

Informe de investigación causas del vertedero con temperatura elevada

Vertedero Chiquita Canyon
Castaic, California
Instalación SCAQMD No. 119219

Waste Connections
29201 Henry Mayo Drive
Castaic, CA 91384

Presentado a:

Distrito de Gestión de la Calidad del Aire de la Costa Sur
21865 Copley Drive
Diamond Bar, CA 91765
909-396-2000

SCS ENGINEERS

01204123.21-13 | 8 de diciembre, 2023

15521 Midlothian Turnpike, Suite 305
Midlothian, VA 23113
804-378-7440

Índice

Sección	Página
1 Introducción	1
2 Antecedentes: procesos típicos de descomposición de DMS y características de los vertederos a temperatura elevada	2
3 Causas de la reacción del vertedero a temperatura elevada.....	6
4 Soluciones para abordar la reacción del vertedero por elevación de temperatura.....	11

Tablas

Tabla 1. Inventario de registros de perforación de pozos de GDV.....	9
--	---

Apéndices

Apéndice A	Mapa del área de reacción
Apéndice B	Referencias

1 INTRODUCCIÓN

Chiquita Canyon, LLC (Chiquita) opera un vertedero/instalación de eliminación de desechos sólidos municipales (DMS) que se encuentra en Castaic, California, bajo la instalación No. 119219 del Distrito de Gestión de la Calidad del Aire de la Costa Sur (SCAQMD). SCS Engineers (SCS) preparó este Informe (Informe) de investigación de causalidad de vertederos con temperaturas elevadas, que se presenta a SCAQMD en nombre de Chiquita, de acuerdo con la Condición No. 12(b)(ii) de la Orden de reducción estipulada (SOFA) (Caso No. 6177-4) perteneciente al Vertedero Chiquita Canyon (CCL, Instalación o Vertedero), el cual se aprobó el 6 de septiembre de 2023.

La opinión de SCS es que una porción discreta de la masa de desechos en el vertedero está experimentando condiciones de vertedero de temperatura elevada (EVTE). Esta opinión fue expresada y ampliada durante el testimonio del personal de SCS en la Junta de Audiencias de SCAQMD para la audiencia SOFA que se realizó el 6/9/23, que fue grabada y se puede ver en el siguiente enlace:

<http://www.aqmd.gov/home/news-events/webcast/live-webcast?ms=MjU87i4XsjM>

Las condiciones de EVTE generalmente pueden caracterizarse como cuando los procesos típicos de descomposición de desechos y la correspondiente metanogénesis asociada con la digestión anaeróbica de materiales de desechos sólidos orgánicos dispuestos en un vertedero se ven impedidos debido a la acumulación de calor. Como resultado, en su lugar ocurren ciertos procesos abióticos (no biológicos) y reacciones químicas dentro de los desechos enterrados. Básicamente, el calor comienza a degradar los desechos en lugar de los microbios que normalmente lo hacen.

La Condición No. 12 requiere que Chiquita, a través del Comité DMS, realice una investigación y estudio sobre la causa de la reacción del vertedero, que incluirá:

Una investigación e informe sobre 1) la causa de las supuestas reacciones químicas que resultaron en temperaturas elevadas del pozo, niveles elevados de formación de DMS en el gas del vertedero y niveles elevados de formación de NMOC en el gas del vertedero y 2) soluciones para frenar y detener las reacciones en el vertedero. La investigación de la causa de las supuestas reacciones químicas incluirá, entre otras, un estudio de caracterización de desechos dispuestos dentro del área de reacción, en la medida en que los registros de dichos desechos estén en posesión del Demandado, incluido (pero no limitado a) análisis de características químicas y físicas, BTU, contenido de humedad, potencial biológico de metano. El Demandado también deberá realizar muestreos de núcleos de perforación en el área de reacción (como se define en la Condición 9(a)) para evaluar la caracterización de los desechos en áreas no afectadas por temperaturas elevadas en el momento de la perforación.

Este Informe presenta la investigación y el estudio de las posibles causas de las condiciones de EVTE en el Vertedero, así como las medidas correctivas para contener y gestionar las condiciones de EVTE, de conformidad con la Condición 12(b)(ii) de SOFA. Para efectos de este Informe, los términos “condiciones EVTE”, “reacción del vertedero” y “evento de calentamiento” son sinónimos.

SCS considera que las causas de las condiciones de EVTE en CCL no pueden identificarse de forma definitiva. Es probable que el calor que se genera dentro de la masa de desechos de los procesos típicos de digestión anaeróbica se acumulara hasta cierto punto, lo que inhibió la segunda etapa de los procesos de fermentación, acetogénesis y metanogénesis, y fuera reemplazado por reacciones químicas abióticas afiliadas a EVTE que se volvieron autosostenibles.

2 ANTECEDENTES: PROCESOS TÍPICOS DE DESCOMPOSICIÓN DE DMS Y CARACTERÍSTICAS DE LOS VERTEDEROS A TEMPERATURA ELEVADA

CCL está ubicada en 29201 Henry Mayo Drive, Castaic, California, en el norte del condado de Los Ángeles. Es un vertedero de DMS no peligroso Clase III y opera bajo el Permiso de Instalaciones de Residuos Sólidos (SWFP) No. 19-AA-0052, emitido por CalRecycle (anteriormente la Junta de Manejo Integrado de Residuos de California [CIWMB]). CCL acepta desechos sólidos no peligrosos, incluidos DMS de varias áreas dentro del condado de Los Ángeles, de acuerdo con el Título 27 del Código de Regulaciones de California (27 CCR), Sección 20005, et seq.

El sitio comenzó a operar en 1972. La huella permitida de eliminación de vertederos asciende a 639 acres y se compone de 3 áreas separadas designadas como Cañón Primario, Cañón B y Cañón Principal (incluidos los Cañones A, C, D, los módulos de relleno posteriores y las Celdas 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 y 13). Las celdas 6 a 13 aún deben construirse según el plan de expansión aprobado por el Departamento de Planificación Regional de Los Ángeles en julio de 2017. Las celdas 6 y 8 se encuentran al suroeste del Cañón D. Las celdas 7, 9, 10, 12 y 13 se encuentran al noreste del área activa y la celda 11 está ubicada al norte del área activa. Actualmente, se han utilizado 253 acres de la huella para eliminación y la Celda 6 (16 acres) está actualmente en construcción. Todas las áreas, excepto el Cañón Primario, tienen revestimientos de vertedero y sistemas de recolección de lixiviados.

Según la lista de instalaciones de desechos sólidos de CalRecycle para CCL, el rendimiento máximo permitido de cualquier combinación de desechos sólidos no peligrosos, material de reutilización beneficioso y material verde para compostaje es de 12,000 toneladas por día de operación, la capacidad de diseño es de 110,366 millones de yardas cúbicas y el cierre estimado la fecha es 2047. Actualmente, el vertedero acepta aproximadamente 1.5 millones de toneladas al año de DMS.

Los lixiviados se recolectan y transportan fuera del sitio para su eliminación. El sistema de recolección y control de gas de vertedero (GDV) se instaló originalmente en el Cañón Primario y el Cañón B en 1989 y el sistema de GDV se expandió posteriormente al Cañón Principal y se ha mejorado y ampliado de manera rutinaria a lo largo de los años.

Este Informe se centra en el área noroeste del Vertedero, compuesta por las Celdas 1/2A, 2B/3, 4 y el Módulo 2B/3/4 P2 (del Cañón Principal), que presentan condiciones de EVTE. Se incluye un dibujo que representa las áreas relevantes de la instalación. **Apéndice A.**

PROCESOS TÍPICOS DE DESCOMPOSICIÓN DE DMS

La descomposición de los DMS dentro de un vertedero normalmente implica una fase aeróbica inicial seguida de una fase anaeróbica. Los procesos principales que ocurren dentro de estas dos fases son la hidrólisis, la fermentación, la acetogénesis y la metanogénesis. Las explicaciones detalladas de estos procesos y las reacciones químicas correspondientes asociadas con cada uno están bien documentadas en la literatura existente (artículos publicados revisados por pares, artículos de revistas técnicas, etc.) relevantes para la industria de desechos sólidos. Ejemplos de la literatura disponible sobre procesos de descomposición de desechos relacionados tanto con las fases aeróbicas y anaeróbicas típicas como con las reacciones atípicas de EVTE^{i,ii,iii} incluyen los trabajos y artículos citados en el **Apéndice B**, entre muchos otros documentos de referencia. Para

los fines de este Informe, a continuación se presenta un resumen general de la descomposición típica de desechos, junto con puntos clave relacionados con la temperatura.

Producción de gas de vertedero

En un vertedero típico de DMS, las colonias microbianas descomponen o digieren la fracción de desechos orgánicos (p. ej., madera, papel, textiles, materia vegetal, desechos de alimentos) y producen GDV compuesto principalmente de metano y dióxido de carbono, con trazas de concentraciones de compuestos orgánicos volátiles (COV), compuestos de azufre reducido (como el sulfuro de hidrógeno) y otros componentes químicos. La producción de GDV como subproducto de la digestión anaeróbica de materiales de desecho orgánicos por colonias microbianas en los DMS, lo que a menudo se conoce como metanogénesis debido a la generación de metano como componente principal del GDV, es bien conocida dentro de la industria de desechos sólidos.^{iv,v} La síntesis metabólica de desechos orgánicos por tipos específicos de comunidades microbianas que constituyen los procesos de metanogénesis está bien documentada en la literatura que aborda la digestión anaeróbica, y se han desarrollado varios algoritmos y modelos como herramientas para estimar la cantidad (cantidades tanto en masa como en volumen) de GDV que se generarán por la descomposición de desechos con una composición conocida.

Las bacterias metanogénicas que sintetizan desechos orgánicos para producir metano y otros subproductos que componen el GDV (comúnmente denominados metanógenos) en realidad están compuestas por numerosos y diversificados organismos microbianos. Las investigaciones sugieren que los microbios pueden facilitar una producción sustancial de metano a pH bajo, lo que ocurre en la fase de formación de ácido de las condiciones EVTE.^{iv} Las etapas de la producción de GDV están bien documentadas en la literatura.^{v,vi}

Como se afirma en varios artículos,^{vii} La etapa inmediatamente posterior al consumo del oxígeno arrastrado produce la formación de ácidos grasos volátiles (como el ácido acético) e hidrógeno (H₂), que luego es utilizado como fuente de energía y donante de electrones por la metanobacteria. El título del documento de la ASTDR “Landfill Gas Primer; An Overview for Environmental Health Professionals”, de noviembre de 2001, proporciona un resumen de las cuatro fases de la degradación de los DMS y la generación de GDV.^{vi}

Mientras que ciertos organismos clasificados como metanógenos son mesófilos y logran una función óptima en temperaturas inferiores a 120 °F, ciertos metanógenos funcionan en ambientes anaeróbicos con temperaturas sostenidas por encima de 180 °F.^{viii}

Producción de lixiviados

Como se señala en la literatura disponible, el agua que se produce durante la fase aeróbica inicial de descomposición se consume posteriormente en la fase anaeróbica. En consecuencia, las fuentes de lixiviado que se genera dentro de un vertedero típico de DMS son principalmente la humedad atrapada en los materiales de desecho entrantes y la precipitación que se infiltra en la masa de desechos. El agua que se produce por las reacciones químicas asociadas con los procesos de descomposición es relativamente insignificante en comparación con la generación total de lixiviados.

CARACTERÍSTICAS DE LOS VERTEDEROS CON TEMPERATURAS ELEVADAS

Los EVTE son un desarrollo relativamente reciente en la industria. El primer evento EVTE conocido en un vertedero de EE. UU. ocurrió alrededor de 2008. La industria de los vertederos ha documentado aproximadamente de 10 a 15 vertederos que han experimentado un evento de calentamiento en el que casi toda la masa de residuos (o al menos una mayoría significativa) presenta condiciones de EVTE. También hay aproximadamente otros 40 vertederos que tienen una porción más pequeña de su masa de residuos que presenta condiciones EVTE.

En un EVTE, el vertedero experimenta una mayor acumulación de calor que afecta la capacidad de las colonias microbianas para descomponer los desechos normalmente. Un EVTE se somete a un proceso de descomposición diferente que involucra procesos abióticos (es decir, no biológicos). Estos procesos abióticos producen GDV con una composición diferente a la normal (como una mayor presencia de hidrógeno y sulfuro de dimetilo (DMS) y otros componentes que no están presentes en grandes cantidades en los vertederos normales). Además de las temperaturas elevadas, los EVTE experimentan presiones altas, amplio asentamiento (un indicio de importante degradación y asentamiento de desechos), una relación invertida de metano a dióxido de carbono en el GDV, así como una mayor generación de gas y una mayor producción de líquidos.

Los vertederos de DMS que han experimentado eventos de calentamiento a gran escala comparten algunas propiedades físicas comunes. En general, tienen áreas de huella de desechos relativamente grandes (generalmente al menos 100 acres o más de desechos in situ), tienen perfiles de desechos relativamente profundos (generalmente al menos 200 pies de profundidad de desechos) y tienen líquidos libres excesivos (el contenido de humedad es mayor que la capacidad de campo).

Las características más reconocibles (es decir, los síntomas) de un EVTE son las siguientes:

- Aumento de las temperaturas de los gases, lixiviados y residuos in situ. Las temperaturas de los desechos in situ se ajustan al perfil de “curva del vientre” en el que las temperaturas máximas ocurren aproximadamente a dos tercios de la profundidad máxima de los desechos.
- Aumento de la producción de gas (cantidades significativamente mayores), aumento de las presiones del gas subterráneo y cambios en la composición del gas. Los cambios en la composición del gas en relación con el GDV normal a menudo implican una disminución en la concentración de metano, un aumento en la concentración de hidrógeno, un aumento en la concentración de DMS y aumentos en ciertos constituyentes traza, como el benceno y la acetona.
- Un cambio en las características del olor del gas (a menudo descrito como olor “químico”) en comparación con el GDV típico. Mientras que el GDV normal a menudo tiene un olor acre a zorrillo, o un olor a huevo podrido asociado con el sulfuro de hidrógeno, el gas que se produce en los sitios EVTE es algo peculiar y notablemente diferente.
- Aumento de las cantidades de lixiviados, evidencia de líquidos presurizados y cambios en la composición de los lixiviados; Los cambios en la composición del lixiviado en relación con el lixiviado normal a menudo implican aumentos en las concentraciones de DBO y DQO,

aumentos en las concentraciones de sólidos, aumentos en ciertos constituyentes orgánicos, como benceno y acetona, y disminución del pH.

- Asentamiento acelerado y generalizado de vertederos en toda el área afectada (a diferencia de un asentamiento rápido altamente localizado).

Producción de gas de reacción

La producción de gas dentro de un vertedero en el que una porción discreta de la masa de desechos exhibe múltiples características que son consistentes con las condiciones de EVTE, como generalmente lo reconocen los profesionales de la industria de desechos sólidos, no se comprende tan bien como los procesos típicos de producción de GDV. En general, las condiciones de EVTE ocurren cuando los procesos típicos de descomposición de desechos y la correspondiente metanogénesis asociada con la digestión anaeróbica de materiales de desechos sólidos dispuestos en un vertedero se ven impedidos debido a la acumulación de calor. Se debe tener en cuenta que la acumulación de calor no es sinónimo de generación de calor, ni necesariamente una consecuencia directa de ésta. Como resultado, en su lugar ocurren ciertos procesos abióticos (no biológicos) y reacciones dentro de los desechos enterrados. Para los propósitos de esta discusión, el gas que se produce dentro de un EVTE mediante procesos abióticos se denominará “Gas de Reacción” (GR) para distinguirlo del GDV típico producido por la metanogénesis tradicional.

Como se señaló anteriormente, el GR que se produce en el EVTE a menudo presenta niveles bajos de oxígeno, concentraciones reducidas de metano, niveles elevados de dióxido de carbono, niveles elevados de hidrógeno, niveles elevados de DMS y temperaturas elevadas. Los EVTE también experimentan tendencias a permanecer en la etapa de formación de ácido de la producción de GDV. Sin embargo, la presencia de algo de metano indica que todavía se produce metanogénesis asociada con la descomposición anaeróbica.

Los procesos y reacciones exactos implicados en la producción de GR no están bien documentados en la literatura, y los algoritmos y modelos correspondientes para estimar la cantidad de RG no están disponibles (específicamente, ningún modelo ha sido confirmado empíricamente mediante mediciones de campo). El uso de un modelo de desintegración de primer orden similar a LandGEM para estimar los caudales del GR proyectados puede no ser apropiado porque los microbios no sintetizan metabólicamente los desechos como durante la metanogénesis tradicional.

En consecuencia, los ejercicios de diseño de ingeniería para dimensionar equipos para quemar una corriente de gas que es un compuesto de GDV y GR generalmente consideran lo siguiente:

- Las condiciones de EVTE aumentan las cantidades de gas compuesto (GDV + GR) (en función del caudal volumétrico) porque el aumento de la temperatura expande el volumen del gas de acuerdo con la ley de los gases ideales ($pV=nRT$).
- Las condiciones del EVTE disminuyen las cantidades de GDV (tanto en masa como en volumen) porque el aumento de calor que está presente dentro de la matriz de desechos altera ciertas especies de metanógenos (aquellos que se caracterizan como mesófilos) e impide su síntesis metabólica de los materiales de desecho que producen GDV. Sin embargo, algunos profesionales opinan que la masa de metano se mantiene constante, pero la concentración disminuye debido al aumento de la cantidad de gas que se genera.^{ix}
- El GR, como subproducto de procesos y reacciones abióticos, puede potencialmente producirse en mayor cantidad que el GDV producido por digestión anaeróbica a partir de la

misma cantidad de residuos sólidos. Si bien no es una comparación directa, se ha demostrado que el rendimiento de gas pirolítico de la fracción orgánica de los DSM es significativamente mayor que el rendimiento de gas pirolítico de los residuos sólidos (digestato) de la digestión anaeróbica (DA).^x

Si bien la generación de DMS, junto con otros compuestos de azufre reducido, como el sulfuro de hidrógeno, es común en los vertederos de DMS, varios sitios con EVTE han experimentado un aumento pronunciado en la generación de DMS. La formación de sulfuro de hidrógeno por bacterias reductoras de sulfato (SRB) dentro de un entorno de vertedero está bien documentada en las referencias bibliográficas de la industria. Sin embargo, la causa del elevado DMS en los sitios EVTE es algo menos segura y la investigación en vertederos simulados señaló que “la generación de DMS estuvo activa en la fase de acidificación y fermentación de metano del vertedero simulado y posiblemente se vio afectada por la concentración de ácidos grasos volátiles, oxígeno químico demanda, concentración de carbono orgánico total y pH del lixiviado, así como carbono orgánico total en los residuos”.^{xi}

Producción de lixiviados de reacción

Los sitios EVTE experimentan un aumento significativo en la producción de lixiviados dentro de la masa de residuos del vertedero, lo que probablemente se atribuye a múltiples circunstancias, que incluyen: 1) una reducción en la capacidad de campo de los materiales de desecho (lo que disminuye la capacidad de atenuación de la humedad); 2) cuando la fase aeróbica se inhibe debido a la acumulación de calor, el agua producida durante la fase aeróbica no se consume al ritmo normal; 3) pueden estar ocurriendo otras reacciones de síntesis para producir agua, especialmente considerando la disponibilidad de hidrógeno; y, 4) el calor presente puede facilitar reacciones pirolíticas que producen líquidos condensables. Como se señaló anteriormente, la resistencia del lixiviado aumenta significativamente en los EVTE. Debido a que la solubilidad de los sólidos aumenta con el aumento de la temperatura, el calor permite que los componentes de los desechos enterrados se solubilicen más fácilmente, lo que resulta en un aumento de la concentración de ciertos componentes en el lixiviado, como DBO, DQO y varios compuestos orgánicos especiados.

3 CAUSAS DE LA REACCIÓN DEL VERTEDERO A TEMPERATURA ELEVADA

La condición 12(b)(ii) requiere una investigación sobre la causa de las supuestas reacciones químicas que ocasionaron temperaturas elevadas del pozo, niveles elevados de formación de DMS en el gas de vertedero y niveles elevados de formación de NMOC en el gas de vertedero. En esta sección se presenta una discusión de las reacciones químicas que potencialmente contribuyen a que se presenten temperaturas elevadas de los pozos, niveles elevados de formación de DMS y formación elevada de NMOC en el gas del vertedero.

La industria de los vertederos ha llegado a la conclusión de que se cree que las causas exactas y los factores que contribuyen a la acumulación de calor y la formación final de eventos de calentamiento a gran escala y las reacciones químicas asociadas con los EVTE son diferentes y algo únicos de un vertedero a otro. La “causa original” o el “evento desencadenante” en los EVTE no siempre es obvio porque su ocurrencia es poco frecuente y hay muchos vertederos de DMS que tienen flujos de desechos similares y son grandes, profundos y húmedos, pero no exhiben condiciones de EVTE.

Un factor potencial que contribuye a que se desarrollen las condiciones de EVTE es cuando los sistemas de recolección de GDV y los sistemas de eliminación de líquidos (recolección de lixiviados

y/o deshidratación de pozos de GDV) han experimentado algún grado de eficiencia y rendimiento reducidos durante un período prolongado.

Como se señaló anteriormente, hay una serie de procesos biológicos y químicos que pueden ocurrir naturalmente en un ambiente de vertedero y pueden contribuir a que haya condiciones de temperatura cálida similares a las que está experimentando la Instalación. El productor de calor más importante en un vertedero típico de DMS es la descomposición biológica, que crea hidrógeno, luego metano y dióxido de carbono. El calor se elimina de la masa de desechos mediante extracción de gas y líquido y por convección/conducción de calor al ambiente exterior o al suelo debajo de los desechos. Otras fuentes de generación de calor documentadas en las referencias bibliográficas de la industria incluyen:ⁱⁱ

- Reacciones anaeróbicas y exotérmicas de corrosión y oxidación de metales;
- Hidratación y carbonatación de diversos óxidos/hidróxidos;
- Neutralizaciones ácido-base; y,
- Pirólisis.

Los eventos de calentamiento documentados notables que han ocurrido dentro de los vertederos de DMS en Estados Unidos generalmente se pueden clasificar de la siguiente manera:

- Vertederos que han aceptado cantidades importantes de escoria de aluminio u otro tipo de residuos de metales secundarios. La supuesta causa de las condiciones de EVTE en estos sitios se ha atribuido principalmente a la generación y acumulación de calor de reacciones anaeróbicas y exotérmicas de corrosión de metales asociadas con grandes depósitos de materiales de desecho seleccionados que contienen metales industriales enterrados en el vertedero en presencia de grandes cantidades de líquidos. La forma en que se genera calor a partir de la corrosión anaeróbica y exotérmica de los metales se describe en las referencias bibliográficas de la industria.
- Vertederos que han aceptado cantidades significativas de cenizas de incineradores de conversión de residuos en energía, residuos de combustión de carbón (CCR) y/u otros materiales de desecho de cenizas industriales. La presunta causa de las condiciones de EVTE en estos sitios se ha atribuido principalmente a la generación y acumulación de calor a partir de reacciones de hidratación y carbonatación de cenizas asociadas con grandes depósitos de cenizas industriales que contienen diversos óxidos/hidróxidos enterrados en el vertedero en presencia de grandes cantidades de líquidos. La forma en que se libera calor a partir de la hidratación y carbonatación de las cenizas se describe en las referencias bibliográficas de la industria.
- Vertederos que han aceptado cantidades importantes de azolve/biosólidos. La causa sospechada de las condiciones de EVTE en estos sitios se ha atribuido principalmente a la generación y acumulación de calor debido al mayor contenido de carbono orgánico degradable (COD) y la mayor presencia de líquidos libres en condiciones anaeróbicas. La manera en que se libera calor durante la descomposición anaeróbica se describe en las referencias bibliográficas de la industria.
- Vertederos que han experimentado un colapso de una pendiente u otra reubicación de desechos a gran escala en los que una porción sustancial de los desechos enterrados se ven “conmocionados” por una reversión abrupta de condiciones anaeróbicas a condiciones

aeróbicas y, al reemplazar esos desechos, de nuevo a condiciones anaeróbicas. La causa sospechada de las condiciones de EVTE en estos sitios se ha atribuido principalmente a la generación y acumulación de calor al revertir esencialmente los desechos al compostaje en condiciones aeróbicas. La manera en que se libera calor durante la descomposición aeróbica se describe en las referencias bibliográficas de la industria.

- Vertederos que no tienen ninguno de los cuatro atributos anteriores, y específicamente no aceptaron cantidades significativas de desechos industriales que contengan metales o cenizas, biosólidos u otros materiales frecuentemente designados dentro de la industria de los vertederos como “desechos especiales”. Los flujos de desechos en estas instalaciones pueden describirse como exclusivamente (o al menos predominantemente) DMS que contienen la composición típica de desechos domésticos, residenciales y comerciales (negocios), con quizás una cantidad marginal de materiales de desecho de desechos de construcción y demolición (CDD, por sus siglas en inglés) que son común en casi todos los vertederos de DMS. La causa sospechada de las condiciones de EVTE en estos sitios, y la correspondiente generación y acumulación de calor, no pueden identificarse fácilmente. Éstos se ajustan a las características comunes de los vertederos grandes, profundos y húmedos, y pueden haber estado experimentando un período de desempeño no óptimo en sus respectivos sistemas de recolección de GDV y/o sistemas de eliminación de líquidos. Pero es difícil atribuir la causa específica o desencadenante del evento de calentamiento únicamente a estas características físicas, ya que existen cientos de otros vertederos en EE. UU. con características físicas similares que no han experimentado un evento de calentamiento a gran escala y no han exhibido condiciones de EVTE.

CCL no ha aceptado cantidades significativas de desechos industriales que contengan metales o cenizas, biosólidos u otros materiales a menudo designados dentro de la industria de vertederos como “desechos especiales”, lo cual es consistente con la experiencia de SCS de que la mayoría de los vertederos de EVTE entran en la última categoría enumerada. arriba en el que la causa sospechada de las condiciones de EVTE no se puede identificar fácilmente. Por lo tanto, en opinión de SCS, CCL entra en la última categoría de vertederos, donde no se puede identificar definitivamente una causa.

ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS

La Condición No. 12(b)(ii) establece: La investigación de la causa de las supuestas reacciones químicas incluirá, entre otras, un estudio de caracterización de desechos dispuestos dentro del área de reacción, en la medida en que los registros de dichos desechos estén en posesión del Demandado, incluido (pero no limitado a) análisis de características químicas y físicas, BTU, contenido de humedad, potencial biológico de metano.

Los desechos dentro del área de reacción se enterraron antes de que Chiquita fuera propiedad del vertedero. Chiquita ha realizado una revisión interna de todos los registros disponibles y no pudo localizar ningún registro relacionado con los desechos colocados dentro del área de reacción, incluidos manifiestos de desechos, boletas de peso o análisis de laboratorio que reflejen los constituyentes/naturaleza de los desechos (por ejemplo, mediciones científicas para rasgos como el valor BTU (contenido de calor), el potencial biológico de metano (BMP), el contenido de humedad (como porcentaje) y el contenido químico (celulosa, lignina, etc.)). Como resultado, SCS no pudo incluir una revisión de esos tipos de registros como parte de su análisis.

RESULTADOS DEL MUESTREO DE NÚCLEOS DE PERFORACIÓN

La Condición No. 12(b)(ii) establece: El Demandado también deberá realizar muestreos de núcleos de perforación en el Área de Reacción (como se define en la Condición 9(a)) para evaluar la caracterización de los desechos en áreas no afectadas por temperaturas elevadas en el momento de la perforación.

Para evaluar si los residuos enterrados existentes contienen materiales de desecho específicos que se sabe que contribuyen a la generación de calor, CCL proporcionó los registros de perforación para 49 pozos verticales de extracción de GDV que se instalaron en la instalación entre el 12/7/23 y el 10/12/23. La confirmación de que un subconjunto de estos pozos se encuentra “en áreas no afectadas por temperaturas elevadas al momento de la perforación”, es la siguiente: 1) las temperaturas de los recortes de perforación en pozos seleccionados están dentro del rango de condiciones típicas de vertedero (no EVTE), según el umbral regulatorio 40 CFR 63 Subparte AAAA de 145 °F (este es un valor conservador); y, 2) los pozos se encuentran dentro del límite del área de reacción prescrito por SOFA (representado en mapas mensuales usando una línea negra continua), pero están fuera del alcance estimado de las condiciones del EVTE que se experimentan en el sitio según la revisión de datos científicos (representado como una línea magenta discontinua).

De las 49 perforaciones, los recortes de perforación de 19 perforaciones exhibieron temperaturas que no excedieron el umbral reglamentario de 145 °F, por lo que no parecen verse afectados por temperaturas elevadas. Además, de estas 49 perforaciones, 26 se encuentran físicamente fuera del alcance estimado de las condiciones del EVTE que impactan el sitio según la revisión de datos científicos. A continuación, en la **Tabla 1**, se presenta un inventario detallado de cuáles de los 49 pozos satisfacen este requisito según cualquiera de los dos criterios (temperaturas de los recortes de perforación y posicionamiento físico del pozo).

Table 1. Inventario de registros de perforación de pozos de GDV

Temperatura > 145 ° F	Identificación de pozo		
	Área dentro de la línea magenta	Área entre líneas magenta y negras	Área fuera de la línea negra
Sí [30 en total]	<u>16 en total</u> 1532B, 1534A, 1902A, 2301, 2302, 2304, 2306, 2308, 2310, 2338, 2339, 2340, 2342A, 2343, 2352, 2353	<u>8 en total</u> 2305, 2312, 2314, 2322, 2327, 2344, 2345, 2346	<u>6 en total</u> 2009A, 2010A, 2208A, 2316, 2319, 2321
No [19 en total]	<u>7 en total</u> 2303, 2311, 2337, 2341, 2349, 2351, 2354	<u>9 en total</u> 2315, 2326, 2328, 2333, 2335, 2336, 2347, 2348, 2350	<u>3 en total</u> 2011A, 2324, 2334

Estos registros de perforación documentan las observaciones registradas por el personal de control de calidad de la construcción (CQA) de SCS en cada pozo para los recortes de perforación, que es un término utilizado para los materiales de desecho eliminados del pozo durante el proceso de perforación. Para este informe se revisaron las observaciones visuales de los recortes de perforación. Las observaciones que observó el personal de CQA abordan cuatro parámetros: temperatura, grado de descomposición/degradación de los desechos, contenido de humedad de los desechos y tipo/composición de los desechos.

La caracterización de los residuos de las muestras de núcleos de perforación se refiere al tipo de material: “plástico”, “papel”, “textil”, “madera”, etc., lo cual es una práctica común en la industria. Dado que los recortes de perforación no se sometieron a ningún análisis de laboratorio, se realizaron mediciones científicas de características como el valor BTU (contenido de calor), el potencial biológico de metano (BMP), el contenido de humedad (como porcentaje) y el contenido químico (celulosa, lignina, etc.) no fueron realizados.

Hidratación de cenizas: De las 49 perforaciones, solo una (CV-2334) identifica la presencia de ceniza entre otros tipos de residuos, como plástico, madera, textiles y papel, lo que sugiere que está presente en pequeñas cantidades que son incidentales a la naturaleza mezclada de los desechos residenciales y comerciales típicos. Aunque la evidencia de la presencia de cenizas puede disminuir con el tiempo porque las cenizas se vuelven algo imperceptibles, el hecho de que no se encontraron grandes depósitos de residuos de cenizas industriales en ninguna de las perforaciones sugiere que es poco probable que las cenizas constituyan una porción significativa de los desechos depositados en los vertederos. En consecuencia, es razonable considerar la hidratación de las cenizas como una causa poco probable de las condiciones de EVTE en CCL.

Corrosión de metales: Diecinueve (19) de las 49 perforaciones identifican la presencia de metal entre otros tipos de residuos, como plástico, madera, textiles y papel. En cada caso, aparece junto con estos otros tipos de desechos, lo que sugiere que está presente en pequeñas cantidades que son incidentales a la naturaleza mezclada de los desechos residenciales y comerciales típicos. El hecho de que no se encontraran grandes depósitos de desechos industriales de metales secundarios (por ejemplo, escoria de aluminio, arenas de fundición, etc.) en ninguna de las perforaciones sugiere que es poco probable que los desechos metálicos reactivos constituyeran una porción importante de los desechos depositados en vertederos. En consecuencia, es razonable considerar la corrosión de los metales como una causa poco probable de las condiciones de EVTE en CCL.

CONCLUSIÓN SOBRE LA CAUSALIDAD

Según las comunicaciones de SCS con Chiquita, no existe documentación de mantenimiento de registros que afirme la aceptación de los tipos de desechos que se sabe han causado otras instalaciones con EVTE. Además, con base en nuestra observación visual de los recortes de perforación en las 49 perforaciones, No vemos ninguna base para sospechar que la causa de las condiciones del ETLF dentro del área noroeste del CCL se pueda atribuir directamente a la eliminación de desechos industriales o desechos especiales que contienen escoria, otras formas de metales, cenizas de incineradores, otros tipos de cenizas o azolve/biosólidos. Según las comunicaciones de SCS con Chiquita, así como nuestro conocimiento histórico colectivo de las operaciones del sitio, no tenemos conocimiento de fallas de taludes en la parte noroeste de la instalación ni de esfuerzos sustanciales de reubicación de desechos que pudieran haber contribuido al evento de calentamiento a gran escala en este vertedero.

SCS considera que las causas de las condiciones de EVTE en CCL no pueden identificarse de forma definitiva. Es probable que el calor que se genera dentro de la masa de desechos de los procesos típicos de digestión anaeróbica se acumulara hasta cierto punto, inhibiendo la segunda etapa de los procesos de fermentación, acetogénesis y metanogénesis y se reemplazara por reacciones químicas abióticas afiliadas a EVTE que se volvieron autosostenibles.

4 SOLUCIONES PARA ABORDAR LA REACCIÓN DEL VERTEDERO POR ELEVACIÓN DE TEMPERATURA

CONDICIONES DE EVTE EN EL VERTEDERO CHIQUITA CANYON

Para evaluar si el área noroeste de CCL presenta síntomas comunes de un EVTE, Chiquita proporcionó la siguiente información para su revisión:

- Datos de seguimiento del campo de pozos de GDV que incluyen presión, temperatura y composición del gas (componentes químicos), utilizando tanto instrumentación de campo como muestras enviadas para análisis de laboratorio;
- Datos de cantidades, presión, temperatura y composición de líquidos de vertederos (lixiviados, condensados de gas y líquidos de deshidratación de campos de pozos de GDV);
- Tasas de asentamiento de la superficie de los vertederos basadas en estudios topográficos periódicos;
- La frecuencia y el carácter de las observaciones de olores en el sitio y de las quejas sobre olores fuera del sitio; y,
- Observaciones de primera mano de numerosos miembros del personal de CCL en el sitio y del personal de campo de ingeniería, construcción y operaciones y mantenimiento (O y M) de SCS (en el sitio diariamente o con una frecuencia periódica de rutina), así como documentación fotográfica y de video del sitio.

Según entrevistas al personal en el sitio que describen sus observaciones de primera mano, junto con la información registrada por varias partes y que se revisó en la preparación de este Informe, una porción discreta de la masa de desechos muestra síntomas clásicos de un EVTE, a diferencia de una oxidación del subsuelo tradicional (SSO) o un incendio en un vertedero subterráneo. La base para esta distinción es la siguiente:

- Temperaturas elevadas, persistentes y generalizadas en el subsuelo y en la boca del pozo de GDV, superiores a aproximadamente 150 °F. Si bien esta condición está presente tanto en circunstancias de EVTE como de SSO, SCS cree que el calor que se observa en esta instalación se atribuye a procesos y reacciones de EVTE y no a un SSO, debido a la ausencia de desechos carbonizados, olores a quemado y humo (diferenciado del vapor de agua).
- Mala calidad del gas (definida como metano sustancialmente bajo, por ejemplo, menos del 30 por ciento) junto con metano a dióxido de carbono ($\text{CH}_4:\text{CO}_2$) proporciones inferiores a 1.0 y concentraciones elevadas de monóxido de carbono (CO). Si bien esta condición está presente tanto en circunstancias de EVTE como de SSO, SCS cree que la disminución del contenido de metano, la proporción invertida y el CO elevado en el GDV en esta instalación se atribuye a procesos y reacciones de EVTE y no a un SSO. El hecho de que el GDV tenga concentraciones de oxígeno medibles, lo cual es inesperado para eventos de SSO porque el oxígeno generalmente se consume por completo en la combustión de desechos, respalda esta conclusión.
- Si bien hay un asentamiento dramático y pronunciado en el área noroeste, SCS no lo caracteriza como un hundimiento localizado rápido que generalmente se asocia con eventos

de SSO. SCS cree que el asentamiento acelerado general de la superficie del vertedero en esta área de la instalación indica condiciones EVTE, en contraposición al rápido hundimiento localizado que típicamente sugiere un evento SSO.

- El personal del lugar ha notado un aumento inusual en las cantidades de lixiviados, así como numerosos casos de líquidos presurizados emitidos desde la superficie del vertedero, desde pozos durante la perforación y desde pozos de GDV en la parte noroeste de la huella de desechos. La producción de cantidades excesivas de líquido y la presencia de líquidos presurizados son comunes en los vertederos con condiciones de EVTE, pero son atípicas de los eventos de SSO.
- La concentración de hidrógeno (H₂) en el GDV en 25 pozos y colectores se ha medido en el rango de 1 a 20 por ciento en volumen. El contenido de hidrógeno en el GDV en concentraciones generalmente superiores a 5000 ppm está afiliado a eventos EVTE, no a eventos SSO.
- En la Instalación se ha registrado la presencia de DMS en el GDV en concentraciones en el rango de 100 ppm. Las concentraciones elevadas de DMS, con respecto a otros compuestos de azufre reducido, son típicas de sitios que experimentan condiciones de EVTE.
- La característica de los olores que se originan en la sección noroeste de la instalación fue descrita como “similar a la de un químico” (consistente con la correspondencia del condado de Los Ángeles, fechada el 1 de septiembre de 23), Chiquita y el personal de SCS han observado que es notable y claramente diferente de los olores típicos de la superficie de trabajo del GDV o de los vertederos. Esta es una observación común en los sitios con EVTE.

Según las concentraciones de metano recientes e históricas registradas en numerosos cabezales de pozo dentro del área de reacción en CCL que exhibieron temperaturas superiores a 145 °F, las bacterias metanogénicas continúan logrando la descomposición anaeróbica de materiales de desecho orgánicos junto con un aumento periódico de otros subproductos de la descomposición, como el hidrógeno.

Las condiciones en CCL incluyen temperaturas elevadas medidas en el GDV y los líquidos, altas presiones, una inversión de las proporciones de metano a dióxido de carbono, un aumento en la generación de gas y líquidos, mayores concentraciones de hidrógeno y DMS, asentamiento acelerado y un aumento de olores inusuales. Estos datos y condiciones objetivos ocurren en un EVTE y no en vertederos que se encuentran en condiciones típicas de descomposición.

Las condiciones en CCL se asemejan a un evento de EVTE y no sugieren otros tipos de eventos de calentamiento de vertederos, como un incendio subterráneo. Los vertederos con incendios subterráneos no producen hidrógeno. Los EVTE producen hidrógeno. Los vertederos con incendios subterráneos no producen líquidos. Los EVTE producen líquidos. Los datos muestran que CCL está produciendo hidrógeno y líquidos, además de exhibir una proporción de metano a dióxido de carbono indicativa de un EVTE. El asentamiento en la superficie del Vertedero en el área de reacción es amplio y pronunciado, en lugar de porciones discretas y aisladas. Además, el personal involucrado en la operación diaria en el vertedero experimentó durante varios meses olores de carácter diferente a los olores que produce un incendio en el vertedero. De hecho, la correspondencia del condado cita “olores similares a químicos”, lo que los caracteriza como claramente diferentes al carácter del olor que generalmente se observa en los vertederos que experimentan incendios subterráneos.

SOLUCIONES PARA FRENAR Y DETENER LA REACCIÓN

La experiencia previa en otros vertederos con EVTE demuestra que las reacciones de los vertederos y los olores resultantes han sido mitigadas con las mejores prácticas de gestión, incluido el aumento de la extracción de gas y la eliminación de líquidos (por ejemplo, mediante la ampliación de los sistemas y proporcionando una capacidad adecuada de control de GDV y capacidad de eliminación de líquidos). Otra mejor práctica de gestión es mejorar la integridad de la cubierta, lo que reduce la infiltración de precipitación y limita la cantidad de exceso de líquidos disponibles para sustentar diversas reacciones químicas. La implementación de estas medidas ayudará a frenar la reacción y mitigar los impactos. Sin embargo, no se ha identificado ningún método conocido para detener rápidamente la reacción que provoca temperaturas elevadas en un vertedero. La industria de los vertederos ha adoptado varios enfoques para “contener y gestionar” el área de reacción como se describe a continuación:

- Mejora de la infraestructura de recolección y control de gases para eliminar los gases de reacción, reducir las presiones de los vertederos, reducir las emisiones malolientes y eliminar el calor.
- Optimización de la eliminación de líquidos para mejorar la eficiencia de la recolección de gas y eliminar el calor mediante la instalación de bombas de achique en el pozo. La eliminación de los líquidos del vertedero elimina el calor y permite recolectar gas desde mayores profundidades en el vertedero. El aumento de temperatura es a menudo un efecto secundario necesario de las operaciones de bombeo que eliminan el calor de estas porciones de la masa de desechos.
- Optimización de la instalación de cubierta provisional o final para mejorar aún más la recuperación de gas y reducir las emisiones superficiales y los olores resultantes.

Como cuestión práctica, obtener valores operativos más altos (VOA) para los pozos que exhiben temperaturas elevadas debido a reacciones químicas abióticas versus oxidación del subsuelo ayudará a la instalación en su objetivo de eliminar el calor mediante extracción de gas y líquido y reducir el seguimiento frecuente innecesario del dióxido de carbono.

Como se demostró en otros vertederos que han experimentado eventos generalizados de calentamiento de EVTE durante los últimos 15 años aproximadamente, Chiquita y SCS confían en que la implementación de las mejores prácticas de gestión desarrolladas por la industria de los vertederos para contener y gestionar la reacción logrará frenar la propagación del área de reacción, dará como resultado el enfriamiento de los desechos enterrados, permitirá que la metanogénesis se reinicie en última instancia dentro de una gran sección de la masa de desechos afectada y mitigará y reducirá los impactos perjudiciales, como los olores, que experimentan las comunidades circundantes fuera del sitio.

Apéndice A
Mapa del área de reacción

Apéndice B

Referencias

-
- ⁱ Barlaz, MA, Benson, C., Castaldi, M., Luettich, S. (31 de octubre de 2016; 23 de diciembre de 2016; 28 de febrero de 2017). Diagnosing and Understanding Elevated Temperature Landfills (Parts 1, 2, & 3). Waste360.
- ⁱⁱ Hao, Z., Sun, M., Ducoste, JJ, Benson, CH, Luettich, S., Castaldi, MJ y Barlaz, MA (2017, 21 de septiembre) Generación y acumulación de calor en vertederos municipales de residuos sólidos. *Environmental Science & Technology*, 51, 21, 12434–12442.
- ⁱⁱⁱ Meyer-Dombard, D.R., Bogner, J.E., Malas, J. (2020, Junio 3). Una revisión de la microbiología y ecología de los vertederos: Un llamado a la modernización con tecnología de “próxima generación”. *Frontiers in Microbiology*, 11.
- ^{iv} Staley, B.F., Barlaz, M.A., and de los Reyes III, F.L. (2008). Evaluation of Factors Affecting the Initiation of Methanogenesis in Solid Waste.
- ^v Farquhar, GJ y Rovers, FA (1973) Producción de gas durante la descomposición de desechos. *Water, Air, and Soil Pollution*, 2, 483-495. <https://doi.org/10.1007/BF00585092>.
- ^{vi} (2001, November) Landfill Gas Primer: Una descripción general para los profesionales de la salud ambiental. Agencia de Registro de Sustancias Tóxicas y Enfermedades.
- ^{vii} Staley, BF, de Kings III, FL y Barlaz, MA (2011). The Effect of Spatial Differences in Microbial Activity, pH and Substrate Levels on Methanogenesis Initiation in Refuse. *Applied and Environmental Microbiology*, 77(7): 2381-2391.
- ^{viii} Barlaz, M.A., Sadri, A., Luettich, S. Characterizations of Biological Activity in Refuse Samples Excavated from the Waimanalo Gulch Sanitary Landfill.
- ^{ix} McGarry, J., Walsh, J., Huff, R. (2014) Overview of Managing MSW Landfills with Ongoing Subsurface Reactions.
- ^x Wen, Y., Shi, Z., Wang, S., Mu, W., Jönsson, P.G., Yang, W. (2021, July 1) Pyrolysis of raw and anaerobically digested organic fractions of municipal solid waste: Cinética, termodinámica y caracterización de productos. *Chemical Engineering Journal*, 415, 129064, <https://doi.org/10.1016/j.cej.2021.129064>.
- ^{xi} Long, Y., Zhang, S., Fang, Y., Du, Y., Weijia, L., Fang, C., Dongsheng, S. (2017, December) Dimethyl sulfide emission behavior from landfill site with air and water control.