

DELOS: Revista Desarrollo Local Sostenible. Grupo Eumed.net y Red Académica Iberoamericana Local Global



DELOS: Desarrollo Local Sostenible
Una revista académica
Vol 1, Nº 3 (septiembre 2008)
www.eumed.net/rev/delos/03/

**ALTERNATIVAS DE REUTILIZACIÓN DE AGUAS RESIDUALES REGENERADAS EN SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE LA PENÍNSULA DE PARAGUANÁ
(ESTADO FALCÓN – REPUBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA)**

Ing. Maria de Los Ángeles Daal Parra¹

Ing. Maria Beatriz Bracho²

Ing. Zuleima Escalona³

Ing. Roberto Garcia⁴

Universidad Nacional Experimental "Francisco de Miranda"⁵
República Bolivariana de Venezuela
angeles_1706@hotmail.com

Resumen

Esta investigación tuvo como objetivo proponer alternativas de reutilización del agua regenerada por los Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales Domesticas existentes en la Península de Paraguana. La investigación inicio con la identificación de los Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales Domesticas existentes en la Península de Paraguana, se realizaron visitas para describir la situación actual de los Sistemas. Además, se determino la calidad del agua regenerada con la finalidad de proponer las alternativas de reutilización mas conveniente, contribuyendo al ahorro del agua potable y destinando esta solo para el uso domestico e industrial que la requiera. Posteriormente se elaboro una propuesta de mantenimiento y control para cada uno de los Sistemas objeto de estudio, a fin de mejorar la calidad del efluente. De acuerdo a los resultados obtenidos en los análisis químicos, el único sistema cuyo efluente cumple con las condiciones mínimas exigidas para el riego y usos urbanos, es el sistema integrado de Humedales Construidos del Parque Metropolitano. Resulta indispensable la aplicación de mecanismos de mantenimiento y control para mejorar la calidad del efluente de los Sistemas de Tratamiento de Adicora, Santa Ana y Oasis, y de esta forma, reducir la contaminación y obtener agua apta para su reutilización.

Palabras claves: aguas residuales, sistemas de tratamiento, reutilización, humedales, lagunas de oxidación.

¹ Ing. Industrial, docente – investigador de la Universidad Nacional Experimental "Francisco de Miranda", Coordinadora por el programa de Ingeniería Mecánica en la Comisión para la Implantación de la Ley de Servicio Comunitario. Venezuela.

² Ing. Industrial, Asistente de Planificación en el Instituto Nacional de Vialidad del Estado Falcón - Venezuela

³ Ing. Esp. Zuleima Escalona, Asesor Especialista en la elaboración del Plan de Saneamiento Ambiental de la Ciudad Ecológica "Rafael Urdaneta". Municipio Lagunillas, Estado Zulia. PDVSA – Venezuela.

⁴ Ing. Industrial, Egresado de la Universidad Nacional Experimental "Francisco de Miranda" Estado Falcón – Venezuela.

⁵ CODZIP:4101, Urb Cruz Verde, bloque 4 apart 02-03 Estado Falcón - Venezuela

1. EL PROBLEMA

La implantación de Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales surge de la necesidad de proteger al medio ambiente y evitar riesgos en la salud de los seres vivos. Actualmente se han realizado investigaciones y proyectos orientados a la reutilización de aguas residuales con la finalidad de satisfacer las demandas del vital líquido.

En el caso de Venezuela, un país que a pesar de contar con grandes recursos hídricos, el patrón de asentamiento de la población hace que esta abundancia sea relativa. La disponibilidad de estos recursos, está siendo alterada por causa de los crecientes problemas de contaminación de los cuerpos de agua que han venido provocando los procesos de urbanización e industrialización acelerada y sin una adecuada planificación, el uso de agroquímicos no biodegradables, las consecuencias de una actividad minera no controlada y la contaminación proveniente de derrames de crudo. Estos problemas, aunque son incipientes en algunas regiones, en otras están siendo causa de limitaciones severas para usos como el turístico - recreacional y para el mismo abastecimiento a las poblaciones (Informe Nacional sobre la Gestión del agua en Venezuela, 2000).

La Península de Paraguaná no escapa de esta realidad, por lo que la activación de la Zona Libre ha traído como consecuencia la expansión y desarrollo del turismo, generando así el crecimiento acelerado de la población en los últimos años, y con ello aumenta la construcción de nuevas urbanizaciones, centros comerciales y recreacionales que originan el incremento de la demanda de agua.

Según cifras estimadas por el Instituto Nacional de Estadística (Censo 2001), se espera que la población del estado Falcón se incremente de 901.518 habitantes en el 2007 a 1.029.638 habitantes para el 2015. Si el promedio de consumo per cápita de agua se mantiene en los niveles actuales, es decir 424 litros por día (lpd) según el Informe Nacional sobre la Gestión del agua en Venezuela del año 2000, se estaría hablando de un incremento de 54.322.880 lpd y de un consumo total para el año 2015 de 436.566.512 lpd, lo que representaría un consumo de agua potable de 13.096.995 m³/mes; siendo la producción promedio de la Hidrológica de los Medanos Falconianos hoy en día tan sólo de 11.724.341 m³/mes (HIDROFALCON C.A, 2007). En base a esta cifra, si el ente encargado de la gestión del recurso hídrico no ejecuta proyectos destinados al aumento de la disponibilidad de agua potable, se produciría como consecuencia un importante desabastecimiento de agua para los próximos años.

A raíz de esta situación, la reutilización de aguas residuales ha cobrado un significativo auge, ya que esta surgiendo como una nueva fuente de suministro técnicamente viable, por lo cual, esta práctica debe ser incluida dentro de la gestión integral del agua y asumida dentro de la estructura de las instituciones del sector hidráulico.

Por eso, se realiza un estudio que permita evaluar las alternativas de reutilización del agua regenerada en los Sistemas de Tratamiento de la Península de Paraguaná con la finalidad de sustituir el agua potable por agua regenerada en actividades del sector agrícola, recreacional o municipal, y de esta manera contribuir al aumento de la disponibilidad de agua potable para la población, así como también destacar los beneficios tangibles e intangibles de los Sistemas que puedan ser aprovechados para contrarrestar esta problemática.

2. FASES METODOLÓGICAS

FASE I. Determinación de la situación actual de los Sistemas de Tratamiento

Esta fase estuvo comprendida por la recopilación de la información a través de la consulta de material bibliográfico, así como visitas y entrevistas a los entes responsables de la gestión de aguas servidas, de igual forma se procedió a realizar visitas a cada uno de los Sistemas de Tratamiento que se encuentran distribuidos en la Península de Paraguaná con la finalidad de conocer las condiciones físicas actuales de cada uno de los sistemas.

FASE II. Evaluación de la calidad del agua regenerada en los Sistemas de Tratamiento.

Esta fase comprendió la recolección de muestras de agua de las plantas de tratamiento para lo cual se elaboró un Programa de Muestreo con la finalidad de evaluar los parámetros que definieron la calidad del agua. Los parámetros determinados fueron los siguientes: Organismos Coliformes Totales, Sólidos Totales, Sólidos Suspendidos, Sólidos Disueltos, Demanda Química y Bioquímica de Oxígeno (DBO y DQO siglas invertidas, colocarlas de acuerdo al orden en que se muestran), Grasas y Aceites, Detergentes, Fósforo y Nitrógeno.

Para el análisis de las muestras se tomaron como referencia los procedimientos establecidos en *Los Métodos Normalizados para el análisis de aguas potables y residuales*.

FASE III. Alternativas de reutilización del agua regenerada

En base a los resultados de la Fase II referidos a la calidad del agua de los Sistemas de Tratamiento, se determinó la eficiencia del sistema considerando la variación entre las concentraciones de contaminantes del afluente y efluente. Para proponer las alternativas de reutilización se elaboró una matriz de ponderación, la cual resultó una herramienta muy útil que permitió evaluar los diferentes sistemas y compararlos entre sí, a fin de determinar cual de ellos posee las condiciones más adecuadas para implementar la reutilización.

El cuadro 1 muestra el nivel de importancia concedido a cada parámetro en la matriz de ponderación, de acuerdo al tipo de agua. La escala de calificación es la siguiente: 0: Muy Malo, 1: Malo, 2: Regular, 3: Bueno, 4: Muy Bueno.

Cuadro 1: Nivel de importancia de cada parámetro en la Matriz de Ponderación

Parámetro	Tipos de Agua (Decreto 883)		
	Tipo 2B	Tipo 4B	Tipo 5
Nitrógeno	0,20	0,05	0,05
Fósforo	0,20	0,05	0,05
DBO	0,15	0,20	0,05
DQO	0,15	0,20	0,05
Coliformes Totales	0,10	0,15	0,10
Sólidos Suspendidos	0,05	0,05	0,20
Sólidos Disueltos	0,05	0,05	0,20
Detergentes	0,05	0,15	0,15
Aceites y Grasas	0,05	0,10	0,15

La referencia para asignar la calificación a cada uno de los parámetros fueron los límites máximos establecidos en *Las Normas para la Clasificación y el Control de la Calidad de los Cuerpos de Agua y Vertidos o Efluentes Líquidos (Decreto 883)*. Los resultados obtenidos permitieron proponer las posibles alternativas de reutilización del agua regenerada.

FASE IV. Mecanismos para el mantenimiento y control de los Sistemas de Tratamiento

Una vez obtenidos los resultados de los análisis de las muestras recolectadas y determinada la calidad del efluente, se procedió a proponer mecanismos de Mantenimiento y Control para los Sistemas de Tratamiento estudiados con la finalidad de mejorar su eficiencia tomando en cuenta el tipo de Planta de Tratamiento y la información obtenida en la Fase I referente a la situación actual de los Sistemas.

3. RESULTADOS

3.1. Situación actual de los Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales existentes en la Península de Paraguaná.

Los Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas de la Península de Paraguaná están conformados por Lagunas de Estabilización, ubicadas en los sectores de Adícora, El Oasis, Santa Ana, Los Taques y Ciudad Federación; así como también, por los Humedales Artificiales, ubicados en el Parque Metropolitano de la ciudad de Punto Fijo.

La situación en que se encuentran actualmente cada uno de estos Sistemas de Tratamiento se resume en el cuadro 2.

3.2. Calidad del agua regenerada en los Sistemas de Tratamiento existentes en la Península de Paraguaná.

El cuadro 3 muestra los valores obtenidos para cada parámetro evaluado y el cuadro 4, los porcentajes de remoción para cada parámetro.

Es importante destacar que la remoción de los sólidos en los sistemas compuestos por lagunas de estabilización (El Oasis, Santa Ana y Adícora) es prácticamente nula, mientras que los humedales alcanzan porcentajes de remoción entre 35 y 45 %.

Existen dos aspectos que resulta indispensable tomar en cuenta al momento de analizar los porcentajes de remoción de estos dos tipos de tratamiento.

El primero es que en las lagunas de estabilización, la degradación de materia orgánica es llevada a cabo por algas y muchos de los sólidos encontrados en el efluente están conformados por las propias algas que se desarrollan en las lagunas.

Cuadro 2. Condiciones actuales de los Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales

Sistema Característica	Adícora	Oasis	Santa Ana	Los Taques	Ciudad Federación	Humedales Parque Metropolitano
Ubicación	Municipio Falcón de la Península de Paraguaná a 250 m de la carretera Pueblo Nuevo – Adícora	Municipio Los Taques de la Península de Paraguaná a 500 m al suroeste de la Segunda Etapa del mencionado sector	Parroquia Santa Ana del Municipio Carirubana de la Península de Paraguaná a 230 m del poblado de Santa Ana	Municipio Los Taques, se encuentra al noroeste de la zona residencial, aproximadamente a unos 800 m (aun no culminado)	Urbanización Ciudad Federación, del Municipio Carirubana de la Península de Paraguaná, se encuentra a unos 3 Km. al sur de la carretera Coro - Punto Fijo	Municipio Carirubana, Parroquia Carirubana se encuentra cercano a la Urbanización Jorge Hernández
Recolección	62 viviendas que se encuentran conectadas a la red de cloacas existentes	Aguas residuales provenientes de 900 viviendas, aproximadamente 4.500 habitantes, que generan un caudal de 342.720 L/día	248 viviendas de la zona, con un total aproximado de 1.141 habitantes	Fue elaborado para cubrir al menos parte de la necesidad que tiene la población de este municipio de un servicio de recolección y saneamiento de aguas servidas.	Es importante señalar que en el presente año han sido habitadas 300 viviendas por lo que fue necesario poner en marcha el sistema aún cuando no esta terminado.	Aguas servidas de aproximadamente 700 habitantes del sector 3 de la urbanización Jorge Hernández
Tipo de Sistema	Laguna de Estabilización aerobia de aproximadamente 1,2 m de profundidad.	Lagunas de estabilización colocadas en un arreglo serie-paralelo	Laguna de estabilización de tipo aerobia de aproximadamente 1,5 m de profundidad	2 lagunas (1 Facultativa de 1,5 m de profundidad y 1 Aerobia de 0,6 m de profundidad) en serie, pero se encuentran inactivas.	Estará conformado por unos Humedales y una Laguna de Estabilización	2 Humedales con tecnología natural y biológica
Cercano a comunidad	No	No	viviendas cercana (20 m)	No	Si	Si

Acceso/señalización	Fácil/No existe	Fácil/No existe	Difícil/No existe	Fácil/Si	Fácil/Si	Fácil/Existente
Talud	Presenta signos de deterioro significativos	Deteriorado	Deterioro significativo de los taludes, una posible consecuencia de la ausencia de un enrocado de protección	talud protegido por un enrocado en uno de sus lados y debajo de las tuberías de descarga	-	-
Descarga Afluyente	-		Cubierto por vegetación en su totalidad dificultando el muestreo	-	-	-
Descarga Efluyente	Se observa una pérdida de agua residual que genera malos olores y posible contaminación del suelo	Intensifican los malos Olores por la liberación de gases	-	-	-	-
Vegetación	Abundante que puede dañar los diques debido al crecimiento de sus raíces, hábitat de mosquitos y roedores	Abundante vegetación en las paredes internas de los diques	Exceso de vegetación también afecta el funcionamiento de la laguna al disminuir la cantidad de luz solar que esta recibe	Evidencia poca presencia de vegetación en los alrededores de las lagunas, sin embargo, el fondo de las mismas posee algunas plantas que han dañado la superficie.	-	Solo la que ayuda al proceso
Color/olor	Marrón blancuzco/ no presenta malos	Lagunas Facultativas: Marrón, Laguna	verde oscuro/desagradable	-	-	Grisáceo/no presenta malos olores

	olores a excepción del lugar donde existe la erosión en el dique	de Maduración: Verde Intenso/Malos olores				
<i>Personal de Mantenimiento, Operación y Monitoreo</i>	No	No	No	Si	Si	Si

Cuadro 3. Resultados de los parámetros que definen la calidad del agua para todos los sistemas estudiados.

Sistema \ Parámetro	OASIS		ADÍCORA		SANTA ANA		PARQUE METROPOLITANO		
	A	E	A	E	A	E	A	E1	E2
Sólidos Totales (mg/l)	808,33	808,33	13.667,00	13.979,00	638,00	689,67	1.358,00	824,00	746,00
Sólidos Disueltos (mg/l)	601,33	599,67	14.121,67	13.570,33	627,33	594,33	985,00	640,00	642,00
Sólidos Suspendidos (mg/l)	166,00	94,33	100,67	572,33	1.305,33	140,00	125,00	185,00	114,00
Nitrógeno (mg/l)	78,40	33,60	19,60	5,60	92,40	55,44	38,00	16,00	30,00
Fósforo (mg/l)	0,39	0,37	0,07	0,09	1,12	0,44	11,00	19,00	12,00
DBO (mg/l)	376,70	146,75	1.178,98	415,23	234,03	179,59	620,00	38,40	38,40
DQO (mg/l)	562,23	181,17	1.437,78	546,36	300,03	213,80	896,00	53,00	53,00
Aceites y Grasas (mg/l)	24,60	11,80	3,80	23,80	1,80	3,40	141,00	1,24	1,36
Detergentes (mg/l)	0,02	11,96	0,55	0,02	0,02	0,02	0,25	0,55	0,75
Coliformes Totales (NMP/100 ml)	>5.000	>5.000	>5.000	>5.000	>5.000	>5.000	>5.000	>5.000	>5.000

NOTA 1: A: Afluente; E: Efluente; E1: Efluente del Humedal 1; E2: Efluente del Humedal 2

NOTA 2: Los valores de los parámetros para los Humedales corresponden a la caracterización de Octubre 2007 analizada en los Laboratorios de HIDROFALCON

Cuadro 4. Porcentajes de remoción de los diferentes contaminantes.

Parámetros	Oasis	Adícora	Santa Ana	Humedal 1	Humedal 2
Sólidos Totales	0,00	0,00	0,00	39,32	45,07
Sólidos Disueltos	0,28	3,90	5,26	35,03	34,82
Sólidos Suspendidos	43,17	0,00	89,27	0,00	8,80
Nitrógeno	57,14	71,43	40,00	57,89	21,05
Fósforo	5,10	0,00	60,39	0,00	-9,09
DBO	61,04	64,78	23,26	93,81	93,81
DQO	67,78	62,00	28,74	94,08	94,08
Aceites y Grasas	52,03	0,00	0,00	99,12	99,04
Detergentes	0,00	96,08	0,00	0,00	0,00
Coliformes Totales	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

El segundo es la condición de abandono en que se encuentran los sistemas conformados por lagunas; al contrario que los Humedales Construidos en el Parque Metropolitano, los sistemas de tratamiento de El Oasis, Adícora y Santa Ana, no son monitoreados ni tampoco reciben mantenimiento alguno por parte de las autoridades competentes afectando notablemente su eficiencia.

3.3. Alternativas de reutilización del agua regenerada en los Sistemas de Tratamiento.

El resultado obtenido de la matriz de ponderación define a los humedales construidos en el Parque Metropolitano como la alternativa más viable para la reutilización de las aguas regeneradas para riego de paisajismo (parques, patios de escuela, campos de golf, cementerios y zonas verdes), ya que cumple con los límites establecidos para seis de los nueve parámetros evaluados.

El hecho de que los Humedales Construidos en el Parque Metropolitano resulte la opción más adecuada para la reutilización de agua regenerada para riego (Tipo 2B), indica que son también la mejor alternativa para el Tipo 4B (Limpieza de vehículos, limpieza de embarcaciones, limpieza de vías, control de polvo en obras, control de polvo en caminos y labores de construcción), dado que las exigencias para este tipo de agua son menores que para el riego. Por esta razón, para evaluar la posibilidad de destinar las aguas regeneradas a usos que requieren la clasificación tipo 4B se consideraron solamente los sistemas de El Oasis, Santa Ana y Adícora.

Por otro lado, ninguno de los 3 sistemas cumplen con los pocos parámetros considerados para aguas Tipo 4B, por lo tanto, no es recomendable la reutilización del agua regenerada en estos, hasta tanto no se implementen mecanismos de mantenimiento y control que permitan mejorar su eficiencia y disminuir la concentración de contaminantes en sus efluentes.

En cuanto a la reutilización para aguas tipo 5 (reutilización industrial), la principal condición que debe cumplir el agua regenerada para este tipo de reuso es la ausencia de sólidos que puedan incrustarse y dañar las tuberías y equipos de bombeo. Axial lo establece el Decreto 883 en su artículo 4, numeral 12, donde señala que las aguas para usos Tipo 5 deben estar libres de "sustancias que originen sedimentación de sólidos y formación de lodos" (Decreto 883). En base a esta premisa, ninguno de los 4

sistemas estudiados cumple con esas condiciones, dada la alta presencia de los distintos tipos de sólidos en todos los efluentes.

Finalmente, de acuerdo a los resultados obtenidos, el único sistema cuyo efluente actualmente cumple con las condiciones mínimas exigidas para el riego y usos urbanos, es el sistema integrado de Humedales Construidos del Parque Metropolitano.

3.4. Mecanismos para el Mantenimiento y Control de los sistemas de tratamiento de aguas residuales estudiados.

Dichos mecanismos están orientados a aumentar la eficiencia de los sistemas y garantizar una mejor calidad de los efluentes para que sean más aptos para su reutilización en diferentes campos de aplicación. Por lo que es urgente llevar a cabo las siguientes acciones:

a) Limpieza y deforestación de los diques, bermas y alrededores de las lagunas y humedales.

La limpieza y deforestación de los taludes, bermas y alrededores de las lagunas y humedales, se debe realizar frecuentemente, ya que la vegetación es uno de los principales problemas que habitualmente se presentan en especial en las lagunas. Sin embargo, los humedales también merecen el mismo cuidado, sobre todo si se trata del mantenimiento de las plantas que hacen posible la depuración del agua residual. Esta tarea implica retirar todos los desechos sólidos biodegradables o no, que están dentro y fuera de los sistemas, y además, la deforestación de la vegetación circundante a los mismos.

b) Eliminación de desechos sólidos del sistema.

Este mecanismo consiste en la eliminación desperdicios sólidos provenientes de los desarenadores (para el caso del Sistema de Ciudad Federación), aquellos que se encuentren en los alrededores y todo material flotante del sistema. Los desechos que sean biodegradables como la vegetación se enterrarán inmediatamente para evitar problemas de insectos y malos olores. Cuando se trate de piedras de pequeño diámetro, grava, pedazos de madera, estopa, entre otros, que pudieran caer en las tanquillas de entrada y/o salida, deben removerse y colocarse en bolsas y luego en pipotes de basura.

c) Acondicionamiento y reparación de los taludes de las lagunas

Para el caso de las lagunas de Adicora y el Oasis, esta actividad consiste en la nivelación de la superficie del talud, a través de la escarificación para remover el exceso de material. Posteriormente se debe colocar grava en el área del dique afectada por el oleaje y luego compactarla, para evitar la absorción por el suelo o el paso del agua de una laguna a otra antes de que esta reciba el tratamiento previo.

En el caso de la laguna de Santa Ana, el talud no se encuentra visible producto del aumento del nivel del agua que sobrepasa la profundidad de diseño. Se pudo evidenciar en el diagnóstico de la situación actual que este sistema tiene aproximadamente 30 años, por lo que se recomienda la construcción de otra laguna con mayor capacidad que pueda sustituir a la actual.

Una vez indicadas las acciones de carácter urgente que deben llevarse a cabo para mejorar las condiciones operativas de los sistemas estudiados, a continuación se señalan los mecanismos de mantenimiento propuestos para cada tipo de Sistema, así como también la frecuencia de aplicación de las acciones descritas anteriormente.

Mecanismos para el Mantenimiento de las Lagunas de Estabilización de Adicora, Santa Ana y el Oasis.

⇒ Contratación de personal para el mantenimiento de las Lagunas de Estabilización de Adicora, Santa Ana y el Oasis.

El personal necesario para la correcta operación y mantenimiento de las lagunas de estabilización depende del caudal, que es proporcional a la población atendida. Las lagunas de estabilización estudiadas presentan problemas de vegetación en los taludes, desechos sólidos en los alrededores y sólidos suspendidos. El personal necesario para la correcta operación y mantenimiento de las Lagunas de Estabilización de estos sectores, podría estar integrado por miembros de la comunidad. Si se entrena y contratan operadores de la localidad, además de garantizar un correcto funcionamiento de los sistemas, se estaría generando una fuente de empleo que contribuya a disminuir la tasa de desocupación, que en el Estado Falcón se encuentra actualmente en 11,8%, lo que representa casi 50.000 personas desempleadas (INE, 2006).

Cabe destacar que estos sistemas se encuentran alejados de la ciudad de Punto Fijo, por lo tanto, la contratación de personal de la comunidad representaría una ventaja y facilitaría las labores diarias de mantenimiento.

Mecanismos para el Mantenimiento de los Humedales del Parque Metropolitano

⇒ Aumento del personal de mantenimiento de los Humedales del Parque Metropolitano.

De los sistemas estudiados los únicos que reciben mantenimiento y control son los humedales del Parque Metropolitano, sin embargo, los resultados obtenidos en la caracterización del afluente y efluente, demuestran que el personal no es suficiente para mantener las condiciones óptimas del sistema.

Es importante señalar que el requerimiento de personal para este tipo de planta de tratamiento es mucho mayor que el necesario para las lagunas, debido a que son plantas naturales las responsables de la depuración del agua y deben mantenerse en buenas condiciones para obtener la calidad óptima del agua regenerada.

Los mecanismos de mantenimiento estarán dirigidos al cuidado y conservación de las plantas del sistema y a la limpieza y deforestación de los taludes, de las bermas y de los alrededores de los humedales.

Mecanismos para el Control de los Sistemas de Tratamiento de la Península de Paraguaná.

⇒ Creación de las “Mesas Técnicas de Aguas Servidas”:

La creación de Mesas Técnicas de Aguas Servidas (MTAS), tendrán como objetivo principal velar por el correcto funcionamiento de los sistemas de tratamiento de aguas residuales que operen en su comunidad, a través de inspecciones periódicas que permitan verificar el estado en el que se encuentran. El cuadro 5 muestra el significado de cada indicador y las posibles soluciones a cada uno de los problemas que se presenten en cualquiera de los sistemas estudiados.

Es importante que el personal responsable de la inspección se encuentre instruido en cuanto al significado de cada indicador, de esta manera estará capacitado para incentivar a la comunidad a participar en la mejora del sistema o para elaborar un buen reporte que facilite la toma de decisiones.

⇒ Monitoreo de la calidad del afluente y efluente de los Sistemas de Tratamiento estudiados.

Los seguimientos experimentales de los sistemas de lagunas y humedales de la Península de Paraguaná son importantes ya que proporcionan numerosos beneficios.

El programa de monitoreo e inspección podrá ser ejecutado por grupos multidisciplinarios de la UNEFM, considerando la reciente aplicación de la Ley de Servicio Comunitario del Estudiante de Educación Superior, que estipula que este servicio debe cumplirse en un lapso no menor a tres meses, por lo tanto, si se aplican los mecanismos de control, será posible obtener los beneficios mencionados anteriormente.

El desarrollo de estos proyectos no implicaría ningún costo para los entes encargados de la gestión de las aguas servidas, por lo tanto solo se necesitarían los recursos necesarios para su ejecución.

Cuadro 5. Indicadores del mal funcionamiento de los sistemas de tratamiento

Indicador	Significado	Solución
-Presencia de Lodo en algún lugar de la Laguna	Mala circulación del agua	Dragado de tuberías.
-Espuma o nata en la superficie del agua de la laguna	Alto contenido de grasas, aceites y detergentes	Romper la espuma y natas con chorros de agua o removerla físicamente y retirarla.
-Vegetación en los Taludes	Falta mantenimiento	Eliminar toda la vegetación de los taludes

<p>-Vegetación en los alrededores de la Laguna</p> <p>-Vegetación en las bermas</p> <p>-Vegetación en la superficie de la Laguna</p>	<p>Profundidad de agua insuficiente, mala circulación del agua.</p>	<p>Eliminar toda la vegetación de los alrededores, y sobre la superficie del agua, remover desde un bote o desde los diques. Aumentar el nivel del agua por encima de la vegetación.</p>
<p>-Evidencia de erosión en los Taludes</p> <p>-Filtración visible</p>	<p>Las ratas y las nutrias excavan túneles sumergidos en los taludes de las lagunas. Aumento del agua sobre el nivel de diseño de la laguna que se filtra o se desborda.</p>	<p>Colocar trampas en los taludes del sistema. Realizar mantenimiento al sistema y retirar los sólidos sedimentables que disminuyen la profundidad de la laguna.</p>
<p>-Animales en los alrededores del Sistema</p> <p>-Presencia de Aves</p>	<p>Alimento disponible que atrae a los animales y aves.</p> <p>Deterioro de la cerca perimetral, en caso de que la posea.</p>	<p>Remover plantas y suministros alimenticios de las áreas adyacentes.</p> <p>Arreglar la cerca perimetral y mantener los alrededores libre de vegetación.</p>
<p>-Malos olores</p> <p>-Presencia de insectos</p>	<p>Muerte de las algas.</p> <p>PH < 6.5 y OD < 1 mg/l. Sobrecarga en la laguna. Balance nutriente desprovisto.</p> <p>Mala circulación. Falta de mantenimiento.</p>	<p>Aplicar solución cobre:</p> <p>a) Si la alcalinidad es > 50 mg/lit: aplicar 1.0 gr/m³</p> <p>b) Si la alcalinidad es < 50 mg/lit; aplicar 0.6 gr/m³. Mantener la laguna sin vegetación ni espuma. Sembrar pez Gambusia. Aplicar un insecticida. Cortar la vegetación frecuentemente evitando que caiga al sistema.</p>
<p>-Desechos Sólidos en el Sistema</p> <p>-Desechos Sólidos en las tanquillas</p>	<p>Deterioro o ausencia de tapas de las tanquillas.</p> <p>Posible disposición de basura por parte de la comunidad en los alrededores del sistema.</p>	<p>Colocar tapas en las tanquillas de descarga de afluente y efluente para evitar el paso de desechos al sistema de tratamiento o que puedan obstruir las tuberías. Mantener limpios los alrededores del sistema.</p> <p>Orientar a la comunidad para evitar la disposición de basura en el terreno cercano al sistema.</p>
<p>-Medidor de caudal en mal funcionamiento</p> <p>-Cerca perimetral en mal estado.</p>	<p>Falta de mantenimiento e inspección.</p> <p>Presencia de vegetación en los alrededores del sistema que atrae a animales depredadores que dañan el cercado.</p>	<p>Mantener los alrededores del sistema libre de vegetación y desechos sólidos que puedan atraer a los animales. Chequear frecuentemente los medidores de caudal.</p>
<p>-Plantas del sistema en mal estado.</p>	<p>Falta de mantenimiento</p>	<p>Inspeccionar diariamente las plantas del sistema y retirar las hojas marchitas antes de que caigan a las piletas.</p>

En definitiva, el hecho de que los efluentes de los sistemas de Adicora, Santa Ana y El Oasis no cumplan con los requerimientos de calidad especificados en el Decreto 883 para descargas al suelo, implica, además de que no es posible su reutilización, se esta ocasionando una grave contaminación de los suelos en las zonas cercanas a la descarga del sistema. Dicho esto, resulta indispensable la aplicación de las acciones correctivas y mecanismos de mantenimiento y control propuestos, que permitan mejorar las condiciones de los sistemas para reducir a mediano plazo la contaminación que se esta generando al suelo, y a largo plazo lograr la reutilización del agua tratada a nivel industrial, agrícola, municipal y recreacional; para a darle un uso mucho mas eficiente al agua potable, destinándola solo a los usos que realmente la requieren.

4. BIBLIOGRAFIA

APHA-AWWA-WPCF (1992). *Métodos Normalizados para el análisis de aguas potables y residuales*. Madrid: Díaz de Santos.

Crites, R. y Tchobanoglous, G. (2000). *Sistemas de Manejo de Aguas Residuales*. Colombia: Mc Graw Hill.

Crites, R. y Tchobanoglous, G. (1995). *Sistemas de Manejo de Aguas Residuales*. Colombia: Mc Graw Hill.

Departamento de Sanidad del Estado de Nueva York (2005). *Manual de Tratamiento de Aguas Negras*. México: Limusa.

Romero, J. (2005). *Tratamiento de Aguas Residuales. Teoría y Diseño*. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería.

Fuentes Electrónicas

Libros:

Muñoz, J (2005). *Componentes de los sistemas convencionales de depuración de aguas residuales*. [Libro en Línea]. Disponible en: <http://www.macrophytes.info/documentacion/Cap%EDtulos%20Manual/Cap%EDtulos%203%20a%204.pdf>. [Consulta: 2007, Octubre 10].

Documentos y Reportes Técnicos:

Cañizalez, A. y otros (2006). *Gestión Integrada de los Recursos Hídricos en Venezuela – VITALIS*. [Documento en Línea]. Disponible: www.vitalis.net. [Consulta: 2007, Agosto 31].

González, A. (2000) *Informe Nacional sobre la Gestión del agua en Venezuela*. [Documento en Línea]. Disponible: www.cepis.ops-oms.org/bvsarg/e/fulltext/infven/infven.pdf. [Consulta: 2007, Junio 2].

INE (2001). Resumen Estadístico. *Población total, según entidad federal, 2000-2015* [Datos en línea]. En INE: *Proyecciones de Población*. Disponible en: <http://www.ine.gob.ve/poblacion/distribucion.asp> [Consulta: 2007, Junio 5].

HIDROFALCON (2007). Fuentes de Abastecimiento [Datos en línea]. En HIDROFALCÓN: *Sistemas*. Disponible en: <http://www.hidrofalcon.com/cobertura.htm> [Consulta: 2007, Mayo 30].

Piedras, E. (2006). *Instructivo para el llenado de la Boleta de Servicios de Gestión de Excretas y Aguas Residuales*. [Datos en línea]. Disponible en: <http://www.mspas.gob.gt/DGRVCS/DRPSA/DESCENTRALIZACION/Instructivos/Aguas%20Residual es.pdf>. [Consulta: 2007, Octubre 23].

Fuentes de tipo legal:

COVENIN: Aguas Naturales, Industriales y Residuales. Guía para las técnicas de muestreo (Nº 2709). (2002) [Transcripción en Línea]. Disponible en: <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A0959e/A0959e.pdf> [Consulta: 2007, Octubre 20].

COVENIN: Aguas Naturales, Industriales y Residuales. Definiciones (Nº 2634). (2002) [Transcripción en Línea]. Disponible en: <http://www.sencamer.gob.ve/sencamer/normas/2634-02.pdf>.

Ley de Aguas. (Gaceta Oficial Nº 35.595). (2007, Enero 2) [Transcripción en Línea]. Disponible en: <http://web.laoriental.com/leyes/L104n/L104nT1Cap0.htm>. [Consulta: 2007, Octubre 10].

Normas para la Clasificación y el Control de la Calidad de los Cuerpos de Agua y Vertidos o Efluentes Líquidos (Gaceta Oficial Nº 5021, Decreto Presidencial Nº 883). (1995, Octubre 11) [Transcripción en Línea]. Disponible en: http://www.ilafa.org/images/pdf_ecologia/venezuela_normasclasificacion.pdf.