

Artículo científico

Determinación de la sostenibilidad técnico ambiental del manejo de los residuos sólidos del municipio de Salcajá, departamento de Quetzaltenango**Edy Wilfrido Nimatuj Gómez**

Ingeniero civil, M.Sc. Ingeniería Sanitaria, ERIS-USAC.

Dirección para recibir correspondencia: edy.nimatuj@gmail.com

Recibido 12.02.2019 Aceptado 18.03.2019

Resumen

Este artículo presenta un análisis de los volúmenes, aspectos técnicos y ambientales para el adecuado manejo de los residuos sólidos generados en el municipio de Salcajá, departamento de Quetzaltenango, a partir de las características físico químicas de éstos, y las capacidades de la municipalidad. Se diagnosticó la situación actual, en cuanto a características de los desechos, servicio de recolección y transporte, limpieza de áreas públicas, tratamiento y disposición final. Se determinó un volumen de producción promedio de 11,214 kg/día de desechos sólidos lo cual equivale a una producción per cápita de 0.54 kilogramos / habitante / día, de los cuales el 52.58 % corresponde a tipo orgánico compostable. 4.55 % a papel y cartón, 9.48 % desperdicios sanitarios, 4.84 % plásticos, 8.62 % restos de alimentos, 4.15 % textiles, 5.86 % metales, 1.59 % duroport, 3.42 % vidrio, 2.28 % aluminio y 2.64% electrónicos, el pH de los residuos sólidos generados fue de 5.74, el porcentaje de humedad de 82.68 %, el porcentaje de cenizas de 16.76 %. A partir de estos resultados se realizó una propuesta para la disposición final de los residuos, y se analiza la capacidad de la municipalidad para desarrollar este plan de acción de forma que sea sostenible técnicamente, así como los factores que permitan la sostenibilidad ambiental de dicha propuesta a través de la implementación de una matriz de Leopold modificada.

Palabras clave: Diagnóstico, medio ambiente, desechos, disposición final, reciclar, botadero, compostaje.**Abstract**

This article presents an analysis of the volumes, technical and environmental aspects for the proper management of solid waste generated in the municipality of Salcajá, department of Quetzaltenango, based on the physical and chemical characteristics, and the capacities of the municipality. The current situation was diagnosed, in terms of the waste characteristics, collection and transport service, cleaning of public areas, treatment and final disposal. An average production volume of 11,214 kg / day of solid waste was determined, equivalent to a per capita production of 0.54 kilograms / habitant / day, of which 52.58% is organic compostable. 4.55% paper and cardboard, 9.48% sanitary waste, 4.84% plastic, 8.62% food waste, 4.15% textiles, 5.86% metals, 1.59% duroport, 3.42% glass, 2.28% aluminum and 2.64% electronic, the pH of waste generated solids is 5.74, the humidity percentage is 82.68%, the percentage of ash is 16.76%. Based on these results, a proposal was made for the final disposal of waste, and the capacity of the municipality to develop this action plan in a way that is technically sustainable, as well as the factors that allow the environmental sustainability of said proposal, were analyzed through the implementation of a modified Leopold matrix.

KEYWORDS: Diagnosis, environment, waste, final disposal, recycle, dump, composting.**Introducción**

Para el desarrollo del presente artículo se tomó como base la Guía Práctica para la Formulación de Planes Municipales para la Gestión Integral de Residuos y Desechos Sólidos; se estableció la situación actual del municipio de Salcajá en cuanto al manejo y disposición final de los residuos sólidos. En antecedentes se diagnostican el servicio de recolección y transporte, limpieza de áreas públicas y el tratamiento y

disposición que actualmente se le dan a los residuos sólidos; en la metodología se definió el criterio para selección de pre muestreo y muestra real en base al método elaborado por el Dr. Sakurau Kunitoshi, y se determinaron los criterios para obtener las características físicas y químicas de los residuos sólidos que permitan plantear un plan de acción. Se investigaron las capacidades actuales de la municipalidad de Salcajá para determinar si la propuesta de la adecuada disposición final de los

desechos sólidos es sostenible técnica y ambientalmente.

Se obtuvieron resultados de las características físicas y químicas, a partir de las cuales, e integrando la información obtenida del comité coordinador, y de la encuesta generada, se elaboró la línea base para definir un plan de acción propuesto que consiste en la clasificación de los residuos sólidos, reciclaje, elaboración de compost y construcción de un relleno sanitario; por medio de la elaboración de una matriz de Leopold modificada y del análisis técnico de las capacidades de la municipalidad de Salcajá.

Antecedentes

Según la investigación realizada, en la actualidad la municipalidad de Salcajá no cuenta con un registro de datos que contenga la información necesaria para definir el método más adecuado de disposición final de los residuos sólidos generados en el municipio; por tal motivo es necesario conocer las características y cantidades que se producen.

El manejo de los residuos sólidos está directamente relacionado a la calidad de vida del ser humano y sus actividades de subsistencia. El plan de desarrollo municipal indica que en el municipio, las actividades agrícolas y comerciales son predominantes.

Actualmente los residuos sólidos se disponen sin ninguna clasificación ni tratamiento en un botadero a cielo abierto que ha llegado al 95% de su capacidad; por lo que es necesario determinar una nueva metodología que permita a la municipalidad gestionar los residuos sólidos dándoles una adecuada disposición final.

A pesar de que existen tecnologías disponibles para el tratamiento, recuperación o eliminación de residuos sólidos, no se cuenta con sistemas adecuados de disposición final. Incluso son inexistentes los sistemas de tratamiento en el municipio, adicionalmente la municipalidad de Salcajá no cuenta con la información necesaria para elaborar un análisis de alternativas y así poder definir cuál es el método más apropiado para la disposición final, sin embargo, ya cuenta con un documento de Política Municipal de Medio Ambiente y Recursos Naturales, que entró en vigencia en junio del año 2017.

El servicio de recolección y transporte de los residuos sólidos se brinda por parte de la municipalidad, la cual

cuenta con dos camiones los cuales tienen 3 rutas, cada ruta se recorre dos veces a la semana, de acuerdo a la encuesta realizada el 100% de la población entrevistada confirma que el servicio de recolección de residuos sólidos pasa dos veces por semana en cada vivienda y el 85% de la población entrevistada considera que el servicio de recolección es bueno.

La municipalidad de Salcajá ha hecho un énfasis en la limpieza de áreas públicas, a tal punto que no se observan botaderos clandestinos dentro del territorio urbano, esto se debe principalmente a la adecuada recolección de residuos sólidos en el municipio y a que la municipalidad de Salcajá cuenta con cuadrillas de limpieza, las cuales recorren el municipio a diario recogiendo cualquier desecho que se encuentre en la vía pública. En el caso de alguna festividad o evento especial, la municipalidad coordina a las cuadrillas antes mencionadas para mantener la limpieza en el área del evento.

El municipio de Salcajá, no cuenta con la infraestructura adecuada para el tratamiento y disposición final de los residuos sólidos; los camiones luego de recolectar los residuos sólidos de las rutas correspondientes, llegan a un botadero a cielo abierto, en donde los "guajeros", los separan según ellos consideren que les puede generar un beneficio económico, el resto se vierte al botadero municipal a cielo abierto; de acuerdo a la caracterización realizada. Un alto porcentaje de los residuos sólidos es material orgánico compostable, el cual no se aprovecha en la actualidad.

La inadecuada disposición final de los residuos sólidos genera contaminación ambiental y problemas de generación de vectores que afectan a los vecinos.

Descripción del área de estudio

Salcajá es el municipio con menor extensión territorial del país, pertenece al departamento de Quetzaltenango y posee un área aproximada 12 km². Dista a 9 km de la cabecera departamental, por la ruta nacional 1 según SEGEPLAN (2010) y a 195 km aproximadamente desde la capital; y colinda al noreste con San Cristóbal Totonicapán, al sureste con cantón Paxtoca San Cristóbal, al sur con cantón San Ramón y Llanos de Urbina Cantel, al suroeste con Quetzaltenango y al noroeste con San José Chiquilajá y San Andrés Xecul.

La población del municipio según INE para el año 2012 ascendía a un total de 18,538 habitantes, de ellos 47% hombres y el 53 % mujeres. El 35% de la población pertenece al comunidad lingüística K'iche, del pueblo maya, y el 65% a la población no indígena. Este municipio se encuentra situado a una altura de 2,321 metros sobre el nivel del mar, y cuenta con un clima frío, con una temperatura máxima promedio anual de 21. 9° centígrados y una mínima promedio anual de 7. 3° centígrados. Se marcan principalmente dos estaciones, la lluviosa y la seca, que se hacen presentes de mayo a octubre la primera y de noviembre a abril la segunda.

Según datos del INE, el municipio tiene una cobertura del 95.5 % en agua potable y 75.7 % en saneamiento básico, es decir que la mayoría de las viviendas del municipio cuentan con estos servicios, aun así, son pocos los sectores que carecen de drenaje, este es el caso del paraje de Buena Vista.

Por otro lado, según el documento Índice de Cobertura Eléctrica, elaborado por el Ministerio de Energía y Minas en el año de 2013, existe un 99 % de cobertura eléctrica en el municipio de Salcajá. La figura 1 muestra la delimitación del área de estudio.

Figura 1. Delimitación y colindancias del municipio de Salcajá



Fuente: Oficina de Planificación Municipal de Salcajá. 2012.

Metodología

A través de un estudio de caracterización de residuos sólidos se obtuvieron muestras de un determinado número de viviendas representativas del universo de la

población siguiendo el método del Dr. Sakurau Kunitoshi, y de esta manera conocer las características de los residuos, realizando ensayos de laboratorio para determinar potencial de hidrogeno, producción per cápita, densidad de los residuos, porcentaje de

humedad y porcentaje de ceniza; lo cual es indispensable para determinar su adecuado manejo y disposición final. Así mismo se desarrolló una encuesta a una muestra de la población durante el pre muestreo, y se tomó como base la Guía Práctica para la Formulación de Planes Municipales para la Gestión Integral de Residuos y Desechos Sólidos, se investigó en la municipalidad las estructuras organizativas existentes en torno al tema del manejo de desechos sólidos, y otros parámetros de la situación actual para definir la línea base, y diagnóstico. Se plantea un plan de acción, una propuesta de programa de inversiones, una estimación de posibles ingresos en base a los mercados del reciclaje y el compostaje, y análisis de la demanda del servicio proyectando los volúmenes generados al año 2031, así como un estudio de las capacidades actuales, con lo que se determinó la sostenibilidad técnica y ambiental de dicha propuesta que consiste en, implementar un relleno sanitario, practicar el reciclaje y el compostaje. A través de una matriz de Leopold modificado se evaluaron los impactos ambientales en los medios abiótico, biótico y socioeconómico, de la propuesta antes mencionada. A partir de esta evaluación se realizó el análisis correspondiente.

Resultados

En el pre muestreo se recolectaron los residuos sólidos en 20 viviendas y se realizó una encuesta cuyos resultados se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Encuesta en fase de pre muestreo

1	¿Cuántas personas habitan en su casa?
	4.6 habitantes en promedio
2	¿Practica el reciclaje?
	Si 75%. No 25%
3	Si no lo hace, ¿estaría dispuesto a hacerlo?
	Si 100%
4	¿Cuál es su percepción del servicio de recolección de residuos?
	Buena 85%. Regular 15%

5	¿Cuál es la tarifa por recolección de residuos sólidos?
	Gratuita 85%. No sabe 15%
6	¿Estaría dispuesto a pagar más por el servicio de recolección?
	Si 70%. No 30%
7	¿Cuál es la frecuencia de recolección de los residuos sólidos en su hogar?
	2 veces por semana el 100%

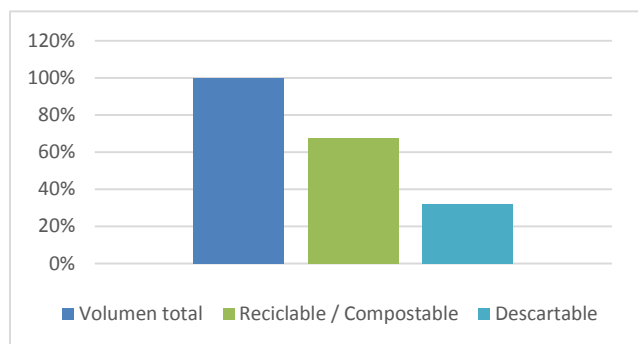
Los resultados de la caracterización de los residuos sólidos generados para una muestra real de 61 viviendas; se muestran en la tabla 2.

Tabla 2. Resultados de la caracterización

Desecho	Peso (kg)	Porcentaje (%)
Papel y cartón	25.45	4.55
Desperdicios sanitarios	52.95	9.48
Plásticos	27.05	4.84
Orgánico compostable	293.86	52.58
Restos de alimentos	48.18	8.62
Textiles	23.18	4.15
Metales	32.73	5.86
Duroport	8.86	1.59
Vidrio	19.09	3.42
Aluminio	12.73	2.28
Electrónicos	14.77	2.64
Total	558.86	100

La figura 2 indica los porcentajes de los desechos aprovechables.

Figura 2. Comparativo de volúmenes reciclables



En el municipio de Salcajá existen 3 rutas para las que las tablas 3, 4, 5, 6, y 7 muestran sus características:

Tabla 3. Promedio de producción per cápita

Ruta / días de recolección	Ppc(kg/hab/día)
Ruta 1 (lunes y jueves)	0.50
Ruta 2 (martes y viernes)	0.56
Ruta 3 (miércoles y sábado)	0.55
Promedio	0.54

Tabla 4. Densidad de los residuos sólidos

Ruta / días de recolección	Densidad (m ³ /día)
Ruta 1 (lunes y jueves)	222.78
Ruta 2 (martes y viernes)	216.67
Ruta 3 (miércoles y sábado)	233.34
Promedio	225.34

Tabla 5. Potencial de hidrógeno (pH) los residuos sólidos

Ruta / días de recolección	pH
Ruta 1 (lunes y jueves)	6.46
Ruta 2 (martes y viernes)	4.73
Ruta 3 (miércoles y sábado)	6.03
Promedio	5.74

Tabla 6. Porcentaje de humedad de los residuos sólidos

Ruta / días de recolección	%
Ruta 1 (lunes y jueves)	87.67
Ruta 2 (martes y viernes)	78.32
Ruta 3 (miércoles y sábado)	82.07
Promedio	82.68

Tabla 7. Porcentaje de ceniza de los residuos sólidos

Ruta / días de recolección	%
Ruta 1 (lunes y jueves)	16.46
Ruta 2 (martes y viernes)	19.02
Ruta 3 (miércoles y sábado)	14.81
Promedio	16.76

En base a la información obtenida del comité coordinador, a las encuestas generadas, al análisis y caracterización de los residuos sólidos, se genera la tabla 8.

Tabla 8. Análisis de la información

Tema	¿Qué sucede?	¿Causas?	¿Consecuencias?	¿Medidas a tomar?
Generación	El municipio genera residuos sólidos	Actividades cotidianas	Generación de residuos que deben ser gestionados adecuadamente	Implementar una adecuada gestión de los residuos sólidos
Recolección y transporte	Se cuenta con recolección y transporte.	Buena gestión municipal	Se han eliminado botaderos clandestinos	Mantener el servicio
Recuperación de residuos valorizables	La municipalidad no recupera residuos valorizables	No cuenta con personal o centro de transferencia	Los residuos valorizables son desechados en el botadero	Promover el reciclaje de parte de la municipalidad
Disposición final	Se vierten los residuos en un botadero a cielo abierto	La municipalidad no cuenta con instalaciones o terreno para la adecuada disposición final	Contaminación ambiental Vectores Problemas de salud	Gestionar la adquisición de un lugar para la adecuada disposición final

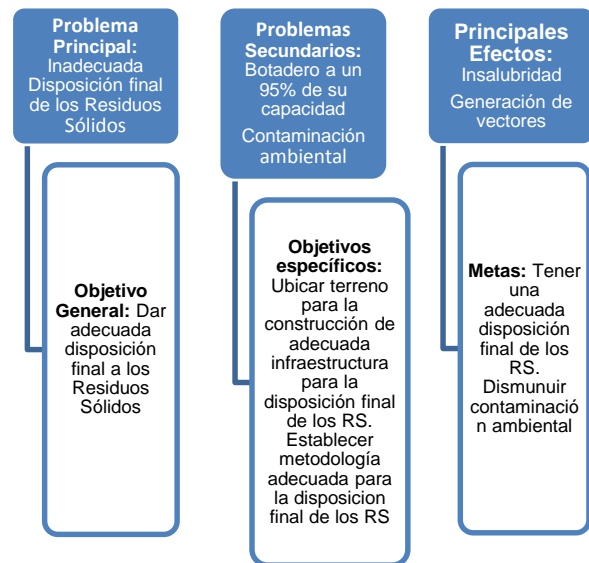
La tabla 8 permite definir parámetros de la situación actual para construir con ellos una línea base, la cual se muestra en la tabla 9.

Tabla 9. Línea base

Tema	Indicador	Observación
Normativas municipales vigentes	1	Política municipal de medio ambiente y recursos naturales
Generación de residuos por habitante	0.54	Kg / hab / día
Botaderos no autorizados	0	unidades
Densidad de los residuos solidos	225.92	Kg/m ³

En la figura 3, se formula el Diagrama de relación para la formulación de objetivos y metas del plan propuesto.

Figura 3. Diagrama de relación para la formulación de objetivos y metas



La propuesta de acción contempla la implementación de un relleno sanitario, el reciclaje, y elaboración del compost; para ello se elaboró una matriz de Leopold modificada, donde se valoran los posibles impactos al ambiente de las actividades propuestas, misma que se presenta en la tabla 10.

Tabla 10. Matriz de Leopold modificada

	Actividades	Medio Abiótico						Medio Biótico			Medio Socio Económico				
		Agua		Suelo		Atmósfera		Corte de árboles	Proliferación de vectores	Siembra de árboles	Paisaje	Fuentes de Ingreso	Mano de Obra	Salud humana	Quejas Vecinos
		Calidad Superficial	Calidad Subterránea	Pérdida y cambio de uso	Compactación	Aire (polvo y gases)	Ruido y vibraciones								
Construcción	Movimiento de tierras	-1	0	-1	0	-1	-1	-1	0	0	-1	1	1	-1	0
	Construcción de infraestructura	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	-1	1	1	0	0
	Construcción de celdas	0	-1	0	0	-1	-1	0	0	0	-1	1	1	0	0
Operación	Recolección domiciliar	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1
	Transporte de los desechos sólidos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1
	Reciclaje	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
	Compostaje	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
	Disposición final de inertes	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0

Análisis de resultados

Según los resultados de la caracterización realizada el 52.58% de los residuos sólidos generados en el municipio son orgánicos compostables, que al ser aprovechados disminuyen el volumen neto a depositar en el relleno sanitario; así mismo, existe un volumen considerable (15.09%) de materiales reciclables, tales como papel y cartón, vidrio, aluminio y plástico tal como se muestra en la figura 3, en la cual se detallan los porcentajes de cada tipo de desecho.

Los desechos compostables y reciclables, representan un 67.67% de reducción en volumen total a depositar en el relleno sanitario. La figura 4 permite apreciar de mejor manera estos volúmenes, respecto del volumen total generado.

Con el fin de determinar ingresos reales según el comportamiento del mercado y el censo agropecuario publicado por el ministerio de agricultura y ganadería (MAGA), en el municipio de Salcajá, existen alrededor de 723 productores agrícolas, los cuales son el mercado potencial del compostaje como fertilizante; por tanto, es necesario incentivar este sector de la economía para que crezca en la misma proporción que el crecimiento poblacional y la producción de desechos sólidos inherente a ésta.

La realización del compostaje y la práctica del reciclaje contribuyen a la reducción del volumen y peso de los residuos que se llevan al vertedero, estas actividades permiten el uso adecuado del suelo, reducen la contaminación de los mantos acuíferos por infiltración de lixiviados y reduce la proliferación de vectores, contribuyendo en la mejora ambiental y en la salud de la población. Además permiten la operatividad del sistema de disposición final, extendiendo su vida útil, al reducir el volumen de desperdicios a descartar. En relación a la sostenibilidad técnico ambiental podemos definirla como la capacidad operativa para el buen funcionamiento del proyecto, de forma que se eviten impactos ambientales negativos que puedan afectar el suelo, agua y aire. En este sentido se debe analizar la parte económica que permita sufragar los costos de operación en que se incurre para garantizar un adecuado manejo de los residuos sólidos, así como las capacidades operativas.

En cuanto a capacidades actualmente, el servicio de recolección cubre un 100% del área urbana, y un 60% en el área rural, según encuesta realizada para esta investigación. Por lo que se puede considerar que la

población se encuentra satisfecha con el servicio, el cual es gratuito. El barrido de calles es funcional, y no se observan botaderos clandestinos dentro del área urbana.

La municipalidad cuenta con una oficina denominada: Oficina Municipal de Fomento Económico, Turismo, Medio Ambiente y Recursos Naturales, y desde el año 2016 cuenta con una política municipal de medio ambiente y recursos naturales, que entró en vigencia el junio del año 2017. Se cuenta con acciones estratégicas definidas y metodología para la gestión de los desechos sólidos. Anualmente se trabaja de acuerdo a un plan operativo, que permite definir y administrar los recursos de una manera controlada.

Las capacidades para el adecuado manejo de los desechos sólidos se han venido fortaleciendo, sin embargo, el factor económico es determinante; el cobro de una tarifa puede asegurar la operatividad de la gestión de los residuos sólidos, sin embargo, este tema se vuelve político, pues actualmente no se cobra por dicho servicio, y la aceptación del cobro de parte de los usuarios pasa a ser sensiblemente complicado.

Se plantea la realización de compostaje. Acción con la cual se contribuye a la reducción del volumen y peso de los residuos que se llevan al vertedero con la consecuente mejora ambiental. Al mismo tiempo se consigue reducir el consumo de abonos químicos que queman las plantas y contaminan los pozos y acuíferos.

El abono que se obtiene del proceso de compostaje permite que se reduzca el uso de fertilizantes químicos, que no solo contaminan los acuíferos por un exceso de nitratos, sino que también contaminan durante el proceso de producción, embalaje y transporte; asimismo, permite reducir la persistencia de determinados contaminantes orgánicos y tiene efectos positivos sobre ciertas enfermedades que sufren las plantas, evitando el control con pesticidas.

El reciclaje también es una medida de conservación ambiental, y la disposición final de los residuos no aprovechables en un relleno controlado permite el uso adecuado del suelo, reduce la contaminación de los mantos acuíferos por la infiltración de lixiviado, reduce la proliferación de vectores, beneficia la salud de la población, y el cuidado del medio ambiente.

En cuanto a las condiciones ambientales propicias para la elaboración del compost, este es un proceso biológico realizado por microorganismos, cuya

actividad hace que se eleva la temperatura de los materiales alcanzando valores altos que no deben superar un rango de 65 – 70 °C. Salcajá tiene un clima templado, que aunado a un buen control dentro del proceso de fabricación del compost, permitiría su buen desarrollo. Experiencias en climas similares como Sololá han sido satisfactorias. La figura 3 muestra los impactos ambientales a partir de la matriz de Leopold modificada.

Conclusiones

La caracterización realizada a los residuos sólidos del municipio de Salcajá muestra como resultado una producción per cápita de 0.52 kg/hab/día, una densidad de campo de 225.92 kg/m³, porcentaje de cenizas de 16.76%, porcentaje de humedad de 82.68% y pH de 5.74.

La composición de los residuos sólidos generados en el municipio de Salcajá son en su mayoría de tipo orgánico, constituyendo un 52.48 %, el menor porcentaje de composición son los desperdicios de duroport que representan un 1.59% del volumen total

Existe un déficit en el balance de ingresos y egresos de la disposición final de los residuos sólidos, este déficit puede ser cubierto por medio del establecimiento de una tarifa mensual a los beneficiarios del servicio.

La matriz de Leopold modificada nos permite establecer que la realización de las actividades propuestas ayuda a evitar los impactos ambientales negativos actuales, provocados por la generación y acumulación de desechos sólidos sin tratamiento en un botadero a cielo abierto, y permiten la conservación ambiental.

El manejo y la disposición final actual de los residuos sólidos en el municipio de Salcajá no es sostenible técnica y ambientalmente, debido a que el lugar de depósito y los procesos de tratamiento de los desechos no son adecuados, y la municipalidad no cuenta con los suficientes recursos financieros para ejecutar todos los procesos requeridos, por lo que sería necesario establecer una tarifa mínima.

Referencias

Lewis, Gilroy., 2007 Análisis de la situación del manejo de los residuos sólidos municipales en el área urbana del municipio de Coatepeque, Estudio Especial.. 250 p.

Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales., 2016. Guía Práctica para la Formulación de Planes Municipales para la Gestión Integral de Residuos y Desechos Sólidos, Primera Edición, . 62 p.

Nimatuj, Edy Wilfrido. “Determinación de la sostenibilidad técnico ambiental del manejo de los residuos sólidos del municipio de Salcajá, departamento de Quetzaltenango”. Estudio Especial. USAC, ERIS. Guatemala 2019.

Oxfam Intermon. 2018. Definición de sostenibilidad. Disponible en: <https://blog.oxfamintermon.org/definicion-de-sostenibilidad-sabes-que-es-y-sobre-que-trata/> Consultado el 23 de mayo de 2018.

SEGEPLAN. Plan de desarrollo municipal de Salcajá 2011-2025. Disponible en: <http://www.segeplan.gob.gt/nportal/index.php/bibliotecadocumental/category/57quetzaltenango?download=149:pdm-salcaja>. Consultado el 23 de mayo 2018.

Tchobanoglous, George; Theisen, Hilary; Vigil, Samuel. 1997. Gestión integral de residuos sólidos, España. 607p.

Información del Autor

Ingeniero civil, Edy Wilfrido Nimatuj Gómez, graduado de ingeniero civil en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC) en el año 2012.

M.Sc. en Ingeniería Sanitaria de la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos, ERIS de la Universidad de San Carlos de Guatemala, 2019.