

RESUMEN Y CONCLUSIONES

I. ORIGEN, JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS DEL ESTUDIO

Los residuos sólidos (RS) o desechos sólidos (DS) están compuestos por una amplia variedad de objetos y materiales que ya no son de utilidad para su poseedor.¹

Los RSM contienen elementos peligrosos y no peligrosos. A los primeros se les conoce como residuos sólidos peligrosos (RSP) y tienen componentes dañinos para la población y el medio ambiente; proceden principalmente de la actividad industrial². Los segundos son llamados residuos sólidos no peligrosos (RSNP) y se dividen a su vez en residuos sólidos no peligrosos industriales (RSNPI) y residuos sólidos municipales (RSM),³ estos últimos son los que provienen de actividades, sitios y servicios públicos, comercios, construcciones y demoliciones, así como residuos industriales que no se deriven de su proceso.⁴

Según la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, para efectos de regulación y control, la federación se encarga de los RSP, y al estado y municipio les compete lo relativo a los RSNP. El presente estudio se enfoca en los RSM, que ante la necesidad de eliminar los que se generan en los municipios, las autoridades llevan a cabo su manejo.⁵

A. Origen y justificación del estudio

Actualmente, en la Zona Conurbada de Tampico, Altamira y Madero (ZCTAM), el manejo de los RSM se lleva a cabo en forma independiente por cada uno de los municipios.

La recolección y el transporte de los RSM, como se expone en el capítulo 2, no presentan deficiencias significativas en la ZCTAM. La disposición final se efectúa en tiraderos a cielo abierto (uno en cada municipio), bajo condiciones que ocasionan contaminación en suelos, y

-
- 1 Residuos sólidos y desechos sólidos se emplean como sinónimos; no obstante en el presente trabajo se empleará preferentemente el término de residuos sólidos por ser el de mayor uso en las investigaciones consultadas.
 - 2 Los RSP presentan características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables, biológico infecciosas. Ver Proyecto de Norma Oficial Mexicana NOM-CRP-001-ECOL-1993. en Secretaría de Gobernación (31).
 - 3 La división de los RSPN en RSNPI y RSM está establecida en la Norma Oficial mexicana NOM-AA-91-1987
 - 4 Proyecto de Norma Oficial mexicana NOM-084-ECOL-1994, en Secretaría de Gobernación (31)
 - 5 Según el proyecto de Norma Oficial Mexicana NOM-CRP-001-ECOL-1993. en Secretaría de Gobernación (31). “Manejo” es el conjunto de operaciones que tienen que ver con la eliminación de los RSM. Las etapas del manejo son recolección, transporte, tratamiento y disposición final.

aguas superficiales y subterráneas (por escurrimiento de lixiviados)⁶, lo cual perjudica al medio ambiente y representa riesgo para la población. Además, la disposición final no sólo se realiza en forma inadecuada, sino que se hace sobre instalaciones cuya capacidad está por agotarse.⁷

Con la intención de mejorar el manejo de los RSM, el Gobierno del Estado de Tamaulipas creó en 1989 la Comisión Operadora de Desechos Sólidos de Tampico, Altamira y Madero (CODESTAM). Desde entonces, dicha comisión se ha concentrado en la organización de los tres municipios para reformar el servicio de transporte y disposición final de los residuos de manera integral; no obstante, dificultades de conciliación de intereses entre los municipios han impedido mejoras sustanciales en el manejo de los RSM.

Con el fin de remediar la situación, la CODESTAM ha convocado a una licitación pública, cuyo objetivo es concesionar el manejo de los RSM en la ZCTAM. Las bases de licitación solicitan propuestas que permitan lograr un desempeño eficiente en cada etapa del manejo de los residuos; sin embargo, no establecen los fundamentos para que la disposición final de éstos se lleve a cabo de forma tal (localización, número de sitios y tamaño) que signifique los menores costos para la sociedad, por lo que el Gobierno del Estado de Tamaulipas ha encargado al curso CEPEP-ITESM una evaluación al respecto.

B. Objetivos del estudio

El proyecto que se propone es: la ubicación de terrenos destinados a la disposición final, en los que se considere la construcción de uno o más rellenos sanitarios⁸, cuyo diseño incluya las instalaciones necesarias que reduzcan la contaminación producida por los RSM. Cabe señalar que no existe una metodología plenamente establecida que permita evaluar socioeconómicamente proyectos de disposición final de RSM. Los objetivos serán, entonces:

-
- 6 Lixiviado es el líquido proveniente de los residuos, disuelto o en suspensión, que se forma por reacción, arrastre o percolación.
 - 7 Según lo señalan las propias autoridades que administran y operan los basureros. Este tema se expone en el capítulo 2.
 - 8 La disposición final de los RSM se debe realizar en un relleno sanitario, que es una obra de ingeniería que reúne características específicas para el confinamiento seguro de los residuos. El uso de rellenos sanitarios para el confinamiento seguro de los RSM está señalado dentro de la Ley General del Equilibrio Y la Protección del Medio Ambiente. El diseño de rellenos sanitarios está sujeto a condiciones normativas que especifican las características que deben tener los sitios donde se construyan. Ver Proyecto de Norma Oficial Mexicana NOM-083-ECOL-1994. en Secretaría de Gobernación (31).

- Establecer una metodología que permita la evaluación socioeconómica de proyectos de disposición final de RSM.
- Establecer lineamientos que, cumpliendo con la normatividad vigente, permitan minimizar el costo social de disponer los RSM de la ZCTAM en uno o más rellenos sanitarios.

En relación al primer objetivo, puede señalarse que es una parte muy importante del presente documento, y el caso de estudio que se expone, el de la ZCTAM, sirve para hallar resultados que satisfagan el segundo objetivo, pero paralelamente se emplea como guía para desarrollar la metodología señalada.⁹

Existen algunas restricciones para el logro del segundo objetivo, como por ejemplo, que en las inmediaciones de la ZCTAM existen pocos terrenos que satisfacen la normatividad establecida para la instalación de rellenos sanitarios,¹⁰ principalmente en lo que se refiere al nivel de los mantos freáticos que se encuentran a muy poca profundidad.¹¹

El presente estudio, aunque incluye aspectos que tienen que ver con las condiciones técnicas de la instalación y operación de rellenos sanitarios, no contiene elementos de ingeniería de detalle. La evaluación se presenta al nivel de perfil.

II. SITUACIÓN ACTUAL

A. Situación actual

En la ZCTAM se genera un volumen promedio diario de RSM estimado en 795 toneladas. Del total, cerca del 80% corresponde a desperdicios alimenticios, mientras que el resto se distribuye en papel, cartón, metales, vidrio y plástico.

-
- 9 Como se señala en el capítulo de limitaciones del estudio, la falta de información respecto a numerosos aspectos técnicos obstaculizó el logro de resultados, por lo cual la evaluación realizada sobre el caso de estudio debe entenderse mas bien como un esquema de términos de referencia que puede ser enriquecido cuando se disponga de más y mejor información.
- 10 Las características físicas que son necesarias para instalar un relleno sanitario tienen que ver con los vientos dominantes, la topografía del terreno, las condiciones geohidrológicas y la edafología. Ver Proyecto de Norma Oficial Mexicana NOM-083-ECOL-1994. En Secretaría de Gobernación (31).
- 11 Según la legislación existente el nivel del manto freático debe estar por lo menos a 10 m. de profundidad para que pueda ser construido un relleno sanitario. En la ZCTAM sus zonas cercanas, el nivel de los mantos freáticos en muy pocos puntos satisface ese requerimiento.

Se estima que cada habitante de la ZCTAM produce un volumen diario de 1.2 kg de RSM. Este dato, aunque debe tomarse con reservas,¹² es indicador de un alto nivel de generación (el promedio de generación por habitante en otras ciudades del país, como Chihuahua y Mérida está entre los 0.7 y los 0.8 kg).

Una de las posibles causas de que el volumen de generación sea elevado, es que no se cobra a los usuarios domésticos por el servicio de eliminación de los RSM. En comercios y empresas prevalece el cobro de cargos fijos, que en términos económicos representan un precio igual a cero, porque permiten generar cualquier volumen de basura a un precio nulo.¹³

El hecho de que no se cobre por la eliminación de RSM¹⁴, además de estimular una mayor generación, también implica que la operación del servicio en los municipios sea deficitario en términos financieros (ver cuadro No 2.1).

Del total de basura generada, se recolecta alrededor del 80% en Altamira y Madero, y en Tampico la cobertura alcanza el 86%. La recolección se hace en camiones recolectores, los cuales también cumplen con la etapa de transporte de los RSM hacia el lugar de disposición final.

Cuadro 2.1 Ingresos y egresos por el manejo de RSM en la ZCTAM (N\$ de noviembre de 1994)

| Concepto | Tampico | Altamira | Madero |
|------------------------------|------------------------------|---|-----------|
| Tarifa Domestica | No existe | No existe | No existe |
| Tarifa Comercial | 5.00 por tambo de 200 litros | 1,300 mensuales por recolección a cada una de las cuatro empresas ubicadas en el corredor industrial. | No existe |
| Ingresos Mensuales | 30,000 | 5,200 | No existe |
| Egresos Mensuales | 448,500 | 104,240 | 174,591 |
| Déficit Mensual de Operación | (418,500) | (99,000) | (174,591) |

Fuente: Ayuntamiento de Tampico (6), Ayuntamiento de Altamira (3) y Ayuntamiento de Madero (4).

-
- 12 La cifra fue obtenida por el afrontamiento de Madero mediante los estudios muestrales que son usuales. Según datos de otras ciudades de México y de otros países, la cifra parece sobrestimada. Sin embargo, es el único indicador que se ha obtenido en la zona de estudio.
- 13 En el cuadro No 2.1 se señala que en el municipio de Tampico existe un convenio mediante el cual se cobra a un conjunto de comercios por el volumen que generan de RSM: sin embargo, según lo afirman las propias autoridades municipales, los cobros son más bien cargos fijos.
- 14 En el presente estudio “eliminación” se entiende como sinónimo de “manejo”.

Una de las finalidades de la licitación a la que convocó la CODESTAM, es ampliar la cobertura de recolección. El hecho de que las autoridades se centren principalmente en aspectos como éste (siendo que la cobertura de recolección no es mala en ninguno de los tres municipios),¹⁵ y soslayan los más importantes, que tienen que ver con la forma de lograr una disposición final que minimice los costos sociales, habla de que el problema se ha estado enfocando en forma incompleta por los dirigentes municipales.

Actualmente, cada municipio de la ZCTAM opera y administra un sitio de disposición final. En los tres casos se trata de tiraderos a cielo abierto: es decir, predios donde se depositan los RSM sin el acomodo, la compactación y la cubierta debidas.

La ausencia de una buena operación dentro de los tiraderos hace que los RSM permanezcan a la intemperie, lo cual estimula una mayor formación de lixiviados y biogas.¹⁶ El biogas contamina el aire, pero la fuente de daño ambiental más significativa en los tiraderos de la ZCTAM, está en los lixiviados que escurren hacia los mantos freáticos.

La contaminación de los mantos freáticos se debe a que los tiraderos están ubicados en terrenos donde el suelo no reúne características de impermeabilidad, y en zonas donde las corrientes subterráneas están muy próximas a la superficie.

Según estudios realizados en la zona,¹⁷ el agua que se contamina como consecuencia de la acción de los RSM, manifiesta presencia de mercurio, coliformes fecales y coliformes totales, todos ellos en un grado superior al límite permisible por las normas ambientales. La presencia de esos elementos, particularmente la del mercurio, es altamente tóxica para la vida humana¹⁸. Por tanto, el resultado de los estudios hace no recomendable el uso de agua contaminada para fines de riego agrícola, uso pecuario, acuacultura, y menos aún para consumo humano (ver anexo No I)¹⁹.

15 Según la empresa SEMIPRODE de Monterrey, N.L. de acuerdo a estándares internacionales, se considera que una cobertura de recolección del 80 por ciento en adelante es muy buena.

16 El biogas es el gas que se forma de la descomposición de los residuos orgánicos. La acumulación de biogas es peligrosa, en los rellenos sanitarios se controla con el uso de tubos de escape.

17 A solicitud del grupo evaluador se realizaron estudios de agua para detectar contaminación atribuida a RSM, en las cercanías de los tiraderos actuales. La Secretaría de Desarrollo Social del estado de Tamaulipas proporcionó recursos para la toma de muestras y los análisis de laboratorio.

18 Según lo señala el dictamen del laboratorio.

19 La contaminación del agua se puede corregir con tratamientos especiales, pero eso representa costos sociales.

Según las autoridades,²⁰ los tiraderos están ubicados en lugares desde donde los mantos freáticos que se contaminan van a dar al mar y no afectan a las fuentes de suministro de agua potable de la zona, que está formada por un sistema lacustre alimentado por el Río Guayalejo. Sin embargo, hacen falta estudios que corroboren dicha afirmación.

Como las condiciones en que están operando los tres tiraderos no son las de un relleno sanitario, las propias autoridades estatales han solicitado la clausura de uno de ellos (el de Altamira), aunque los dos restantes están en situación similar.

La disposición final en los tiraderos de cada uno de los municipios se lleva a cabo sin ningún control de ingreso al sitio, además no se cuantifican el volumen y peso de los RSM debido a que no se tiene equipo para ello. La situación en que se encuentran los tiraderos en cada uno de los municipios, se desglosa en el cuadro 2.2:

Cuadro 2.2 Situación de los tiraderos en la ZCTAM (N\$ de noviembre de 1994)

| Concepto | Tampico | Altamira | Madero |
|---|--|--|--|
| Distancia desde el centro de la ciudad (kilómetros) | 2.5 | 5.0 | 2.0 |
| Superficie Total (hectáreas) | 13 | 4 | 5 |
| Vida útil (meses) | 12 | 60 ya se pidió su clausura | 6 |
| Equipo para Compactar Disponible | Sólo satisface el 50% de las necesidades | Sólo satisface el 50% de las necesidades | Sólo satisface el 10% de las necesidades |

Fuente: Ayuntamiento de Tampico (6), ayuntamiento de Altamira (3) y ayuntamiento de Madero (4).

*Equipo propiedad del municipio y en regulares condiciones.

*Equipo rentado

B. Situación actual optimizada

La situación actual optimizada significa inversiones pequeñas que den la mayor eficiencia posible a las condiciones prevalecientes, consiste en medidas administrativas y en algunas modificaciones de índole técnica. La situación optimizada se hace con el fin de no adjudicarle al proyecto beneficios que no le corresponden.

En este caso, las medidas propuestas son las siguientes: instalación de señalamientos restrictivos, control de entrada a los tiraderos, conformación y nivelación de caminos interiores, nivelación del terreno, colocación de capas de arena sobre los RSM, realización de pozos para el control del biogas, instalación de drenaje, y forestación en aquellas zonas donde concluya la etapa de operación.

Aunque las medidas señaladas mejoran la operación general de los actuales tiraderos, no permiten la eliminación correcta de los RSM, por lo que se refuerza la conveniencia de realizar el proyecto. De no ser así, persistirán los impactos negativos señalados y, aún más, se agravarán con la acumulación progresiva de los residuos. Hay que agregar que la capacidad (y por tanto la vida útil) de las instalaciones que están en funciones, es un factor crítico en todos los casos (ver cuadro No. 2.3)²¹.

Cuadro 2.3 Proyección de generación diaria de RSM en la ZCTAM (toneladas).

| Año | Tampico | Altamira | Madero | Total |
|------|---------|----------|--------|-------|
| 1994 | 480 | 65 | 250 | 795 |
| 1995 | 480 | 71 | 254 | 805 |
| 1996 | 479 | 72 | 258 | 809 |
| 1997 | 479 | 73 | 263 | 815 |
| 1998 | 478 | 74 | 267 | 819 |
| 1999 | 478 | 75 | 271 | 824 |
| 2000 | 478 | 77 | 276 | 831 |
| 2001 | 478 | 81 | 279 | 838 |
| 2002 | 479 | 86 | 282 | 847 |
| 2003 | 479 | 91 | 286 | 856 |
| 2004 | 480 | 96 | 289 | 865 |
| 2005 | 480 | 101 | 293 | 875 |
| 2006 | 481 | 107 | 296 | 884 |
| 2007 | 482 | 113 | 300 | 895 |
| 2008 | 482 | 120 | 303 | 905 |
| 2009 | 483 | 127 | 307 | 917 |
| 2010 | 483 | 134 | 311 | 928 |

Fuente: Elaboración propia en base a proyecciones de población para la ZCTAM. La forma en que se realizaron las proyecciones tanto de población como de generación puede verse en el anexo No. 3.

La realización del proyecto debe tomar en cuenta el crecimiento que enfrentará la demanda por eliminación de RSM a lo largo del tiempo (ver cuadro No.2.3).²²

- 21 Las autoridades que administran y operan los tiraderos actuales reconocen que éstos están por aportar su capacidad. Uno de los factores que lo evidencian, es que los RSM están cerca de dar alcance a los cables de energía eléctrica.
- 22 Las protecciones presentadas en el cuadro No 2.3 corresponden al escenario que se ha estimado de mayor volumen de Penetración de RSM. Se realizó otro escenario que considera una reducción del 60% de los RSM (lo que significaría un volumen de generación de aproximadamente 0.9 kg por persona). En ambos casos se mantienen las mismas conclusiones, como puede

III. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN

En un proyecto de eliminación de RSM, las distintas alternativas a considerar ofrecen la obtención de un mismo beneficio; lo único que cambia son los costos sociales a los cuales puede ser logrado el beneficio. La metodología de evaluación señala los lineamientos que deben seguirse para hallar la alternativa que minimice los costos; es decir, se trata de una evaluación del tipo costo eficiencia.

A. Evaluación de la situación sin proyecto

La evaluación de la situación actual consiste en analizar características de la oferta y la demanda actuales y futuras del servicio de eliminación de RSM, para así detectar y estimar el grado de contaminación que se está produciendo y que se producirá al ir aumentando la acumulación de RSM en los tiraderos de la zona de estudio. Con ello, se conocen los impactos sobre los recursos naturales y la población si no se realiza el proyecto.

Para optimizar la situación sin proyecto, se analiza la conveniencia de realizar obras de acondicionamiento en cada uno de los tiraderos, las cuales permitan disminuir el grado de contaminación que ocasionan. Puede darse el caso de que resulte inconveniente la realización de tales obras de acondicionamiento, debido a que por alguna razón no sean suficientes para reducir la contaminación generada por los RSM. En ese caso, los tiraderos tienen que ser clausurados.

B. Criterios de evaluación para las alternativas de disposición final de RSM

Los criterios básicos para realizar la evaluación socioeconómica son localización, tamaño y número óptimo de sitios de disposición final.

1. Localización óptima del Sitio de Disposición Final²³

Los factores a considerar son:

i) Factibilidad de los terrenos

- Se detectan aquellos terrenos cuyas características (vientos dominantes, edafología, topografía y geohidrología), tendrían un impacto menor sobre el medio ambiente y la población.²⁴
- Se cuantifican los costos de oportunidad (a precios de mercado) de los terrenos elegidos.

comprobarse en el documento fuente. Por esa razón, en este resumen sólo se presentan los resultados obtenidos con el primer escenario.

23 Sapag Chain (30). pp: 142-164.

24 Secretaría de Gobernación (31).

- Se cuantifican los montos de inversión para acondicionar los terrenos como rellenos sanitarios, así como los costos de operación para su funcionamiento.
 - Se cuantifica la depreciación que experimentan los terrenos aledaños al sitio de disposición final. La medición se hace estableciendo la diferencia entre el “valor de la tierra sin proyecto” a precios de mercado, y el “valor de la tierra con proyecto” a precios de mercado, usando la referencia empírica de otros casos similares.
 - Se toma en cuenta el plan de desarrollo urbano de la ZCTAM, con la intención de estudiar hacia dónde crecerá la ciudad y evitar que la mancha urbana alcance al sitio de disposición final antes de su clausura.²⁵ Para este fin debe plantearse la posibilidad de que existan regulaciones para que no haya asentamientos humanos en los alrededores de los terrenos destinados a los rellenos sanitarios.
- ii) Costos de transporte de la zona de recolección al sitio de disposición final.²⁶
- Costos de operación por tipo de vehículo: se obtienen de contabilizar los costos del combustible, lubricantes, llantas y mano de obra (valorada a precios sociales),²⁷ y los costos promedio del mantenimiento preventivo y correctivo de las unidades.

25 De acuerdo al Proyecto de Norma Oficial Mexicana NOM-084-ECOL-1994 en Secretaría de Gobernación (31), la distancia mínima entre la zona urbana un relleno sanitario debe ser de 500 m.

26 Con el fin de determinar el costo mínimo para el transporte de los RSM desde su fuente de generación hasta el destino de disposición final. Se recomienda emplear un “modelo de transporte” que se basa en el método simplex de programación lineal. En el documento fuente puede encontrarse una explicación de este método.

27 Como la evaluación es de tipo social, la mano de obra, divisas y tasa de descuento, deben ser convertidos de precios de mercado a precios sociales que reflejan la valoración que la sociedad les otorga. Estos precios sociales serán obtenidos de la Coordinación de Proyectos y Estudios Especiales de BANOBRAS, S.N.C.

- Externalidad por aumento en costos generalizados de viaje (CGV) de otros usuarios del camino de acceso al sitio de disposición final: se identifica, mediante aforos vehiculares en los caminos de acceso a los posibles rellenos sanitarios, la presencia de congestión, que de existir, al agregar unidades adicionales de vehículos provocaría CGV a los demás usuarios del camino. Para obtener los CGV se emplea la metodología existente.²⁸
- Costos por deterioro de los caminos de acceso a los rellenos sanitarios: se obtienen calculando el desgaste ocasionado sobre las carreteras por los vehículos pesados que aporta el proyecto.
- Costos de una planta de transferencia: se analiza la posibilidad de operar una planta de transferencia en donde los RSM recolectados se transbordan a unidades de mayor capacidad que los conducen hacia uno o más sitios de disposición final. El criterio para determinar si es conveniente, está en considerar si la reducción que produce en costos de transporte, es mayor que los costos sociales que genera su instalación y operación.

La planta de transferencia permite reducir costos de transporte cuando el sitio para la disposición final excede una distancia determinada.

La evaluación de la planta de transferencia sigue el mismo esquema de localización del relleno sanitario, por lo que intervienen: costos de transporte, usos alternativos de los terrenos de la planta de transferencia, la depreciación de los terrenos aledaños a la planta de transferencia y la dirección de los vientos dominantes de la zona.

Cabe hacer notar que si las características físicas de las alternativas de sitios para rellenos sanitarios son similares (en montos de inversión, costos de operación, depreciación de terrenos aledaños, deterioro de las carreteras de acceso, y CGV), entonces los costos de transporte se convierten en el criterio principal para discriminar entre alternativas.

2. Tamaño óptimo del sitio de disposición final

Se elige aquel tamaño cuya vida útil tenga menor costo anual equivalente (CAE).²⁹ En cada uno de los tamaños del sitio de disposición final hay diferentes costos de operación; por ello, se identifican los costos sociales de los recursos humanos y materiales que se requieren para que opere el relleno sanitario.

28 Ministerio de Planificación y Cooperación (22). pp. 302-319.

29 El costo anual equivalente es un criterio que permite comparar los costos de un proyecto transformándolos en anualidades.

3. Número óptimo de sitios para la disposición final

Su determinación está en función del volumen y distribución de RSM generados en la zona de estudio, así como de los resultados de la minimización de los costos de transporte. Esto puede dar la posibilidad de tener varios sitios para disposición final, y el número óptimo corresponde al de menor costo.

C. Selección de la mejor alternativa

Como las alternativas del proyecto pueden tener diferentes vidas útiles, se opta por aquella que minimice los costos, y entonces se elige la de menor CAE.

IV. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA A LA EVALUACIÓN DEL CASO DE ESTUDIO³⁰

A. Alternativas

Se detectaron tres sitios factibles para la disposición final de los RSM en la ZCTAM.³¹ Uno a 14.5 km al noreste de la cabecera municipal de Altamira (se le denominó Altamira 1),³² otro a 5.5 km al noroeste de la cabecera municipal de Altamira (se le denominó Altamira 2) y, finalmente, uno ubicado al sur de la ZCTAM, a 11 km de Madero, en el municipio de Villa Cuauhtémoc, estado de Veracruz (ver cuadro No 4.I).

30 Como ya se anotó, la falta de información respecto a numerosos aspectos técnicos obstaculizó el logro de resultados, por lo cual la evaluación realizada sobre el caso de estudio debe entenderse más bien como un esquema de términos de referencia que puede ser enriquecido cuando se disponga de más y mejor información, siguiendo la metodología desarrollada. Por otra parte, sólo se presentan en este apartado, los resultados correspondientes a las proyecciones correspondientes al escenario que se ha estimado de mayor volumen de generación de RSM. Se realizó otro escenario que considera una reducción del 60% de los RSM (lo qué significaría un volumen de generación de aproximadamente 0.9 kg por persona). En ambos casos se mantienen las mismas conclusiones, como puede comprobarse en el documento fuente. Por esa razón en este resumen sólo se presentan los resultados obtenidos con el primer escenario.

31 Cabe aclarar que en los sitios señalados todavía faltan por realizarse estudios técnicos que aseguren su completa factibilidad.

32 Las distancias fueron tomadas desde un punto central de las cabeceras municipales hasta cada sitio de disposición final, siguiendo las rutas de acceso más directas.

Cuadro 4.1 Diagrama de distancias totales recorridas a los posibles rellenos sanitarios (viaje redondo en km).

| Municipios/Sitios | Veracruz | Altamira 1 | Altamira 2 |
|-------------------|----------|------------|------------|
| Tampico | 26 | 57 | 48 |
| Altamira | 58 | 29 | 11 |
| Madero | 22 | 60 | 50 |

Fuente: Elaboración propia en base a información proporcionada por el Ayuntamiento de Madero(4).

En el apartado correspondiente a la metodología se señaló que si las características físicas de las alternativas de sitios para rellenos sanitarios son similares (en montos de inversión, costos de operación, depreciación de terrenos aledaños, deterioro de las carreteras de acceso, y CGV), entonces los costos de transporte se transforman en el criterio principal para discriminar entre alternativas. Esa es la situación de este caso de estudio.

Así, el análisis de los costos de transporte permitió determinar que la mejor alternativa, en términos de costos de transporte (ver cuadro No 4.2) es la siguiente.³³

³⁴Alternativa 1. Que Tampico y Madero confinen sus RSM en el sitio ubicado en Villa Cuauhtémoc, mientras que Altamira los lleve hacia Altamira 2.

Para verificar si el ahorro en costos de transporte que proporcionaría esta alternativa respecto al resto, es mayor que los costos de instalar dos rellenos sanitarios, se evalúa una segunda alternativa:

Alternativa 2. Que los tres municipios lleven sus RSM hasta el sitio ubicado en Veracruz.

33 Se empleó como criterio de discriminación entre alternativas el costo de transporte, ya que los costos de oportunidad de los tres sitios factibles para la disposición final son muy similares, así como el grado de depreciación que se ocasionaría en los terrenos aledaños a cada sitio.

34 En los cuadros No 4.2 y 4.3 en cada celda de la matriz aparecen las toneladas generadas a diario de RSM por municipio y en el recuadro superior derecho, el costo por tonelada correspondiente. Los cálculos de los costos de transporte pueden verse en el anexo No 7.

Cuadro 4.2 Matriz de transporte de los RSM en la ZCTAM sin planta de transferencia (toneladas diarias generadas y costos por tonelada) (N\$ de marzo de 1995)

| Municipios/Sitios | Veracruz | Altamira 1 | Altamira 2 |
|-------------------|----------|------------|------------|
| Tampico | N\$25.29 | N\$54.53 | N\$45.92 |
| | 479tons. | 479tons | 479tons. |
| Altamira | N\$55.91 | N\$27.74 | N\$10.52 |
| | 71tons. | 71tons. | 71tons. |
| Madero | N\$21.47 | N\$57.40 | N\$47.84 |
| | 254tons. | 254tons | 254tons. |

Fuente: Elaboración propia con información del cuadro No. 2.3 y anexo No.2.3 y anexo No.6 de este documento.

En este caso, Altamira tendría que instalar una planta de transferencia, debido a que el análisis de distancia óptima muestra que a partir de 22.8 km viaje redondo, una planta de transferencia produce ahorro en costos de transporte,³⁵ y Altamira está ubicada a 29 km del sitio propuesto en Villa Cuauhtémoc. Los costos de transporte por tonelada de RSM, con planta de transferencia, pueden observarse en el cuadro No 4.3.

Las alternativas que se relacionan con el sitio denominado Altamira 1, se descartaron por completo debido a los altos costos de transporte que presentan (Ver cuadro 4.3).

35 Los costos promedio de transporte y de operación de la planta de transferencia para el año de 1994. fueron tomados como referencia del equipo propiedad del Sistema Metropolitano para el Procesamiento de los Desechos Sólidos (SIMEPRODE) de la ciudad de Monterrey, Nuevo León, que actualmente opera tres plantas de transferencia de diferentes capacidades. Los costos de transporte y operación de la planta de transferencia enunciados llevan implícitos los costos de mantenimiento, de inversión y operación de los equipos de transporte respectivos. Cabe mencionar que mientras menor capacidad tenga la planta de transferencia los costos de operación por tonelada transportada son mayores.

Cuadro 4.3 Matriz de transporte de los RSM en la ZCTAM con planta de transferencia (toneladas diarias generadas y costos por tonelada) (N\$ de marzo de 1995).

| Municipios/Sitios | Veracruz | Altamira 1 | Altamira 2 |
|-------------------|----------|------------|------------|
| Tampico | N\$25.29 | N\$37.33 | N\$34.97 |
| | 479tons | 479tons | 479tons |
| Altamira | N\$32.32 | N\$24.43 | N\$10.52 |
| | 71tons. | 71tons. | 71tons |
| Madero | N\$21.47 | N\$38.60 | N\$35.98 |
| | 254tons. | 254tons. | 254tons |

Fuente: Elaboración propia en base a información del cuadro No.2.3 y anexo No. 6 de este documento.

*Se consideran los costos de transporte sin planta de transferencia, por no ser conveniente su uso en estos casos.

En la evaluación de las dos alternativas señaladas, interviene un lugar de disposición final propuesto en el estado de Veracruz. Como la ZCTAM pertenece al estado de Tamaulipas, podría haber problemas de coordinación interestatal e intermunicipal que obstaculizaran la realización de la alternativa más conveniente para la sociedad.

Este es un problema que corresponde resolver a las autoridades de los municipios involucrados; sin embargo, previendo que no sea posible utilizar el sitio propuesto en Veracruz, se realizó la evaluación de la mejor alternativa restante (en términos de costos de transporte):

Alternativa 3. Que los tres municipios lleven sus RSM hasta Altamira 2. En este caso, Tampico y Madero deberán compartir una planta de transferencia. Esta alternativa muestra el costo que tendría para la sociedad la falta de coordinación gubernamental.

Alternativa 4. Se evalúa como una última alternativa que los tres municipios depositen sus RSM en Altamira 2, pero que haya una planta de transferencia para Tampico y otra para Madero. Esta alternativa, comparada con la anterior, muestra si existen o no, en el presente caso de estudio, economías de escala para una planta de transferencia.

B. Obtención del CAE para cada alternativa

Según el análisis de los flujos monetarios de las cuatro alternativas, el menor CAE corresponde a aquella donde los tres municipios de la ZCTAM depositan sus RSM en el municipio de Villa Cuauhtémoc, Veracruz; es decir, la alternativa 2 (ver cuadro No 4.4).

Cuadro 4.4 Costo anual equivalente de las alternativas * (cifras en miles de N\$ de marzo de 1995).

| Alternativas | CAE |
|--------------|-----------|
| 1 | 18,315.76 |
| 2 | 17,513.03 |
| 3 | 22,996.12 |
| 4 | 25,073.43 |

Fuente: Elaboración propia con base en la información del capítulo 5.

En el CAE se consideraron los costos de transporte, los costos de oportunidad de los terrenos, los costos de inversión y operación para los rellenos sanitarios de cada alternativa, así como los costos de inversión y operación para plantas de transferencia en los casos en que sea conveniente su utilización. También se incluyeron los costos por depreciación de terrenos aledaños a los rellenos sanitarios, aunque en el presente estudio resultaron nulos.

V. LIMITACIONES, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A. Limitaciones

Debido a problemas de disponibilidad de información sobre varios aspectos técnicos (la factibilidad técnica de los terrenos susceptibles de ser rellenos sanitarios, los costos de inversión y operación, la mayoría de los precios sociales, los costos relacionados con las plantas de transferencia, el volumen de generación diaria de los RSM), los resultados del caso de estudio no son contundentes, por lo cual la evaluación realizada debe entenderse más bien como un esquema de términos de referencia que puede ser enriquecido cuando se disponga de más y mejor información, siguiendo la metodología desarrollada.

A continuación se enumeran específicamente las limitaciones que enfrenta este estudio:

- 1) En el análisis de la situación sin proyecto no fue posible cuantificar el impacto de las externalidades por contaminación sobre las actividades económicas y la salud, por lo que se subestimaron los costos sociales.

- 2) Se carece de los estudios fisiográficos, geohidrológicos y edafológicos que permitan confirmar que los terrenos propuestos por los ayuntamientos de la ZCTAM sean técnicamente aptos para su uso como relleno sanitario, por lo que se suponen apropiados para la construcción del relleno sanitario con la técnica de área.
- 3) Respecto a las cantidades de RSNP generadas diariamente se consideró en el estudio la información proporcionada por las autoridades municipales encargadas del servicio de limpieza, la cual no fue posible comprobar mediante estudios muestrales, debido a las restricciones de tiempo y recursos del equipo evaluador.
- 4) Al no contar con un factor de incremento de los RSNP generados para los municipios de la ZCTAM se supuso que el aumento de estos está en función del crecimiento de la población, por lo tanto se supone también que no habrá cambios en los hábitos de consumo de la comunidad, que en realidad serían muy difíciles de estimar.
- 5) Al no contar con proyecciones de población para cada uno de los municipios de la ZCTAM, tanto en el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) como en el Consejo Nacional de Población (CONAPO), se supone que las proyecciones de población presentadas en este proyecto, estimadas en el seno del grupo de trabajo mediante el método demográfico de tendencias de proporción, serán las correctas.
- 6) No se dispuso de una investigación detallada del comportamiento de los costos de operación de transporte específicos para el proyecto de la ZCTAM. Por tal motivo, se consideraron los promedios de la referencia empírica de una empresa operadora de los RSNP, para la solución del modelo de transporte expuesto. Que, por ser información confidencial, no se proporcionó desglosada.
- 7) La cuantificación de la parte del costo de transporte a causa de la externalidad por deterioro del camino de acceso al relleno sanitario, no se pudo contemplar, debido a la ausencia de dicha información en el país, por lo que los costos de transporte están subestimados.
- 8) Dado que no estuvieron disponibles los precios sociales se realizó una evaluación a precios de mercado.

B. Conclusiones

- 1) Las medidas técnicas y administrativas que tomarían las autoridades para optimizar la situación actual, no son convenientes para resolver el problema de disposición final de RSM en la ZCTAM, debido a que los tiraderos se encuentran próximos a las zonas pobladas (a menos de 500 m), la vida útil está por culminar en los casos de Tampico y Madero, y además, los tres operan en condiciones insalubres e inseguras para la población y los montos de inversión que se requieren para realizar obras de acondicionamiento son altos en comparación a la inversión requerida para realizar un proyecto de disposición final. Por lo que se concluye la conveniencia de ejecutar urgentemente el proyecto, no sin antes preparar el estudio de factibilidad que permita definir, cuantificar y valorar de manera más precisa las alternativas propuestas.
- 2) Desde el punto de vista social, lo que más conviene es la alternativa 2, es decir, que se instale un sólo relleno sanitario, en el estado de Veracruz, en el municipio de Villa Cuauhtémoc, y que los tres municipios de la ZCTAM confinen sus RSM ahí (contando con una estación de transferencia para el municipio de Altamira).
- 3) Se obtuvo que el tamaño óptimo para el sitio de disposición final (para una vida útil de 8 años, que fue el horizonte de vida de menor CAE) es de 64.5 has (usando el método de área). La superficie está calculada para recibir los RSM de los tres municipios de la ZCTAM.
- 4) Si por problemas de coordinación entre municipios y estados no se pudiera utilizar el terreno de Veracruz para la disposición final de los RSM de la ZCTAM, entonces lo más conveniente es que los tres municipios lleven sus residuos al sitio denominado Altamira 2. En este caso, lo más adecuado es que Tampico y Madero compartan una planta de transferencia.

La diferencia entre los costos de esta alternativa y los costos de la mejor alternativa (ilustrada en el punto I), representan los costos sociales para el país derivados de la falta de coordinación gubernamental.

- 5) Aunque actualmente la disposición final de los RSM es más complicada en los municipios de Tampico y Madero, debido a las cantidades que generan, en unos años el municipio de Altamira enfrentará la misma situación. La razón de esto es que Tampico y Madero ya no pueden crecer y, por tanto, en Altamira se concentrará el crecimiento poblacional de la ZCTAM.
- 6) Las autoridades municipales han tenido un enfoque parcial del problema, ya que han descuidado la forma de lograr una disposición final que minimice los costos sociales.

- 7) Al sensibilizar las proyecciones de generación de RSM de la ZCTAM, reduciéndola un 40%, no se modificó el resultado obtenido en la selección de la mejor alternativa de proyecto, pero el CAE se redujo en un 36% (ver anexo No 8). Por lo que se infiere que sería conveniente realizar medidas para disminuir la generación de RSM, tales como los incentivos de mercado que se describen en el anexo No 5.

C. Recomendaciones

- 1) Que, de acuerdo a los resultados obtenidos en el presente documento, se realicen los estudios de prefactibilidad y factibilidad correspondientes, para la mejor alternativa. Por lo que será conveniente llevar a cabo los estudios topográficos, geológicos, geofísicos, hidrológicos, geohidrológicos y de mecánica de suelos, para conocer las características del terreno, los escurrimientos acuíferos superficiales y subterráneos, complementándose con datos de clima, temperatura y precipitación en la zona. Y así, comprobar que se puede realizar el proyecto en ese sitio.
- 2) Que se realicen estudios del impacto ambiental que han provocado los tiraderos actuales. Esto permitiría medir socialmente la reducción del daño ambiental, derivada de la realización del proyecto.
- 3) Que se hagan estudios que precisen el volumen de generación de RSM por habitante en la ZCTAM.
- 4) Que el proyecto se realicen en terrenos reservados para tal fin, de acuerdo a las disposiciones de los Planes Municipales de Desarrollo Urbano.
- 5) Que se cobren precios a los usuarios de acuerdo al volumen generado de RSM. Esto sirve de incentivo para que cada individuo genere una menor cantidad de basura (ver anexo No 5). En primera instancia pueden tomarse como referencia los resultados obtenidos sobre la disposición a pagar de los pobladores en la encuesta realizada por el grupo de estudio (ver anexo No 4).
- 6) Los municipios de la ZCTAM pueden pagar al municipio de Villa Cuauhtémoc, en Veracruz, hasta N\$ 5.5 millones anuales, que es la diferencia monetaria entre la mejor alternativa social, incluyendo todos los sitios factibles, y la mejor alternativa sin incluir al sitio localizado en Veracruz. La cantidad señalada sólo sería una transferencia entre municipios de distintos estados del país, y permitiría que socialmente se minimicen los costos.