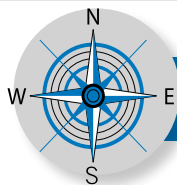


Jeffrey Argueta ◀ Tratamiento centralizado de los desechos sólidos y líquidos orgánicos
Rolando Aguilar para la mitigación y adaptación frente al cambio climático



Contrapunto

Tratamiento centralizado de los desechos sólidos y líquidos orgánicos para la mitigación y adaptación frente al cambio climático

Jeffrey Estuardo Argueta Gálvez

Ingeniero civil; M. Sc. en Ingeniería Sanitaria

Rolando David Aguilar Muñoz

Ingeniero civil, M. Sc. Ingeniería Sanitaria

Escuela Regional de Ingeniería

Sanitaria y Recursos Hidráulicos / USAC

Resumen

Este artículo presenta un análisis sobre los riesgos de la contaminación generada por las aguas residuales crudas que son vertidas en los cuerpos de agua superficial en Guatemala y los vertederos de desechos sólidos a cielo abierto, mostrando cuáles son las soluciones y por qué Guatemala se ve afectada por el actual manejo. El estudio fue desarrollado utilizando datos publicados por los entes del Estado que regulan los niveles de contaminación en el ambiente. Con esta información se evidenció que la contaminación es debida a que no existe un tratamiento adecuado de dichos desechos y la cobertura es baja. En el último informe ambiental del Estado de Guatemala (2016) se evidencia que existen 189 plantas de tratamiento a nivel nacional, y solo funcionan correctamente el 62% de ellas, asimismo, dicho informe a través de la herramienta de la estadística a nivel nacional, de la Dirección de Coordinación Nacional del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN) muestra que existen 2,203 basureros en todo el territorio nacional; de estos basureros solo 269 son municipales y el resto son basureros a cielo abierto. Del total de basureros en Guatemala, solo 42 cuentan con estudio de impacto ambiental. En consideración de lo anterior, se describe el manejo actual de los desechos, además de su relación e influencia negativa en los

Jeffrey Argueta ◀ Tratamiento centralizado de los desechos sólidos y líquidos orgánicos
Rolando Aguilar para la mitigación y adaptación frente al cambio climático

efectos del cambio climático, impactan negativamente en más de una forma a los sectores de salud del país. En relación con esta problemática se propone realizar una investigación considerando el marco técnico, social, cultural, político y financiero, que revele las directrices adecuadas bajo las cuales se puede hacer un planteamiento exitoso de un proyecto que centralice los desechos sólidos y líquidos de una mancomunidad, con un aprovechamiento que ayude a mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero.

Palabras clave

Aguas residuales; desechos sólidos; materia orgánica; saneamiento; adaptación, mitigación; cambio climático.

Abstract

This research analyzes the risks of pollution generated by raw wastewater that is discharged into surface water bodies in Guatemala and garbage dumps, it shows which the solutions can be, and tells why Guatemala is affected by the current mishandling. This study was developed using data published by state entities that regulate pollution levels in the environment. The information put in evidence that contamination is due to the fact that there is no adequate treatment of solid waste and the coverage is low. In the last environmental report of the state of Guatemala (2016) it was evidenced that there are 189 treatment plants in the country, and only 62% of them work correctly, likewise in the same report, through the national statistic tool of the National Coordination Directorate of MARN shows that, there are 2,203 garbage dumps in the country, with only 269 are garbage dumps and the rest are open-air dumps, of which only 42 dumps have an environmental impact study. In consideration of the above, the current management of waste is described, in addition to its relationship and negative influence on the effects of climate change, it negatively impacts the country's health sector in more than one way. In relation to this problem, a proposal is elaborated, which consists of conducting an investigation considering the technical, social, cultural, political and financial framework that reveals the appropriate guidelines under which a successful approach to a project that centralizes solid and liquid waste can be made from a commonwealth, with an advantage that helps mitigate greenhouse gas emissions.

Keywords

Wastewater; solid waste; organic matter; sanitation; mitigation; adaptation; climate change.

Jeffrey Argueta ◀ Tratamiento centralizado de los desechos sólidos y líquidos orgánicos
Rolando Aguilar para la mitigación y adaptación frente al cambio climático

Introducción

En la actualidad la mayoría de los desechos o residuos, ya sean sólidos o líquidos (basura y aguas residuales respectivamente) son contaminación directa y representan una preocupación para las entidades del cuidado de la salud y la conservación del medio ambiente, debido a sus efectos nocivos sobre la salud de las personas y los ecosistemas receptores de dicha contaminación (MSPAS, 2012). El impacto negativo en la salud y en el ambiente que ejercen estos desechos es significativo, siendo manifiesto en el deterioro de la salud pública y los recursos naturales, afectando principalmente a las poblaciones más vulnerables y marginadas de las áreas urbanas y rurales.

Este hecho incide directamente en la salud humana, ya que el hombre se ve en la necesidad de utilizar estos recursos para poder subsistir, pero al estar alterados por los efectos de estos contaminantes, su salud se ve deteriorada por enfermedades que, en mucho de los casos, lo llevan a la muerte (SIGSA, 2018).

Toda comunidad necesariamente generará desechos sólidos y líquidos, según sus actividades de desarrollo y cultura. En este punto se concentra el nivel de impacto que pueda haber hacia la sociedad en general y el medio ambiente, si previo a la disposición final de dichos desechos, estos no

son previamente tratados; por lo regular, la contaminación alcanza el suelo, aire y cuerpos superficiales de agua que los pobladores utilizan para actividades agrícolas, ganadería o para el consumo humano.

Ambos problemas, la contaminación por desechos sólidos y por descargas de aguas residuales sin tratamiento, están estrechamente relacionados y pueden representar, a través de su buen manejo, una solución integral para las diversas comunidades, que aporte diversos beneficios. Por ejemplo, la reducción de enfermedades gastrointestinales directamente relacionada a los

Jeffrey Argueta ◀ Tratamiento centralizado de los desechos sólidos y líquidos orgánicos
Rolando Aguilar para la mitigación y adaptación frente al cambio climático

altos índices de mortalidad infantil en dichas áreas, debido a la contaminación de los suelos y el agua (BM, 2017).

Así mismo, los basureros a cielo abierto son un foco de generación de gases de efecto invernadero (GEI), ya que toda la parte orgánica en descomposición genera dióxido de carbono (CO₂) y gas metano (CH₄), y en el caso de existir incendios, se generan otros tipos de gases debido a la combustión de diversidad de componentes y compuestos químicos que se encuentran en los desechos sólidos.

Estos hechos contundentes señalan la necesidad de controlar y aplicar algún tipo de tratamiento a dichos desechos, que se ajuste al entorno de la comunidad, a sus características propias, ubicándose en su realidad socioeconómica para que el proyecto sea factible de implementar, financieramente ejecutable, costo de operación y mantenimiento según las capacidades financieras de la comunidad, sin que los resultados en términos de la calidad final en la gestión integral de desechos se vean alterados.

El resultado buscado es un sistema adecuado, bien planificado,

técnicamente eficiente, funcional e ideológicamente aceptado por la comunidad, al transmitir la necesidad inminente de efectuar un tratamiento a sus aguas residuales para mejorar sus condiciones de vida en términos de salubridad, desarrollo, mitigación y adaptación al cambio climático.

Antecedentes

En relación con la calidad del agua, el Plan Nacional de Agua y Saneamiento del Ministerio de Salud 2015, reportó en el año 2014 que solamente el 40% de las muestras de agua para consumo humano analizadas para determinar cloro residual en agua, cumplía con la normativa nacional, norma COGUANOR NGO 29001; mientras que para el año 2013 “el 40% del agua de consumo humano recibió desinfección en las áreas urbanas; en muchos casos el agua se capta directamente del río o lago y se distribuye directamente sin realizar tratamiento alguno” (OPS, 2016). En 2011 se obtuvo un dato de 334 municipalidades registradas en la Encuesta Nacional de Condiciones de Vida (ENCOVI, 2011), en esta se explica que sólo 4% aplica tratamiento a las aguas residuales, mientras que el resto del agua

Jeffrey Argueta ◀ Tratamiento centralizado de los desechos sólidos y líquidos orgánicos
Rolando Aguilar para la mitigación y adaptación frente al cambio climático

residual cruda es vertida en los cuerpos de agua superficiales, provocando una severa contaminación, principalmente en ríos y lagos. “El déficit de la cobertura para los servicios de saneamiento está cerca de 83% en la zona rural, mientras en la zona urbana la cobertura es de 76.7%” (ENCOVI, 2012).

Un ejemplo de esta problemática es el lago de Amatitlán, ya que por los efectos de contaminación, relacionados principalmente con la recepción de las aguas residuales domésticas la cuales componen en un 86% de las aguas superficiales que ingresan al lago, mientras que las aguas industriales, constituyen el 14%. Estos cauces se forman inicialmente por la descarga de las aguas negras en los barrancos, ríos, riachuelos y al suelo sin ningún tratamiento, teniendo como consecuencia la contaminación de los cuerpos de agua que se encuentran en los mantos subterráneos y superficiales, en niveles tan elevados que el lago de Amatitlán presenta un estado hipertrófico, así como una elevada producción de plantas acuáticas y microscópicas, debido al exceso de nutrientes, principalmente por el fósforo (P) y el nitrógeno (N) (Pérez, 2007).

En cuanto a los desechos sólidos, estos son dispuestos en vertederos a cielo abierto generando así varias vías de contaminación como la emisión de gases que contaminan la atmósfera y los lixiviados que contaminan el suelo y las fuentes de agua, aportando a este último las descargas de aguas residuales sin tratar. Por lo anterior, los desechos sólidos y las aguas residuales son dos principales causantes de los problemas de salud en los municipios de Guatemala (Carranza, 1997; Raudales y Gradiz, 2012).

Adicionalmente, su evidente ineficiente gestión provoca una degradación de los ecosistemas, y uno de sus impactos es el GEI que cada municipio aporta a través de sus desechos sólidos y aguas residuales sin tratamiento.

Una pregunta directa es: ¿Qué porcentaje de los GEI producidos en Guatemala se reducirían al dar un adecuado manejo a los desechos sólidos y aguas residuales? Este artículo pretende dictar los lineamientos de investigación para determinar la viabilidad de un proyecto de centralización de desechos sólidos y aguas residuales en una mancomunidad, con el fin de obtener recursos como subproducto de su

Jeffrey Argueta ◀ Tratamiento centralizado de los desechos sólidos y líquidos orgánicos
Rolando Aguilar para la mitigación y adaptación frente al cambio climático

adecuada gestión, así como beneficios colaterales en el sector salud, aportando criterios para propuestas de proyectos de mitigación y adaptación al cambio climático relacionados con el tema objeto de este estudio.

Marco conceptual

Riesgos asociados a la contaminación del agua y suelo por desechos sólidos y líquidos sin tratamiento

- **Riesgos para la salud de las personas**

Las situaciones endémicas de diarrea, parasitismo, fiebre tifoidea y salmonelosis que imperan en América Latina y el Caribe, donde Guatemala no es la excepción, son el reflejo de la situación crítica de los países en términos de contaminación de sus aguas y suelo

debido a las descargas de aguas residuales sin tratar y disposición inadecuada de desechos sólidos. Las bacterias, virus patógenos y parásitos son transportados y dispersados en los ríos, lagos y el mar, lo que los constituye en cuerpos recolectores y transportadores de enfermedades, exponiendo permanentemente a las comunidades a fuertes enfermedades e inclusive a la muerte (Carranza, 1997).

La diarrea es un síntoma de infección intestinal y se contrae debido a bajos niveles de higiene, saneamiento, fuentes de agua y alimentos contaminados. La mayoría de las muertes por diarrea son el resultado de deshidratación y pérdida de nutrientes esenciales, mismas que son tanto prevenibles como tratables. En prevención, el nivel de saneamiento es crucial para la reducción de muertes por esta causa (BM, 2017).

Tabla 1
Guatemala: número de casos de enfermedades relacionadas con la contaminación del agua y suelo

Enfermedad	Casos
Diarrea y gastroenteritis	482,327
Parasitosis intestinales	390,297
Amebiasis	381,770
Otras infecciones intestinales	204,690

Fuente: SIGSA, 2019.

Jeffrey Argueta ◀ Tratamiento centralizado de los desechos sólidos y líquidos orgánicos
Rolando Aguilar para la mitigación y adaptación frente al cambio climático

Según SIGSA (tabla 1) las infecciones intestinales se encuentran dentro de las cuatro principales causas de morbilidad en Guatemala junto infecciones respiratorias agudas, gastritis, e infecciones de las vías urinarias. En conjunto representan el 75% del total de las consultas en los centros de salud. Todas las anteriores son prevenibles a través de mejorar la higiene, el hacinamiento, agua limpia y segura, red de drenajes y servicios básicos, entre otros (Sub Comisión de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico, 2019).

• Riesgos para el medio ambiente

Los impactos negativos que el inadecuado manejo de los desechos ha ocasionado a los hábitats se ha evidenciado en la alteración de los mismos, como por ejemplo la contaminación del agua y suelo.

Varios municipios presentan focos de contaminación por el inadecuado manejo de los desechos sólidos y aguas residuales los cuales, por su topografía y la inmediatez hacia aguas abiertas, ha generado que los contaminantes afecten más allá de las zonas urbanas, como es el caso de los ecosistemas marino costeros (MARN-GIZ, 2016).

Imagen 1

Riego de hortalizas con agua residual sin tratamiento



Fotografía: David Aguilar.
municipio de San Pedro
Sacatepéquez, 2013.

Jeffrey Argueta ◀ Tratamiento centralizado de los desechos sólidos y líquidos orgánicos
Rolando Aguilar para la mitigación y adaptación frente al cambio climático

En el municipio de Estanzuela, Zacapa, se daba una situación muy característica de las descargas municipales en Guatemala. El agua del municipio era descargada directamente a la quebrada Las Casas, la cual desemboca en el río Motagua. Previo a la instalación del sistema de tratamiento en dicho municipio (sistema lagunar), la descarga de agua residual sin tratamiento avanzaba aguas abajo de dicha quebrada para ser reutilizada por los pobladores de otras aldeas tanto para regar sus cultivos, como para brebaje de los animales de trabajo y de ganado en algunos casos. Algunos de los cultivos regados con estas aguas contaminadas son de consumo crudo, por lo que los efectos de la contaminación del agua son directos sobre la salud. Además parte del ganado que bebe de estas aguas es vacuno, productor de leche que se expende y se consume en la zona, generando un riesgo latente para el consumidor final (Carranza, 1997).

Relación con la adaptación y mitigación al cambio climático

• Sobre el agua residual

La salud de decenas de millones de personas está en peligro a causa de la contaminación de las aguas superficiales (PNUMA, 2016), principalmente en las comunidades más vulnerables y marginadas. Las aguas residuales sin tratar contaminan las fuentes de agua potable, el agua de riego utilizada para cultivar productos frescos y las zonas de baño recreativo.

En Guatemala, el 60% de la población tiene cobertura de saneamiento, y menos del 10% de dichas aguas son drenadas a sistemas de tratamiento para aguas residuales. (Pocasangre, 1995). No se considera si dicha cobertura de tratamiento (plantas en buen funcionamiento y eficiencia) cumple estándares de calidad del agua razonables previo al vertido final. Estos porcentajes son preocupantes y reflejan que el saneamiento a nivel nacional está comprometido.

Jeffrey Argueta ◀ Tratamiento centralizado de los desechos sólidos y líquidos orgánicos
Rolando Aguilar para la mitigación y adaptación frente al cambio climático

Las aguas residuales deben considerarse una fuente sostenible de agua, energía, nutrientes y otros subproductos recuperables, en lugar de una carga. La reutilización del agua debe tener en cuenta la totalidad de la cuenca hidrográfica, ya que las aguas residuales de una parte de una cuenca pueden constituir un recurso fundamental, aguas abajo, para otras comunidades y usos. De ahí la necesidad de crear un entorno político coordinado y pragmático que reúna a la industria, los servicios públicos, la salud, la agricultura y el medio ambiente para promover el reciclado y la reutilización de las aguas residuales de manera segura e innovadora (WWAP, 2017).

En términos generales, un proyecto integral debe dar como resultado un efluente tratado con contenido de nutrientes. A través de una infraestructura de riego eficiente dicho efluente debe ser devuelto a la mancomunidad que lo generó, para que sean utilizadas para riego de cultivos, ayudando así a cubrir los tiempos de largas sequías que perjudican la productividad agrícola de dichas comunidades. Todo lo anterior como parte de un plan general de adaptación al cambio climático.

• Sobre desechos sólidos y el metano (CH₄) en basureros

El gas metano es un gas de efecto invernadero (GEI) cuya generación antropogénica se puede disminuir, recuperar y utilizar. Es el segundo GEI más importante producido por el hombre después del dióxido de carbono (CO₂), y de las cinco principales fuentes de emisión del mismo que son: la agricultura, las minas de carbón, los vertederos de basura, las aguas de desecho municipales y los sistemas de petróleo y gas, los desechos sólidos orgánicos de vertederos municipales están en tercer lugar, generando el 11% de las emisiones de metano a nivel mundial (GMI, 2017).

El metano es responsable de más de un tercio del forzamiento del cambio climático antropogénico. Es además el segundo GEI más abundante, siendo responsable del 14 por ciento de las emisiones a nivel mundial. El metano es considerado un “forzador climático a corto plazo”, lo que significa que tiene un tiempo de vida relativamente corto en la atmósfera, aproximadamente 12 años. Aunque el metano permanece en la

Jeffrey Argueta ◀ Tratamiento centralizado de los desechos sólidos y líquidos orgánicos
Rolando Aguilar para la mitigación y adaptación frente al cambio climático

atmósfera por un período de tiempo más corto y es emitido en cantidades más pequeñas que el CO₂, su potencial para atrapar el calor en la atmósfera, llamado su “potencial de calentamiento global”, es de 28 a 36 veces mayor que el CO₂ (GMI, 2017).

Según el Sistema Guatemalteco de Ciencias del Cambio Climático (SGCCC) en su *Primer reporte de evaluación del conocimiento sobre cambio climático en Guatemala*, en 2017 las concentraciones de metano aumentaron en 257 % con relación a las concentraciones que existían en la era preindustrial (antes del año 1750).

Sin medidas más rigurosas para reducir las fuentes de generación, se espera que las emisiones de metano aumenten aproximadamente en un 45% hasta alcanzar los 8.522 millones de toneladas métricas de equivalente al dióxido de carbono (MMTCO₂ E) para el año 2030 (AR5/IPCC/GMI, 2017).

• Oportunidades de aprovechamiento y mitigación

El hecho de tener vertederos descontrolados de desechos sólidos,

genera un foco de emisiones de GEI debido a la descomposición orgánica e incendios.

Otro hecho en el país es la baja cobertura en tratamiento de aguas residuales. El mejoramiento de dicho alcance pretende evitar la degradación de ecosistemas por contaminación con aguas residuales sin tratamiento y disposición inadecuada de residuos sólidos. La degradación de los ecosistemas les resta la capacidad de sostener el equilibrio natural del mismo, lo que trae consecuencias a la flora, fauna, y clima.

El metano ofrece una oportunidad única de mitigar el cambio climático y simultáneamente aumentar el suministro de energía disponible, debido a que los desechos sólidos orgánicos y las aguas residuales municipales tienen potencial para generación industrial de biogás. La energía generada a través de la producción de biogás es aprovechable para autoconsumo de las plantas centralizadas, entrando en la cuantificación la huella de CO₂ evitada al no consumir combustibles fósiles para dicho fin. El excedente de energía generada tiene diversas formas de aprovechamiento como se observa en la figura 2.

Jeffrey Argueta ◀ Tratamiento centralizado de los desechos sólidos y líquidos orgánicos
Rolando Aguilar para la mitigación y adaptación frente al cambio climático

• Oportunidades de aprovechamiento y adaptación

La agricultura representa para Guatemala entre el 40-60% de su PIB anualmente, y de dicha producción el 80% es producido por familias campesinas que conforman pequeñas comunidades, y que por lo regular están en un estado vulnerable y marginado.

El efluente líquido subproducto del sistema de aprovechamiento tiene contenido nutritivo y aprovechable a través de infraestructura de riego eficiente. Ya que Guatemala actualmente depende en buena medida de pequeños agricultores que están siendo afectados por los efectos del cambio climático, con infraestructura de riego eficiente se les proporciona un mecanismo para minimizar el impacto en sus cultivos debido a las largas sequías y periodos de lluvia impredecibles, al mismo tiempo que se reutiliza un efluente tratado, evitando la contaminación al medio ambiente y su impacto en la salud.

Adicionalmente, se obtiene abono producto de biodigestión de residuos sólidos orgánicos y tratamiento de aguas residuales, que también genera beneficios para las mismas comunidades que

las generan y que dependen de la agricultura para su subsistencia.

Metodología para la propuesta de un proyecto de tratamiento centralizado

Para la planificación de un proyecto que involucre los conceptos vistos hasta aquí, se sugiere la utilización de una metodología con un componente descriptivo y técnico, en la cual se aborde el problema en contexto específico de la comunidad, las causas, los efectos y las soluciones tecnológicas que existen en la actualidad, con el fin de entender y dar una solución a la problemática provocada por el mal manejo y disposición final de las aguas residuales y los desechos sólidos en dicha mancomunidad, analizando la contaminación en los cuerpos de agua que corresponda, sea superficiales, lagos, ríos, océanos. El objetivo es conocer la calidad de las aguas y hacer las consideraciones necesarias en la propuesta de tratamiento.

Recabar información disponible sobre composición de desechos

Jeffrey Argueta ◀ Tratamiento centralizado de los desechos sólidos y líquidos orgánicos
Rolando Aguilar para la mitigación y adaptación frente al cambio climático

sólidos y aguas residuales en diversos municipios en Guatemala, para cotejar datos y obtener correlaciones con la generación específica de la mancomunidad a beneficiar.

Establecer una correlación entre los datos de la información disponible que permita estimar la cantidad de GEI generados por las condiciones en que actualmente se manejan dichos desechos, así como la degradación de la cadena de ecosistemas involucrados.

De ser necesario, realizar mediciones ambientales para considerar la correlación con la contaminación del aire. Las mediciones ambientales deben enfocarse a detectar los gases emitidos por los verteros de basura a cielo abierto como los son el monóxido de carbono, dióxido de nitrógeno, gas metano, entre otros por definir en función del marco final dentro del que se desee realizar el anteproyecto.

Estimar el volumen de GEI que se reducirían si todo el volumen de

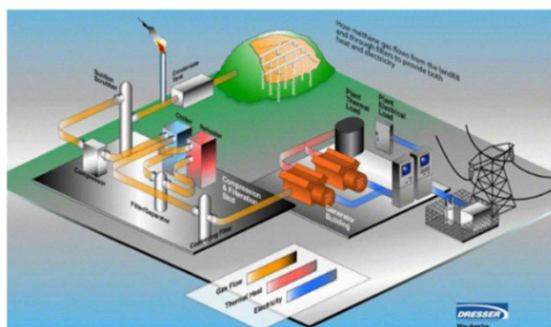
desechos sólidos y aguas residuales se manejara según el modelo de tratamiento propuesto en la mancomunidad. Con ello se hace una cuantificación de referencia, en cuanto a la mitigación de GEI que dejaran de emitirse.

Según las mediciones de concentración con las que actualmente se cuenta para la atmósfera de Guatemala, se restará el volumen aportado por el mal manejo que actualmente tienen los desechos sólidos y las aguas residuales, lo que llevará a obtener el porcentaje de reducción en potencia que tiene la mancomunidad y el país a través del mejoramiento en manejo de los desechos en mención.

Hay modelos desarrollados y puestos en marcha de forma exitosa en países como Alemania y México, en donde de forma centralizada reciben los desechos sólidos y las aguas residuales, ingresan al sistema de tratamiento para producción de biogás, el cual posteriormente se puede aprovechar en distintos fines como lo indica las siguientes figuras:

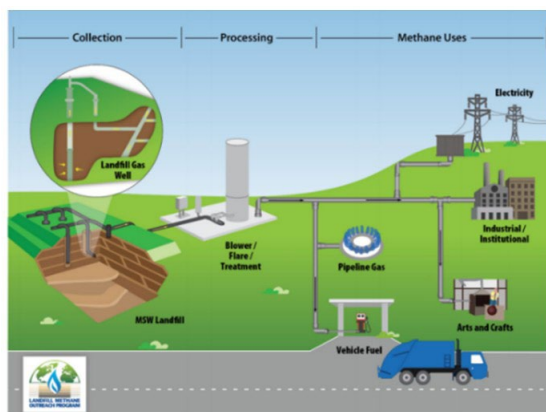
Jeffrey Argueta ◀ Tratamiento centralizado de los desechos sólidos y líquidos orgánicos
Rolando Aguilar para la mitigación y adaptación frente al cambio climático

Figura 1
Alternativa de tratamiento de desechos sólidos y líquidos orgánicos



Fuente: GMI/Dresser
Waukesha

Figura 2
Alternativa de aprovechamiento de los subproductos.



Fuente: GMI/Dresser
Waukesha

Contexto para la viabilidad de un proyecto de tratamiento centralizado de desechos en Guatemala

Regularmente se considera que un proyecto es viable cuando cuenta con recursos técnicos y económicos; sin embargo, para su implementación y ejecución requiere indiscutiblemente de la

Jeffrey Argueta ◀ Tratamiento centralizado de los desechos sólidos y líquidos orgánicos
Rolando Aguilar para la mitigación y adaptación frente al cambio climático

aprobación institucional y social. A continuación, se mencionan algunos aspectos relevantes a tomar en cuenta en cada tipo de viabilidad.

• Viabilidad técnica

Se enfoca al manejo de los desechos líquidos y sólidos previo a la disposición final, como es el diseño del sistema de generación industrial de biogás para dichos desechos relleno, así como tecnologías de aprovechamiento. Para los desechos inorgánicos se debe contemplar el diseño de un relleno sanitario pudiendo contemplar otras alternativas, como la reducción, el re uso y el reciclaje; así mismo, en otras etapas del manejo como el transporte y almacenamiento.

Debe considerar soluciones que cuenten con tecnologías factibles y preferiblemente propias de la localidad, que sean culturalmente aceptadas y manejadas por la mayoría de la población.

• Viabilidad social

En todas las fases del proyecto, desde el inicio hasta el final, debe haber un involucramiento de los actores sociales pertinentes. Todas las acciones que se consideren, tienen que ser socializadas y validadas por la población;

en el caso de no contar con la aprobación, se debe establecer mecanismos de consulta y sensibilización a la sociedad involucrada o afectada.

Dentro de este análisis se debe considerar el sector informal involucrado en la recuperación y reciclaje de los residuos sólidos. Es necesario tomar en cuenta las necesidades de este conglomerado social, para contar con su apoyo en la implementación de las actividades que le competen, procurando que la percepción de un proyecto de esta índole sea que se está tomando en cuenta el bienestar de la población.

Trabajar el proceso de planificación en forma participativa requerirá, al inicio, mayor tiempo y esfuerzo por parte de la municipalidad o mancomunidad; sin embargo, su desarrollo se facilitará con el apoyo de los diferentes actores y sectores, lo que permitirá su implementación y sostenibilidad, beneficiando el que hacer de las municipalidades como entes responsables del tema.

• Viabilidad cultural

Las personas son las que generan la materia prima del proyecto, como lo son los desechos orgánicos. La composición de estos es intrínseca

Jeffrey Argueta ◀ Tratamiento centralizado de los desechos sólidos y líquidos orgánicos
Rolando Aguilar para la mitigación y adaptación frente al cambio climático

a su cultura, ya que esta se define por los patrones de consumo que determinan un aumento insostenible de la generación de desechos sólidos y líquidos.

La falta de conciencia y cultura ciudadana sobre el manejo de dichos residuos, sin tener en cuenta el impacto en el ambiente, hace que se pierda potencial de aprovechamiento de los residuos, ya que se mezclan en el origen. La creciente sensibilización debe ser parte de un programa de gestión social con seguimiento continuo.

• Viabilidad económica

La solución propuesta requiere de una inversión económica. Se debe plantear un mecanismo de financiamiento tipo *"Project finance"*, que asegure los medios para la disponibilidad de recursos económicos para la implementación del proyecto, así como la sostenibilidad de su funcionamiento, tomando en cuenta los ingresos que generará el proyecto por la generación de los diferentes recursos provenientes de los subproductos de tratamiento.

• Viabilidad política

La voluntad política de regular la contaminación y la aplicación de las políticas son dos obstáculos principales, que impiden combatir

los problemas relacionados con la contaminación del agua y suelo.

Existen algunas municipalidades que ameritan ser casos de excepción o se encuentran fortaleciendo dicha gestión; sin embargo, la mayoría muestra poco interés por la materia, lo cual se ve reflejado en la deficiente o inadecuada gestión para el tratamiento y disposición de los desechos sólidos y líquidos (aún en la ciudad capital de Guatemala se observan deficiencias en este sentido).

Debe haber apoyo y fortalecimiento del mercado de valorización de los recursos provenientes del tratamiento de residuos sólidos y líquidos como incentivo.

Conclusiones

La centralización de los desechos sólidos y líquidos generados en una mancomunidad provee una oportunidad de aprovechamiento como un recurso relevante; al mismo tiempo presenta beneficios colaterales para el sector salud, al reducir significativamente la exposición a enfermedades relacionadas con la contaminación por dichos desechos. Así mismo, presenta otros beneficios como:

Jeffrey Argueta ◀ Tratamiento centralizado de los desechos sólidos y líquidos orgánicos
Rolando Aguilar para la mitigación y adaptación frente al cambio climático

- El ahorro en los centros de salud a causa de la reducción de casos en la atención de dichas enfermedades y que puede estar entre los Q 500 millones y Q 2 mil millones. Esto permitiría destinar dicho presupuesto a fortalecer otras áreas del sector salud, mejorando así el desarrollo en la mancomunidad beneficiaria.
- Los subproductos del adecuado manejo incluyen producción de energía eléctrica, fertilizante líquido y fertilizante sólido. Dichos subproductos se deben trasladar de vuelta a la mancomunidad a través de un programa social estructurado para dicho fin, como, por ejemplo, suministrar una red de riego utilizando las aguas tratadas con contenido de nutrientes. De esta manera se ayuda a la adaptación de dichas comunidades antes los efectos adversos del cambio climático sobre sus cultivos.

Dentro de los principales factores a tomar en cuenta está la viabilidad política, ya que se debe planificar proyectos de centralización de los desechos en cada municipio o mancomunidades, así como una viabilidad social para evitar que se

perciba un proyecto de esta índole como un riesgo para las personas.

Integrar en las metodologías el marco técnico, financiero, político, social y cultural para la implementación de los modelos de centralización.

Se debe elaborar el Inventario nacional de gases de vertedero (LFG, por sus siglas en inglés) producidos en los vertederos a cielo abierto en el país.

Se debe generar una serie de metodologías que cubran todos los procesos necesarios para la implementación del estudio de viabilidad, así como la implementación y sostenimiento. Entre las metodologías están: recolección para la centralización estratégica de los desechos sólidos urbanos; recolección de desechos de poda en agroindustria y desechos animales; recolección de las aguas residuales con fines de centralización.

Referencias bibliográficas

- Carranza, L. y Gunther, S. (1997). *Selección apropiada de tecnologías de tratamiento para aguas residuales domésticas*. Tesis: Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil, USAC.

Jeffrey Argueta ◀ Tratamiento centralizado de los desechos sólidos y líquidos orgánicos
Rolando Aguilar para la mitigación y adaptación frente al cambio climático

- Landfill Metane Outreach Program (2017). *LFG Energy Project Development Handbook*. https://www.epa.gov/sites/production/files/2016-11/documents/pdh_full.pdf
- Metcalf, E. (1995). *Ingeniería de aguas residuales, redes de alcantarillado y bombeo*. España: McGraw Hill.
- MARN (2015). *Acuerdo Gubernativo 236- 2006. Reglamento de las descargas y reúso de aguas residuales y de la disposición de lodos*. Guatemala: MARN, Guatemala.
- MARN (2017) *Informe Ambiental del Estado 2016- Guatemala*. Guatemala: Autor.
- Oakley, S. (2005). *Lagunas de estabilización en Honduras: Manual de Diseño, Construcción, Operación y Mantenimiento, Monitoreo y Sostenibilidad*. EEUU: USAID.
- Pocasangre, C. (1995) *Inventario de plantas de tratamiento de aguas residuales municipales en Guatemala*. Guatemala: Facultad de Ingeniería, Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria, Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Pérez G., Dunia. (2007). *Evaluación del efecto de la aireación artificial para mejorar la calidad del agua en el lago de Amatitlán*. Guatemala: Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Raudales, R. y Gradiz, M. (2012) *Modelo de gestión integral de residuos sólidos en el área urbana del municipio de Santa Catarina Pinula*. Guatemala: Facultad de Ingeniería, Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria, Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Romero Rojas, J.A. (2010) *Tratamiento de aguas residuales, teoría y principios de diseño*. Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería.
- SGCCC (2019) *Primer reporte de evaluación del conocimiento sobre cambio climático en Guatemala: Resumen para tomadores de decisión*. Ciudad de Guatemala: Editorial Universitaria UVG.
- World Bank (2017) *Joint Monitoring Programme for Water Supply and Sanitation*. World Development Indicators Metadata.