

Residuos y ambiente. El riesgo de contaminación del agua por la disposición de basura urbana

Waste and environment. The risk of water contamination due to the disposal of urban garbage

Gerardo Bernache Pérez^{a,b}

Resumen / Abstract

Este artículo presenta un diagnóstico de la generación y el manejo de los residuos sólidos urbanos en cinco municipios de la Región Ciénega de Jalisco. El argumento inicial es que los residuos sólidos de origen urbano pueden contener residuos contaminantes. El entierro de residuos en un vertedero genera escurrimientos que se conocen como lixiviados. El escurrimiento de lixiviados fuera de los sitios que llega a arroyos cercanos presenta un riesgo de contaminación del agua. La producción per cápita de residuos resultó ser 8% superior al promedio nacional, la separación de residuos es poco menos de un 3% del total. Cuatro municipios disponen sus residuos en dos tiraderos a cielo abierto que no cumplen con las especificaciones y criterios de control de la contaminación que marca la normatividad ambiental. En todas las muestras de lixiviados se detectó presencia de ocho tipos de metales pesados, aunque solo en cuatro muestras se detectaron cantidades superiores a los límites permisibles de cromo y arsénico. El riesgo de contaminación de fuentes de agua por lixiviados con residuos peligrosos está presente.

Palabras clave: sitios de disposición final, residuos sólidos urbanos, lixiviados, fuentes de agua, Región Ciénega Jalisco.

a. Profesor Investigador adscrito al Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social, Unidad Occidente. Ave. España 1359, Colonia Moderna, Guadalajara, Jalisco 44190. Correo electrónico: gerardo.bernache@gmail.com y bernache@ciesas.edu.mx.

b. Agradecimientos. El autor agradece a la M. en C. Elizabeth Hernández Álvarez por su apoyo analítico en la determinación de elementos traza por ICP-MS, Instituto de Geofísica, UNAM. También agradece el apoyo y financiamiento recibido por parte del proyecto PRONACES 318965 "Incidencia para la Regeneración Ecohidrológica y Reapropiación Comunitaria de la Cuenca Alta del Río Grande de Santiago" coordinado por el Dr. Omar Arellano de la Facultad de Ciencias de la UNAM y patrocinado por el CONAHCYT. En el trabajo de campo también participaron la Mtra. Gemma Pérez Rojas, el Mtro. Eduardo Montero Munguía y la Lic. Génesis Rico Sotelo.

This article presents a diagnosis of the generation and management of urban solid waste in five municipalities of the Ciénega Region of Jalisco. The initial argument is that urban solid waste can contain contaminating residues. The burial of waste in a landfill generates runoff known as leachate. Off-site leachate runoff that reaches nearby streams presents a risk of water contamination. Per capita waste production was found to be 8% higher than the national average; waste separation is just under 3% of the total. Four municipalities dispose of their waste in two open dumps that do not meet the specifications and pollution control criteria established by environmental regulations. The presence of eight types of heavy metals was detected in all leachate samples, although only four samples showed amounts of chromium and arsenic above the permissible limits. The risk of contamination of water sources by hazardous waste leachate is present.

Keywords: final disposal sites, municipal solid waste, leachate, water sources, Ciénega Jalisco Region.

Introducción

Este artículo se centra en estudiar y analizar la gestión de los residuos sólidos urbanos en la Región de la Ciénega en el estado de Jalisco. Esta región se integra por nueve municipalidades, a saber: Atotonilco el Alto, Ayotlán, La Barca, Degollado, Jamay, Ocotlán, Poncitlán, Tototlán y Zapotlán del Rey.

Para el estudio seleccionamos cinco municipios que tomamos como representativos de la región y en esos municipios se desarrolló una estrategia de investigación que incluyó investigación documental, visitas técnicas, entrevistas a funcionarios responsables y toma de muestras de lixiviados para su análisis en laboratorio. Después de una invitación a participar en esta investigación, realizada a través de AIPROMADES, cinco municipios aceptaron y fueron incluidos en el muestreo. El estudio se realizó en el periodo 2022 y 2023.

El más reciente censo de población, INEGI 2020, establece que la Región Ciénega cuenta con 422,179 habitantes. Los cinco municipios seleccionados para el estudio tienen un total de 266,570 habitantes, lo que equivale a 63% de la población total de la región (IIEG 2024, p35).

Para fines de la primera década del siglo XXI la Región de la Ciénega generaba 326 toneladas diarias de residuos sólidos urbanos (RSU), con una producción de 675 gramos diarios por persona. Destacaba el municipio de Ocotlán con la mayor producción de residuos que alcanzaba las 87 toneladas diarias (SEMADES s/f, pag. 90). El diagnóstico establece que se realizaba la separación por grupos de pepenadores en sitios de disposición final y que se separaba un 0.4% del total de los RSU (Idem p.92).

El Programa Jalisco Reduce (SEMADET 2022, pág. 46) identificaba la disposición final como uno de los principales problemas en el manejo de residuos en el estado, ya que los sitios de disposición no cumplen con la norma oficial NOM-083-SEMARNAT-2003 que establece los criterios básicos para la construcción y operación de rellenos sanitarios. El informe de estado de la disposición final en la región indica que:

Se encontró que en el interior del estado existen un total de 128 sitios de disposición final de

RSU, de los cuales 39 son rellenos sanitarios y 89 sitios no controlados (vertederos), lo que representa 30% y 70%, respectivamente (SEMADET 2022, pág. 47).

Además, se reporta que para el 2022, unos 67 sitios de disposición (el 52%) tenían multas o procedimientos abiertos con la Procuraduría Estatal de Protección al Ambiente por irregularidades en su infraestructura y operación (Idem p 47).

La Secretaría de Planeación y Participación Ciudadana del estado de Jalisco publicó la Agenda Regional Ciénega. Jalisco 2023 en la que analizan los principales retos en desarrollo sostenible y territorio en los municipios de dicha región. Los presidentes municipales que empezaban su administración plasmaron en el Plan Municipal de Desarrollo y Gobernanza los problemas principales identificados. En los cinco municipios que se seleccionaron para el presente estudio, solo uno de ellos identificó la gestión de residuos como un tema central. El Ayuntamiento de Atotonilco El Alto considero que mejorar su sistema de gestión de residuos era una prioridad. “Promover el cuidado del medio ambiente y gestionar el sistema de residuos” (SPPC 2023, pág 29). Los otros cuatro presidentes municipales (Poncitlán, Ocotlán, Tototlán y Zapotlán del Rey) no señalaron la gestión de los residuos como una de sus principales metas durante su administración, para este grupo las prioridades fueron: gestión integral del agua, mejorar el saneamiento, abastecimiento de agua y captación de agua de lluvia (SPPC 2023, págs. 39, 41, 43 y 45).

En sus Planes Municipales de Desarrollo y Gobernanza (PMDG) los cinco ayuntamientos abordan el problema de la basura de una manera muy general. Atotonilco El Alto refiere que a lo largo del año 2020 se generaron 20,385 toneladas de residuos sólidos urbanos y que su estrategia sería: elaborar un Reglamento Municipal de Residuos, lanzar un programa de gestión de los residuos sólidos urbanos, y buscar la colaboración de escuelas y empresas (Ayuntamiento de Atotonilco El Alto 2021, p. 78).

El ayuntamiento de Ocotlán identifica una serie de problemas que van a un sistema de recolección de residuos deficiente, falta de información y de un diagnóstico de la problemática, y el vertedero municipal que ha sido clausurado por lo que tienen que llevar a Poncitlán sus residuos. Además de una imagen sucia del municipio por los contenedores saturados, basura en lotes, solares y espacios públicos. Por último reconoce una alta rotación de personal y un parque vehicular en mal estado (Ayuntamiento de Ocotlán, 2021, pag 103-104).

Por su parte Poncitlán, en su PMDG, que “el vertedero actual es insuficiente” (Ayuntamiento de Poncitlán, 2021, p13).

En el caso de Tototlán las preocupaciones expresadas en el PMDG son la falta de “botes de reciclaje” y poner más contenedores de basura en escuelas y centros recreativos (Ayuntamiento de Tototlán, 2021, p. 43-44). Su estrategia para el desarrollo sostenible en el rubro de residuos es atender la “falta de sitios de disposición de residuos sólidos Implementar una planta tratadora para los residuos sólidos, para evitar el incremento del índice de contaminación” (Idem, p. 51).

En Zapotlán del Rey no pudimos encontrar el PMDG 2021-2024, por lo que recurrimos al PMDG 2018-2021, ahí se refiere que la producción de residuos es de 9.4 toneladas diarias de RSU. También identifica la disposición irregular de envases de agroquímicos que son “una fuente de contaminación” (Ayuntamiento de Zapotlán del Rey 2018, p 14). Para el Ayuntamiento el principal problema es la falta de conciencia por parte de la ciudadanía que tiene poca “cultura” de separación

y manejo adecuado de la basura (Ayuntamiento de Zapotlán del Rey 2018, p 38).

Además, describe el sitio de disposición final que utiliza el municipio de la siguiente manera:

La condición en la que se encuentra dicho tiradero es la siguiente en la que se encuentran regulares, porque no cuenta con cercas perimetrales, drenajes, sistemas para liberación de gases y es de propiedad privada, el H. Ayuntamiento solo lo renta. Del total de toneladas de residuos sólidos, actualmente no se procesan y no se reciclan, solamente se pepeñan los residuos para la venta por los pepeñadores del basurero municipal. Las distancias de los tiraderos a las localidades más cercanas son las siguientes: 10 a 13 kilómetros (Ayuntamiento de Zapotlán del Rey 2018, p 38).

Una revisión de los retos ambientales en la Región Ciénega de Jalisco arroja que el agua es la principal preocupación. Zonas con sequías moderadas y sequías intensas son comunes, por lo que los PMDG refieren que deben reforzar la gestión del recurso hídrico para abastecer a la población de sus municipios. Los temas de acceso, distribución, saneamiento y calidad del agua son comunes en la región, tanto para uso urbano como para uso agropecuario. En pocos ayuntamientos empieza a surgir también la preocupación por los impactos del cambio climático a nivel local, mismos que afectarán el ciclo del agua, las lluvias y el acceso al vital líquido.

Ante la prioridad del tema de contar con agua suficiente y de calidad, los PMDG definen estrategias y acciones para buscar la suficiencia hídrica. Lo anterior es lo correcto ante un diagnóstico de un futuro con cada vez menos líquido disponible y más fuentes de agua afectadas por degradación y contaminación local.

Sin embargo, el tema de la gestión de los residuos que está ligado a la contaminación de fuentes de agua y a la generación de gases efecto invernadero aparece relegado en la jerarquía de retos ambientales. La mayoría de las veces se le dedica poca atención y las propuestas de acción son demasiado generales y ambiguas, tal es la propuesta que propone mejorar un Sistema Integral de Recolección Ocotlán (Ayuntamiento de Ocotlán, 2021, pag. 116). En el caso de tres municipios que no cuentan con un sitio de disposición final adecuado --Poncitlán, Ocotlán y Zapotlán del Rey—para nada aparece una propuesta seria de construir y operar un relleno sanitario municipal o colaborar para un sitio intermunicipal.

El único relleno sanitario en la región se ubica en el municipio de Atotonilco El Alto, mismo que ha sido reconocido por la SEMADET como un sitio que cumple con los criterios que marca la Norma Oficial Mexicana 083 que establece las especificaciones técnicas para ubicar, construir y operar un sitio de disposición final adecuado. En su PMDG. Atotonilco el Alto establece un compromiso para consolidar la gestión integral de RSU.

Con estos antecedentes podremos entender mejor los estilos de manejo de los residuos sólidos urbanos en los cinco municipios seleccionados para el estudio.

El objetivo de este texto es presentar la información básica de la producción de RSU en los cinco municipios en relación a la producción de residuos, separación para el aprovechamiento de materiales, disposición final y riesgo de contaminación de las fuentes de agua por el escurrimiento de lixiviados.

Materiales y Métodos

Por una parte, se utilizó un enfoque metodológico cualitativo con el uso de tres técnicas, a saber: entrevistas semiestructuradas; investigación documental; y recorridos de campo que incluyen visitas técnicas a sitios de disposición final.

Las entrevistas se realizaron con los funcionarios de los cinco municipios que son responsables del manejo de los RSU tanto en lo que corresponde a recolección, como en la operación del sitio de disposición final de residuos.

La investigación documental se realizó en informes, monografías y reportes de la Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial (SEMADET), del Instituto de Informática, Geografía y Estadística de Jalisco (IIEG), así como en los Planes Municipales de Desarrollo y Gobernanza (PMDG) de los cinco ayuntamientos.

Por último, los recorridos se realizaron en la cabecera municipal para apreciar el sistema de recolección, el estado de limpieza de calles y áreas públicas, y la existencia de infraestructura de separación de residuos. También se realizaron al menos dos visitas técnicas a los tres sitios de disposición final que utilizan los cinco ayuntamientos. El equipo de investigadores y asistentes tomaron notas de las observaciones realizadas, se tomó un registro fotográfico, videos realizados con drones en los sitios de disposición, y datos de ubicación geográfica de los sitios.

Por otra parte, el equipo de investigación realizó la toma de muestras de lixiviados en campo, siguiendo un protocolo:

Se utilizó un envase de plástico limpio atado a una vara de 2.3 metros para tomar la muestra de lixiviados de un punto central del cárcamo, charco o escurrimiento. Usando guantes de nitrilo nuevos en todo momento. Con jeringas nuevas para cada muestra se pasó el lixiviado a través de trompos O´ring equipados con filtro Millipore 0.45 mm y se llenaron dos tipos de contenedores estériles: un vacutainers de 10 mL y un tubo Corning de 50 mL. Los contenedores se cerraron con rolo parafilm, se pusieron en una hielera para su enfriamiento y luego se pasaron a un refrigerador a 4°C para su conservación. Una vez que se obtuvieron todas las muestras de los sitios, éstas se enviaron en una hielera con suficiente material enfriador a las instalaciones de la UNAM, donde fueron analizadas por el personal designado en el laboratorio del Instituto de Geofísica.

Resultados

La generación de residuos y separación de materiales para el reciclaje.

La producción de residuos sólidos urbanos en los cinco municipios alcanza los 271,015 kilogramos diarios, lo que equivale a 1.017 kilogramos diarios per cápita, esta es una cifra que se encuentra un 8% arriba del promedio nacional que reporta la SEMARNAT (2020:12) que es de 0.944 kilogramos per cápita. Véase la Tabla 1.

Tabla 1. Población y producción de residuos por municipio

Municipio	Población	Producción de RSU (kg)
Atotonilco El Alto	64,009	85,000
Tototlán	23,573	31,000
Poncitlán	53,659	40,400
Ocotlán	106,050	100,100
Zapotlán del Rey	19,279	14,515
Total	266,570	271,015

Fuente: Población (INEGI, 2020), Producción de Residuos (datos propios 2023).

El sistema de recolección de RSU va de lo regular a lo bueno, con un mejor desempeño en Atotonilco El Alto donde tienen un parque vehicular más nuevo y una organización mejor en Aseo Público. En segundo lugar, se encuentra la ciudad de Ocotlán que es la que concentra más población de estos cinco municipios estudiados. Los demás municipios tienen una recolección que puede evaluarse como regular, con altas y bajas dependiendo del estado de los vehículos recolectores. Sin embargo, en ningún caso se tiene un esquema de separación de residuos en la fuente, es decir en las viviendas y domicilios de pequeños negocios.

Separación para el reciclaje. Aunque varios ayuntamientos señalan que cuentan con botes para separar los residuos, en realidad ningún programa institucional ha permanecido. La asociación intermunicipal AIPROMADES ha impulsado dichas acciones de separación, pero por alguna razón este tipo de iniciativas no logra consolidarse.

Los pepenadores son los principales responsables de la separación de residuos, que se realiza a pequeña escala, los principales materiales que se separan y se comercializan son: plástico PET, plástico bote lechero, metales o chatarra, papel y cartón, madera, botellas de vidrio, entre otros. El encargado del sitio es muchas veces un intermediario en la comercialización de subproductos de la basura, es decir es quien hace acopio, paga el material y lo lleva a vender dentro del municipio o desplazándose a otro municipio.

En el sitio de Poncitlán se pueden encontrar un promedio de 50 pepenadores organizados en grupos familiares, quizá la mitad de los que ahí trabajan son mujeres. En Atotonilco el Alto son 6 hombres pepenadores, que ocasionalmente traen a sus hijos para que ayuden. Mientras que en Tototlán serán también unos 6 pepenadores, personas de la tercera edad, que trabajan en el sitio. Los residuos llegan a tres sitios de disposición final, ya que Ocotlán, Poncitlán y Zapotlán del Rey disponen sus residuos en el vertedero de Poncitlán. Por su parte Tototlán y Atotonilco el Alto disponen sus residuos en sus propios sitios.

El trabajo de pepenador es arduo, requiere una jornada de más de ocho horas diarias, en un entorno de basura, fauna nociva y bajo el rayo del sol o la lluvia. Para organizarse los pepenadores tienen pequeños espacios techados donde descansan por periodos breves. También disponen de un espacio para ir acomodando, empacando, preparando los subproductos para entregarlos separados de acuerdo a como lo pide el comprador.

En este caso, para el 2023, la separación que realizaban los pepenadores que trabajaban en los

tres sitios de disposición final era de 7.2 toneladas por día, lo que representa el 2.7% del total de los RSU.

La operación de los tres sitios de disposición final de RSU.

Los cinco municipios entierran sus residuos en tres sitios de disposición final, como se presenta en la siguiente Tabla 2.

Tabla 2. Sitios de disposición final donde depositan los municipios estudiados

Sitio	Municipios que depositan	Monto depositado (tons)	Tipo de Sitio de Disposición Final
Sitio Poncitlán	Poncitlán, Ocotlán, Zapotlán del Rey	155	Tiradero a cielo Abierto
Sitio Tototlán	Tototlán	31	Tiradero a cielo Abierto
Sitio Atotonilco El Alto	Atotonilco El Alto	85	Relleno Sanitario

Fuente: investigación directa.

El sitio de Poncitlán. El sitio es Administrado por un encargado que controla el ingreso, es el jefe del grupo de pepenadores y tiene la autorización del Ejido San Luis de Agua Caliente. Él lleva la Bitácora de ingresos de residuos al sitio. También organiza los espacios para la disposición de residuos. Este es un tiradero a cielo abierto con una antigüedad de 37 años y cuenta con dos secciones. La primera sección se cerró en el 2013. En la segunda sección se empezó a operar desde el 2012. Tiene una vida útil de 6 años, dependiendo del incremento en los montos de generación de residuos en los tres municipios que depositan en este sitio. El horario de operación es de 6:00 am a 6:00 pm, los siete días de la semana. El predio completo tiene unas 6 hectáreas, la sección donde se está depositando actualmente tiene una extensión de 2 hectáreas, con una profundidad de unos 25 metros. El lugar cuenta con un cerco perimetral de malla ciclónica y una puerta de acceso que se cierra al terminar la jornada laboral.

Por una parte, este sitio es operado por el Ejido San Luis de Agua Caliente, no lo opera ningún ayuntamiento, los ayuntamientos son clientes del sitio. Aquí depositan: Poncitlán, Ocotlán y Zapotlán del Rey. Tradicionalmente los sitios de disposición final los operan tres tipos de instancias: los propios ayuntamientos; empresas concesionarias; y organismos públicos como los Sistemas Intermunicipales de Manejo de Residuos (SIMARs). En Poncitlán encontramos un cuarto tipo de operador: un ejido. El Ejido es propietario del terreno, que tiene un gran socavón producto de la extracción de arena para la industria de la construcción, el socavón se ha ido relleno con residuos desde hace más de tres décadas. Las instancias directivas del Ejido designaron a un Encargado, quien controla el acceso, la disposición y el trabajo de los pepenadores en el lugar.

El encargado es nombrado por las autoridades del Ejido de San Luis de Agua Caliente (Poncitlán), él es el responsable de controlar el ingreso, de organizar los espacios donde se realiza la disposición de los residuos, también lleva una bitácora de los camiones que ingresan y los montos que depositan, y supervisa al grupo de pepenadores. El encargado entrega al Ejido y al Ayuntamiento

de Poncitlán la bitácora semanal de ingresos al sitio, el ayuntamiento a su vez cobra un monto por tonelada a los ayuntamientos de Ocotlán y Zapotlán del Rey. Posteriormente se hace el pago de la renta al Ejido, entiendo que la renta se determina en función del tonelaje de basura depositada.

Por otra parte, el Ayuntamiento de Poncitlán ha recibido Actas de apercibimiento, por parte de la SEMADET y PROEPA, debido a la mala operación del sitio. En las Actas se señalan detalladamente las irregularidades en la operación para que se corrijan. Aunque en la práctica son pocas cosas las que se corrigen. Personal de PROEPA y SEMADET en Ocotlán tienen un programa de supervisión del sitio y lo visitan de forma regular, cada dos meses.

A pesar de que el sitio es un tiradero a cielo abierto, el Encargado tiene precauciones para evitar incendios y otros problemas comunes en los vertederos. Tienen cámaras de vigilancia y cuentan con una pipa-cisterna con agua para reaccionar ante cualquier conato de incendio. El lugar tiene ya unos 2 años sin incendios. El último incendio se tuvo en un área de 30 x 15 metros, en uno de los taludes, el incendio empezó por la madrugada cuando no había personal trabajando en el sitio. Se tuvo una reacción rápida y el incendio se sofocó en cuestión de unas horas.

El depósito de basura se cubre con cobertura de material conocido como balastro el cuál se encuentra disponible en las inmediaciones del sitio. Además, se usa residuos de construcción y demolición (RCD) para apuntalar y reforzar los taludes de basura.

Dos problemas con residuos de manejo especial en el municipio. 1) En el sitio de disposición final llegan las pilas de aparatos electrónicos, como son los celulares, tabletas o bocinas. Estas pilas son recargables se tiran cuando ya no retienen la carga. El problema es que explotan cuando el trascabo que realiza la compactación de la basura las pisa y ejerce presión sobre las mismas. Esto constituye un riesgo que puede ocasionar un incendio o bien que puede afectar y causar heridas a los pepenadores que trabajan en el sitio. 2) En el corralón donde se guardan los camiones de recolección de Poncitlán se tiene una gran acumulación de llantas automotrices y motocicletas, como de camiones y vehículos pesados. Para finales del 2023 se reportaba un monto acumulado de unas 1,200 llantas de todos tipos y tamaños.

El sitio de Tototlán. El sitio de Tototlán es un tiradero a cielo abierto, se ubica en un predio de 17 hectáreas, aunque el depósito de residuos solo ocupa unas 3.5 hectáreas. La profundidad promedio del entierro de residuos es de 30 metros. La sección del predio que se utiliza para el entierro de residuos está delimitada por una cañada por donde corre un arroyo de temporal. Más adelante en el perímetro del predio corre otro arroyo de mayor cauce. A los alrededores del sitio, en predios contiguos, se siembra agave.

Aquí se reciben principalmente RSU aunque también se mezclan de forma cotidiana residuos de grandes generadores que no se tienen bien identificados o clasificados como tales (los que deberían tener un servicio contratado por el volumen de sus residuos).

Los montones de basura se compactan con una máquina, que también va aventando la basura poco a poco sobre la cañada para extender el depósito. Los taludes no están bien compactados ni cubiertos con material petreo, solo es la pared de residuos. Esto presenta un riesgo importante de deslaves y en una visita se pudo observar un desgajamiento de basura en uno de los taludes. En general el entierro de residuos se compacta con el trascabo pero no se le ponía cobertura, hasta muy recientemente (octubre 2023).

La fauna nociva en este lugar era de dos tipos, una jauría de unos 30 perros que viven en el basurero porque han sido abandonados ahí. Un segundo problema era una plaga de pequeñas cucarachas que también se reproducían por la falta de cobertura de los residuos.

En una sección al lado del entierro de residuos se acumulan llantas automotrices de diversos tipos, un pequeño cerro de llantas que ocupa casi una hectárea del predio. Decenas de miles de llantas acumuladas que incrementan el riesgo de incendios peligrosos.

El lugar tiene un historial de múltiples incendios, algunos muy graves, con uno que tuvieron en 2018, un siniestro que fue controlado hasta después de varios cuando tuvieron que intervenir Protección Civil Estatal y cuerpos de bomberos de Tototlán y municipios vecinos. Los incendios son una señal clara de que el sitio de disposición final no se está operando de acuerdo a la normatividad ambiental vigente. Los incendios se producen por varios factores: en tiempos de calor por el efecto lupa del sol sobre pedazos de vidrio que inician una flama que se extiende; por la disposición irregular de material flamable en el sitio; y por la falta de cobertura de los residuos con una capa de material tipo tierra o balastro, la basura expuesta contiene diversos tipos de materiales de fácil combustión. Además, un incendio genera cenizas que pueden resultar contaminantes, y las emisiones de humos tóxicos resultantes de la combustión de plásticos, hules y otros materiales.

El sitio de Atotonilco El Alto. El predio donde se ubica el sitio tiene una dimensión de 10 hectáreas incluyendo una parcela contigua sembrada con agave. La parcela sembrada está separada del área de entierro de residuos por un arroyo de temporal. Al lugar llegan unas 80 toneladas por día, 7 días a la semana. Aquí trabajan cinco empleados municipales y unos seis pepenadores.

El predio se ubica a unos tres kilómetros de distancia de la carretera La Barca-Atotonilco, es una terracería con buen mantenimiento. El relleno sanitario está rodeado de plantaciones de agave en diferentes estados de desarrollo.

La celda 1 tiene una dimensión de una hectárea de terreno aproximadamente y con una profundidad de unos 25 metros de basura enterrada. Actualmente se aprecia como un cerro de basura de casi 20 metros de altura, tiene una cobertura de balastro y en la cima se instalaron varios aspersores que distribuyen el lixiviado que se bombea desde un cárcamo en la parte baja del predio. También cuenta con pozos de ventilación de gas metano. Esta celda ya está por cumplir su vida útil en el primer semestre de 2022.

En mayo de 2023 se recibió la autorización de las autoridades estatales para empezar a operar la celda 2. Esa celda ya tenía el terreno de una hectárea preparado, se empezó a depositar residuos en una concavidad de unos 5 metros de profundidad, ya previamente se le había instalado la geomembrana en la base, así como un sistema de captación de lixiviados y los pozos de ventilación de gas metano.

El plan del Ayuntamiento es que cuando la Celda 2 alcance su altura máxima, se empezará a unir las dos celdas para terminar con un entierro mayor a los 25 metros de altura en un espacio de 2 hectáreas. La vida útil del Relleno Sanitario está estimada en 10-15 años.

El sitio tiene dos cárcamos donde se juntan escurrimientos, uno tiene escurrimientos de agua pluvial y el otro capta todos los lixiviados que produce el sitio de disposición. Se practica la técnica de recirculación de lixiviados que se captan en el cárcamo principal, luego se bombean a la cima y con aspersores se riegan sobre la montaña de basura.

Este sitio está clasificado como Relleno Sanitario por la SEMADET y se aprecian buenas prácticas de manejo de residuos. En el 2022 el encargado era un ingeniero que tenía conocimientos y experiencia en el manejo de residuos y en la operación de un relleno sanitario. La voluntad política en la presidencia municipal y el trabajo del ingeniero fueron cruciales para que el sitio se opere con estándares de calidad de un relleno sanitario. Sin embargo, para el año 2023 el ingeniero que había sido responsable ya no estaba laborando para el ayuntamiento, por lo que se designó a un empleado de recolección, el que cuenta con mayor experiencia, como funcionario responsable del sitio. Esta rotación de personal puede incidir

Generación de lixiviados y análisis para detectar metales pesados.

Un componente importante de esta investigación fue la toma de muestras de los lixiviados --escurrimientos o jugos de la basura—para enviarlos a laboratorio para su análisis.

En el sitio de Poncitlán tomamos cuatro muestras en total, a saber: dos muestras en 2022 y una muestra en 2023. Entonces, la muestra 1 de 2022 se tomó de un escurrimiento de lixiviados que hacía un charco y luego se derramaba hacia el fondo. Este charco se encontraba en una pequeña meseta o base del montículo actual de residuos, unos 8 metros abajo del sitio de tiro actual. La segunda muestra se tomó de un charco al fondo del sitio, un charco ubicado en la parte más baja del tiradero. El líquido muestreado tenía una consistencia muy viscosa y densa. En el 2023 solo tomamos una muestra del charco al fondo del tiradero.

En el tiradero de Tototlán tomamos también tres muestras en total, una en un charco de lixiviados diluido con agua de lluvia en 2022 y dos muestras más en 2023 en el cauce de agua de lluvia del pequeño arroyo que delimita la parte sur del entierro de residuos, en este caso el agua se apreciaba de un color claro con algunas partes agua revuelta con tierra que va arrastrando la pequeña corriente. Es decir, no se notaba una coloración, ni olores característicos de los lixiviados, aunque decidimos tomar la muestra porque esta fuente de agua superficial se encuentra a unos metros del talud del tiradero de basura.

Por último, en el relleno de Atotonilco El Alto tomamos ocho muestras en total. En el año 2022, se tomaron cuatro muestras de lixiviados: una en un pequeño escurrimiento en un talud de la montaña de residuos de la Celda 1, otras dos muestras en puntos distintos del cárcamo que capta los lixiviados del sitio, y otra muestra en el arroyo de temporal que cruza el predio a unos 10 metros del perímetro de la Celda 2. En estos casos, las muestras del escurrimiento y del cárcamo tenían el color y el olor característico de los lixiviados, mientras que el agua que corría por el arroyo era agua de lluvia con un color claro. Para el año 2023 tomamos otras cuatro muestras de lixiviados: dos de los cárcamos, una de un escurrimiento de la Celda 1 y volvimos a tomar otra muestra del arroyo de temporal que cruza el predio del relleno sanitario.

En las tablas 3 y 4 se presentan los resultados del análisis de lixiviados por sitio y por tipo de metal pesado en las tomas realizadas en los meses de octubre y noviembre de 2022 y 2023. Los números en color rojo con un asterisco identifican a aquellos parámetros que están sobre los límites permitidos en la NOM-001-SEMARNAT-2021.

Tabla 3. Resultados del análisis de laboratorio de las muestras de lixiviados 2022 (mg/L)¹

Metales	Toto 1	Atoto 1	Atoto 2	Atoto 3	Atoto 4	Ponc 1	Ponc 2
Cromo	0.2093	1.2287*	0.4274	0.0048	0.4790	2.1833*	7.5826*
Cobalto	0.0791	0.1245	0.0581	0.0075	0.0689	0.0441	0.2434
Níquel	0.1955	0.4257	0.1335	0.0146	0.1488	0.3096	1.9662
Zinc	0.2705	0.2393	0.0856	0.0391	0.0671	0.5630	0.1117
Arsénico	0.0134	0.0299	0.0090	0.0008	0.0100	0.0583	0.2214*
Cadmio	0.0296	0.0015	0.0020	0.0003	0.0118	0.0011	0.0002
Bario	0.4737	1.3617	0.3600	0.1650	0.4259	0.2611	0.9298
Plomo	0.0138	0.0175	0.0136	0.0066	0.0082	0.0240	0.0031
Mercurio	0.0009	0.0004	0.0002	<L.D.	0.0001	0.0014	0.0036

*Muestras que arrojaron una presencia superior al límite permitido por la Norma.

Fuente: investigación directa.

En las tomas de muestras en 2022 resalta el Cromo como un metal que se encontró en cantidades que superan los límites permisibles en tres de las siete muestras de lixiviados. El Arsénico está sobre los límites de la norma en una muestra. Los sitios que llaman más la atención por su presencia de metales pesados sobre los límites permisibles son Poncitlán 2, Poncitlán 1 y Atotonilco 1. Los tres metales con una presencia que sobresale entre los nueve metales analizados son: cromo, níquel y bario.

Tabla 4. Resultados del análisis de laboratorio de las muestras de lixiviados 2023 (mg/L)

Metales	Toto 1	Toto 2	Ponc 1	Atoto 1	Atoto 2	Atoto 3	Atoto 4
Cromo	0.0248	0.0248	2.5115*	0.2265	0.0018	0.1286	1.6434*
Cobalto	0.0567	0.0599	0.1062	0.0407	0.0005	0.0798	0.1837
Níquel	0.1249	0.1385	0.7161	0.1874	0.0169	0.1694	0.7972
Zinc	0.0242	0.0389	0.1749	0.0298	0.0085	0.0517	0.4665
Arsénico	< L.D.	0.0002	0.0110	0.0053	< L.D.	< L.D.	0.0059
Cadmio	0.0006	0.0015	0.0007	0.0000	< L.D.	0.0002	0.0024
Bario	0.6150	0.7932	0.0695	0.0764	0.0799	0.5368	1.6572
Plomo	0.0000	0.0002	0.0210	0.0008	0.0004	0.0002	0.0524
Mercurio**							

*Muestras que arrojaron una presencia superior al límite permitido por la Norma.

**En el análisis de laboratorio no se realizaron las pruebas para el mercurio en el año 2023.

Fuente: investigación directa.

1 Los límites fueron identificados a partir de los criterios que establece la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMAR-NAT-2021 Que establece los límites permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en cuerpos receptores propiedad de la nación. DOF, viernes 11 marzo 2022, Tabla 2, página 20, Tabla 2. "Límites Permisibles para Metales y Cianuros".

En el muestreo de 2023, sólo el cromo salió fuera de los límites permisibles por la norma, en este caso en dos de los sitios: Poncitlán 1 y Atotonilco 4. Los tres metales con montos más altos en las muestras fueron: cromo, bario y níquel.

A partir de los resultados del análisis se puede constatar que hay una presencia constante de ocho metales pesados en los lixiviados que escapan a sitios de disposición final en la Región Ciénega de Jalisco. La pregunta que surge es ¿Cuál es el impacto de una descarga constante de un flujo con presencia de metales pesados catalogados como residuos peligrosos, aunque su presencia en un muestreo puntual esté dentro del rango del límite permitido por la Norma 001?

Discusión

El manejo de los RSU en los cinco municipios seleccionados para el estudio se enfoca principalmente en proveer un servicio de recolección que por lo general se centra en la cabecera municipal del municipio y de una manera secundaria en otras localidades de menor tamaño.

Actividades que se contemplan en la gestión integral de los RSU como son las acciones encaminadas a la reducción o minimización de la producción de residuos o a la separación de residuos en la fuente para propiciar el aprovechamiento de los subproductos materiales no son comunes. Algunos programas se han lanzado en ciertos momentos en los ayuntamientos seleccionados, pero no permanecen por mucho tiempo y sus resultados son poco relevantes en términos de montos de RSU separados en la fuente. De la misma manera la población no recibe una educación ambiental dirigida a motivar la participación social en la gestión de los residuos.

Los montos de residuos per cápita en los municipios estudiados se ubica un 8% arriba del promedio nacional de 944 gramos diarios por habitante que reporta la SEMARNAT (2020). Muy probablemente esta tendencia de crecimiento en la producción de residuos arriba del promedio nacional seguirá vigente mientras no se desarrollen programas diseñados para reducir la producción de residuos.

El 97% de los residuos se entierran como basura en los sitios de disposición final. Se habla de residuos cuando se quiere enfatizar que son materiales que pueden estar sujetos a separación para someterlos a re-uso, reciclaje y otros tipos de aprovechamiento. El concepto de basura es más apropiado cuando los desechos urbanos simplemente se recolectan, se transportan al sitio para ser enterrados. En este caso, en la Región Ciénega de Jalisco predomina el modelo de Aseo Público que reduce el manejo de basura a las fases de recolección, traslado y entierro.

De acuerdo a lo dicho por funcionarios actuales de Tototlán y Atotonilco el Alto en 2022, el Gobierno Estatal de Jalisco ha impulsado los procesos de separación de residuos y en un momento entregaron recursos financieros y equipo para construir y operar dos plantas de separación y aprovechamiento de RSU en sus municipios. Sin embargo, los funcionarios de la actual administración municipal no recibieron esas instalaciones ya que sufrieron de prácticas corruptas, desvío de dineros públicos y robo de equipo. En Tototlán solo quedó la plancha de concreto de 50 x 20 metros donde se levantarían las instalaciones de la planta de separación. Mientras que en Atotonilco el Alto se puede observar el “cascarón” de una nave industrial techada en un predio junto a la carretera a un lado de la brecha de acceso al relleno sanitario.

En cuanto a la calidad de la disposición final y su cumplimiento con los criterios de operación que marca la Norma 083, podemos decir que dos de los tres sitios estudiados no cumplen con la norma. Los sitios de Poncitlán y Tototlán tienen una operación que deja mucho que desear en términos técnicos tomando como referencia los estándares de un relleno sanitario. Solo el sitio de Atotonilco El Alto cumple con la norma y puede considerarse un sitio con buenas prácticas de disposición final (relleno sanitario) de acuerdo con el monitoreo que realizan las autoridades ambientales del estado de Jalisco.

El tiradero de Tototlán realiza un entierro de residuos que por muchos años no tuvo una cobertura de materiales pétreos adecuada, solo se compactaba la basura. Los incendios fueron muchos y se repetían cada año en temporada de calor previo a las lluvias. Tuvieron incendios muy graves en los que tuvieron que intervenir equipos de bomberos y protección civil de otros municipios y del Estado para poderlo sofocar. Finalmente, en el otoño de 2023, después de un incendio que duró un par de días, las autoridades decidieron realizar la cobertura de los residuos usando un tipo de material denominado balastro. Aquí será importante un plan para monitorear y controlar la producción de gas metano y de lixiviados. En particular porque el sitio está delimitado en su zona sur por una cañada de un arroyo de temporal. Los muestreos de lixiviados no arrojaron resultados donde los metales pesados superen los límites establecidos por la norma, esto quizá porque los puntos muestreados tenían gran parte de escurrimientos de agua de lluvia. Además, podría darse el caso de una filtración vertical directa al subsuelo, donde los lixiviados no escurren de forma superficial. Se requieren más estudios para determinar si ese es el caso en el sitio de Tototlán.

El sitio más problemático de los tres vertederos estudiados es, sin duda, el de Poncitlán. Es importante señalar que este sitio es propiedad y es operado por el Ejido San Luis de Agua Caliente que está ubicado al oriente de la cabecera municipal. Las autoridades del ejido son las responsables de designar quien maneja y supervisa las operaciones del lugar y los ayuntamientos de Poncitlán, Ocotlán y Zapotlán del Rey son simplemente usuarios del sitio de disposición. El sitio opera como tiradero a cielo abierto desde hace 37 años, su topografía es la de una concavidad con una profundidad de unos 25 metros que fue un antiguo banco de materiales y que ahora está relleniéndose con basura urbana.

Aunque el responsable del sitio es una persona que ha adquirido experiencia en el entierro de residuos, controlando el acceso, buscando que se tenga cobertura cada cierto tiempo y teniendo precauciones para evitar incendios en el lugar. El encargado hace un trabajo muy bueno, dentro de los límites que permite la operación de una entidad como un Ejido que no tiene la capacidad institucional para operar un sitio como un relleno sanitario. Aquí las actividades están motivadas por una ganancia económica por parte del ejido al rentarles el lugar para depositar los residuos de los tres municipios. El costo económico es muy atractivo para los ayuntamientos y otros usuarios (fabricas, recolectores privados y otros). Además, la responsabilidad ambiental recae sobre el Ejido que con el apoyo político de los ayuntamientos usuarios ha podido manejar esta situación por décadas sin ser sujeto a clausura a pesar de contar con actas y apercibimientos por los problemas en la operación y los impactos ambientales que ocasiona. Los ayuntamientos de Ocotlán, Poncitlán y Zapotlán del Rey se desentienden del problema de la basura al usar este tiradero a cielo abierto y pretenden que cumplen con la normatividad ambiental en la disposición final de sus RSU.

En cuanto a lixiviados, en este caso es muy evidente la percolación de los lixiviados hacia el subsuelo, ya que los escurrimientos van cayendo por gravedad y forman un par de charcos, el principal de los cuales está al fondo del sitio. Ahí hay cierta evaporación del contenido líquido, pero lo demás va filtrándose poco a poco a capas inferiores del subsuelo. El problema es que tanto en el muestreo de 2022 como en el 2023 se detectaron cromo y arsénico en cantidades que superan los límites permisibles en la Norma – 001.

Atotonilco El Alto tiene un sitio de disposición final que cumple con las especificaciones de un relleno sanitario, es decir que tiene buenas prácticas de disposición de residuos. Las dos celdas del relleno fueron preparadas adecuadamente con compactación del suelo, instalación de geomembrana impermeable, instalación de un sistema de drenaje de lixiviados y pozos de ventilación de gas metano. Los lixiviados que se generan en el sitio son canalizados a un cárcamo donde se almacenan y luego son llevados a la cima de la celda 1 usando bombas hidráulicas y finalmente el lixiviado se distribuye en la cima del sitio con aspersores. Aunque un arroyo de temporal atraviesa el predio fuera de la zona de las celdas, los muestreos que se realizaron en 2022 y 2023 dieron resultados negativos a la presencia de metales pesados fuera de norma. Los análisis de muestras de lixiviados del cárcamo también dieron resultados negativos. Sin embargo, dos muestras de lixiviados de un pequeño escurrimiento encontrado en el talud de la Celda 1 (Atoto 1 de 2022 y Atoto 4 de 2023) acusaron presencia de cromo en cantidades que rebasaban el límite permisible por la Norma 001. Este es un punto en el que la operación del sitio debe poner atención y solucionar para mantener su estándar como relleno sanitario.

Un detalle que vale la pena notar es que la rotación de personal es alta, en Tototlán y en Atotonilco El Alto cambiaron, en 2023, de personal responsable de manejo de RSU. El personal responsable no siempre tiene el perfil y la experiencia necesaria para desarrollar y mantener buenas prácticas en la gestión de RSU, en particular en la disposición final.

Conclusiones

Con una población de 266,570 habitantes en los cinco municipios, la producción de residuos es de 271 toneladas diarias. El promedio de generación de residuos per cápita es superior (1,017 gramos) al promedio nacional (944 gramos), por lo que se advierte un área de oportunidad para impulsar acciones tendientes a reducir el monto de residuos generados por los habitantes.

Si bien la recolección y el transporte de los RSU se realiza bien, con sus altas y bajas debido a las constantes fallas mecánicas de los camiones, los usuarios se sienten satisfechos con el servicio que reciben. En su momento pueden presentar quejas formales o marcar al teléfono del Departamento de Aseo Público pero estas fallas y quejas se resuelven.

Solo uno de los cinco municipios tiene un sistema de disposición de RSU que cumple con la normatividad ambiental vigente en términos de la operación del relleno sanitario. Los ayuntamientos de Poncitlán, Ocotlán y Zapotlán del Rey simplemente tomaron la vía más cómoda, ellos llevan sus residuos al sitio operado por el Ejido San Luis de Agua Caliente y se deslindan del impacto ambiental del tiradero. Tototlán tiene su vertedero municipal que ha sufrido de un mal manejo por

un par de décadas, pero que empieza a preparar una serie de trabajos para mejorar la operación del sitio empezando a compactar los residuos enterrados y cubrirlos con una buena capa de balastro.

El muestreo de lixiviados es apenas un ejercicio pequeño para detectar la presencia de metales pesados en los escurrimientos de lixiviados en los tres sitios de disposición final. Un ejercicio pequeño porque fueron tomas puntuales de muestras de lixiviados. Se requiere un esfuerzo de monitoreo y toma de muestras más robusto a lo largo del ciclo anual para poder precisar mejor los metales pesados que están fuera de los límites permitidos y que se catalogan como residuos peligrosos.

Como conclusión consideramos que el riesgo de contaminación de las fuentes de agua por escurrimientos de lixiviados con metales pesados es alto. En Atotonilco El Alto y en Tototlán se ubican arroyos de temporal que cruzan los predios donde se ubican los sitios de disposición final. Mientras que en Poncitlán se presume que los lixiviados pueden infiltrarse a capas del subsuelo y contaminar mantos freáticos.

La recomendación principal que se desprende de esta investigación es que los ayuntamientos deben tomar en serio, como un rubro ambiental prioritario en su administración, mejorar la gestión de los residuos desde una perspectiva sustentable, involucrar a la sociedad en dicha gestión e invertir en programas de separación de residuos para su aprovechamiento y, finalmente, mejorar las prácticas de disposición final de residuos para controlar la emisión de gas metano y las descargas de lixiviados fuera de los sitios de disposición final.

La escasez de agua que se advierte, en mayor o menor medida, en todos los Planes Municipales de Desarrollo y Gobernanza de los municipios de la Región Ciénega obliga no solo a cuidar el acceso al recurso agua, sino también evitar contaminar las fuentes de agua existentes.

Literatura citada

Atotonilco El Alto (2021) Plan Municipal de Desarrollo y Gobernanza 2021-2024. Gobierno Municipal de Atotonilco El Alto 2021-2024. Publicado por la Secretaría de Planeación y Participación Ciudadana de Jalisco. Guadalajara.

IIEG (Instituto de Información, Estadística y Geografía de Jalisco) (2024) Ciénega. Diagnóstico de la Región. Agosto 2024. Publicado por el IIEG. Zapopan.

INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática) (2020) Cuéntame. Datos por municipio. Obtenido en: <https://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/jal/poblacion/default.aspx?tema=me&e=14>

Norma 001 (2021) Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-2021 Que establece los límites permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en cuerpos receptores propiedad de la nación. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el viernes 11 marzo 2022, página 20, Tabla 2. “Límites Permisibles para Metales y Cianuros”.

Norma 083 (2003) Norma Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003, Especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y

de manejo especial. Actualización publicada en el Diario Oficial de la Federación el 10 de mayo de 2021. Ciudad de México.

Ocotlán (2021) Plan Municipal de Desarrollo y Gobernanza 2021-2024. Gobierno Municipal de Ocotlán 2021-2024. Publicado por la Secretaria de Planeación y Participación Ciudadana de Jalisco. Guadalajara.

Poncitlán (2021) Plan Municipal de Desarrollo y Gobernanza 2021-2024. Gobierno Municipal de Poncitlán 2021-2024. Publicado por la Secretaria de Planeación y Participación Ciudadana de Jalisco. Guadalajara.

SEMADES (Secretaria de Medio Ambiente para el Desarrollo Sustentable) (s/f). Propuesta de Programa para la Prevención y Gestión Integral de Residuos Sólidos del Estado de Jalisco. Manuscrito no publicado. SEMADES. Guadalajara.

SEMADET (Secretaria de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial) (2017) Programa Estatal para la Prevención y Gestión Integral de Residuos del Estado de Jalisco.

Publicado por la Secretaria de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial. Guadalajara.

SPPC (Secretaria de Planeación y Participación Ciudadana) (2023) Agenda Regional Ciénega. Jalisco 2023. Publicado por la Secretaria de Planeación y Participación Ciudadana. Guadalajara.

Tototlán (2021) Plan Municipal de Desarrollo y Gobernanza 2021-2024. Gobierno Municipal de Tototlán 2021-2024. Publicado por la Secretaria de Planeación y Participación Ciudadana de Jalisco. Guadalajara.

Zapotlán del Rey (2018) Plan Municipal de Desarrollo y Gobernanza 2021-2024. Gobierno Municipal de Zapotlán del Rey 2018- 2021. Publicado por la Secretaria de Planeación y Participación Ciudadana de Jalisco. Guadalajara.