobium dulce</i>
Árbol sagrado	<i>Ficus religiosa</i>	Caucho esparta	<i>Picus lyrata</i>
Baobab	<i>Adansonia digitata L.</i>	Matapalo laurel	<i>Picus retusa</i>
Apamate	<i>Tabebuia rosea</i>	Retrama	<i>Thevetia peruviana</i>
Uva de playa	<i>Coccoloba uvifera</i>	Caujaro	<i>Cordia alba</i>
Caobo dominicano	<i>Swietenia mahogoni</i>	Lluvia de oro	<i>Cassia fistula L.</i>
Totumo	<i>Crecentia cujete L.</i>	Almendron	<i>Terminalia catappa L.</i>
Arbol salchicha	<i>Kigelia pinnata</i>	Cremon	<i>Thespesia populnea</i>
No me olvides	<i>Cordia sebestena L.</i>		

transformación en sistema naturales inducidos (SNI) dentro de las instalaciones de la cervecera, constituidos por, 33.63 has de bosques y espacios de vegetación consolidados conformando diferentes ambientaciones paisajísticas de uso contemplativos, 20 has desarrolladas para uso intensivo de actividades deportivas, jardines y jardinerías en el área industrial.

Agradecimientos

Más que agradecimiento, un reconocimiento al tren Directivo de Empresas Polar C.A., a los Gerentes Generales que han conducido a planta Modelo (Rafael Vera V., José A. Vargas V. y a Carlos Arancibia), a los Gerentes de las áreas operativas, a todo el personal supervisorio y trabajadores de planta Modelo y Samantesa (empresa filial), especialmente a Maximino Vargas y José Núñez y a Carmelo Ferini y Antonio Cicero, quienes todos ellos con una alta sensibilidad ambiental y conocimientos, comprometidos e identificados con los valores de Responsabilidad Social, Integridad y Ética de Empresas Polar, tuvieron la visión, la fe, la confianza de que con su desempeño y comportamiento ambiental conforme, podríamos alcanzar las metas que nos propusimos.

Referencias Bibliográficas

1. METCALF & EDDY Ingeniería de Aguas Residuales, tratamiento, vertido y reutilización. Tomo 2, McGraw Hill, México, D.F (México), pp. 865, 1996.
2. LEON G., MOSCOSO J. Curso de tratamiento y uso de aguas residuales. CEPIS. Lima (Perú), p. 151, 1996.
3. AYERS R., WESTCOT D. La calidad del agua en la agricultura estudio riego y drenaje. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). 29 Rev.1. p. 174, 1987.
4. CONVENIO FONAIAP FUNDACION POLAR. Estudio de los lodos residuales de cervecera como acondicionadores del suelos Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Est. Exp. Anzoátegui. (Informe final), El Tigre (Venezuela), p.249, 1986.
5. Normas para el control de la recuperación de materiales peligrosos y el manejo de los desechos peligrosos. Gaceta oficial de la República de Venezuela No 5.245 Extraordinario. Decreto No 2.635, julio, 22, 1998.
6. LUQUE O., BRACHO O. Utilización de lodos residuales de cervecera como mejoradores de suelos en los llanos orientales de Venezuela. Revista AVISA. Asociación Venezolana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Caracas (Venezuela), p. 3-8, 1988.
7. BLANCO E., CARDENAS C., BRACHO N., DELGADO J., SAULES L. Uso de lodos sobrenadantes provenientes de lagunas de estabilización como acondicionador del suelo. Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, 26 (AIDIS 98); Lima (Peru), p. 1-5, 1998.
8. POMPEIA S. Curso de recuperación de áreas degradadas por contaminación. LUZ, Facultad Experimental de Ciencias. Maracaibo (Venezuela), p. 128, 1993.
9. BELTRAME K., ALOISI R., VITTI G., BOLLUDA R. Compostaje de un lodo biológico de la industria cervecera con aireación forzada y virutas de eucalipto. Sociedad Española de la Ciencia del Suelo. Universidad de Granada, Granada (España) Vol. 6. p. 85-93, 1999.
10. HOYOS J. Flora Tropical Ornamental. Sociedad de Ciencias Naturales La Salle. Caracas (Venezuela), Artes Graficas Toledo, S.A. (Toledo), p. 430, 1978.
11. HOYOS J. Los Árboles de Caracas. Sociedad de Ciencias Naturales La Salle. Caracas (Venezuela), Artes Graficas Toledo, S.A. (Toledo), p.382, 1979.
12. Normas para la clasificación y el control de la calidad de los cuerpos de aguas y vertidos o efluentes líquidos. Gaceta oficial de la República de Venezuela No 5021 Extraordinario. Decreto No 883, octubre, 11, 1995.