



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Plan de Rescate y
Saneamiento del Relleno
Sanitario de Matamoros,
Tamaulipas**

TESIS

Que para obtener el título de
Ingeniero Geólogo

P R E S E N T A

Hanssel Uriel Ventura Reyes

DIRECTOR DE TESIS

M. I. Cristian Emmanuel González Reyes



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2025

INDICE

	<i>Título</i>	<i>Página</i>
1.	Introducción	5
1.1.	Objetivo general	5
1.2.	Objetivos particulares	5
1.3.	Alcances	5
1.4.	Limitaciones	9
1.5.	Justificación	9
2.	Antecedentes del plan de trabajo	12
2.1.	Diagnóstico de la crisis ambiental y operativa a resolver	12
2.2.	Actividades realizadas en el Relleno Sanitario Regional	15
2.3.	Panorama general de la gestión de residuos en el Estado de Tamaulipas	15
2.4.	Objetivos del plan de trabajo	17
3.	Descripción general del Relleno Sanitario Regional	18
3.1.	Acerca del Departamento de Relleno Sanitario Regional	18
3.1.1	Acerca del Ayuntamiento	18
3.1.2	Organigrama laboral	19
3.2.	Información acerca del Relleno Sanitario Regional	21
3.2.1	Nombre del sitio	21
3.2.2	Descripción de los rasgos constructivos	22
3.2.3	Ubicación física del sitio	26
3.2.4	Superficie del predio del sitio	26
3.2.5	Uso actual del suelo	27
3.2.6	Colindancias del predio	27
3.2.7	Vías de acceso	29
3.2.8	Dotación de servicios	29
3.2.9	Infraestructura e instalaciones al interior	29
3.3.	Operación del Relleno Sanitario	30
3.3.1	Inicio de operaciones	30

3.3.2	Residuos recibidos en los primeros meses de operación	34
3.3.3	Residuos recibidos en los últimos meses de operación	36
3.4.	Información acerca de las actividades operativas del Relleno Sanitario	37
3.4.1	Horario de trabajo	37
3.4.2	Horario de servicio	37
3.4.3	Usuarios del relleno sanitario	38
3.4.4	Parque vehicular	41
3.4.5	Reglamento interno	42
4.	Descripción del entorno geográfico y geológico	43
4.1.	Descripción general del entorno geográfico del Sitio de Disposición Final	43
4.1.1	Ubicación geográfica	43
4.1.2	Superficie territorial	44
4.1.3	Fisiografía	45
4.1.4	Clima	47
4.2.	Descripción del marco geológico regional	47
4.2.1	Geología regional y estructural	47
4.2.2	Estratigrafía	49
4.3.	Descripción de los rasgos geológicos locales del sitio	51
4.3.1	Geología local y geomorfología	51
4.3.2	Edafología	54
4.3.3	Mecánica de suelos	58
4.4.	Descripción de los rasgos hidrológicos e hidrogeológicos regionales	60
4.4.1	Hidrografía	60
4.4.2	Hidrogeología	66
4.5.	Fenómenos hidrometeorológicos en la región	70
4.5.1	Tipos y probabilidad de ocurrencia	70
4.5.2	Lluvias torrenciales, tormentas y granizadas	70
4.5.3	Heladas y nevadas	71
4.5.4	Ciclones tropicales y huracanes	71
4.6.	Riesgo geológico	78
4.6.1	Sismicidad	78
4.6.2	Actividad volcánica	79
4.6.3	Deslizamientos y remoción de masas	79

5. Flora y fauna	80
5.1. Vegetación típica del noreste de Tamaulipas	80
5.1.1 Tipos de vegetación	80
5.1.2 Pastizales	80
5.1.3 Matorral espinoso tamaulipeco	82
5.2. Fauna de la región	88
5.2.1 Clase anfibia	88
5.2.2 Clase reptilia	89
5.2.3 Clase aves	91
5.2.4 Clase mammalia	96
5.2.5 Invertebrados	97
 6. Aspectos sociales y urbanos del municipio de Matamoros	 100
6.1. Reseña histórica de los primeros asentamientos	100
6.2. Desarrollo demográfico y crecimiento económico en el siglo XX	103
6.3. Indicadores demográficos recientes	108
6.4. Marco jurídico federal	109
6.5. Gestión de residuos	109
6.6. Estaciones de transferencia (Centros de transferencia)	111
6.7. Servicio de recolección municipal	114
 7. Elaboración y ejecución del “Proyecto Ejecutivo de Rescate”	 116
7.1. Introducción	116
7.2. Evaluación del impacto generado por una gestión ineficiente y negligente	116
7.3. Limpieza y reordenamiento en áreas con residuos expuestos	119
7.4. Mantenimiento de caminos y plataformas de contingencia	123
7.5. Instalación de luminarias y señalamientos viales	126
7.6. Jornadas de limpieza en las colonias de Matamoros	128
7.7. Campaña de reforestación y educación ambiental	128
 8. Resultados	 132
8.1. Campaña de reforestación y educación ambiental	132
8.2. Jornadas de limpieza en el relleno sanitario	135

8.3.	Instalación de luminarias y señalamientos viales	135
8.4.	Mantenimiento de caminos y plataformas de contingencia	135
8.5.	Limpieza y reordenamiento en áreas con residuos expuestos	135
9.	Conclusiones	141
10.	Bibliografía	143

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Objetivo general

Describir de forma fundamentada las etapas que conformaron el plan de rescate y saneamiento del Relleno Sanitario de Matamoros.

1.2. Objetivos particulares

A partir de lo mencionado anteriormente, se describirá de forma fundamentada las actividades realizadas durante plan de rescate del relleno sanitario de Matamoros, particularmente:

- El retiro de los residuos expuestos al aire libre y su disposición en celdas de confinamiento.
- Control de los connatos de incendio que se presentaron en diferentes puntos del relleno sanitario.
- Retiro de los residuos atrapados en las ramas de los árboles y en la cerca perimetral, los cuales fueron arrastrados por el viento.
- Mantenimiento de los caminos de acceso al frente de tiro y del camino perimetral, con el propósito de que cualquier tipo de vehículo pueda ingresar en todas las áreas del relleno sanitario ante cualquier situación meteorológica.
- Restauración de la infraestructura dañada y deteriorada como: bodegas, luminaria, señalética, reductores de velocidad, báscula de pesaje, vallas de contención, señales de tránsito, oficinas, banquetas y guarniciones, etc.
- Reactivación de las actividades de separación de residuos y elaboración de composta.
- Recuperación de la vegetación al interior del predio del relleno sanitario que fue arrasada por los incendios y la sequía.
- Reactivación de las actividades de educación ambiental impartidas en el relleno sanitario.
- Recuperación de la certificación de calidad ISO 9001

1.3. Alcances

Este trabajo tiene como finalidad mostrar el destino de los desechos sólidos generados por los habitantes de los municipios fronterizos de Matamoros y Valle Hermoso del estado de Tamaulipas. Asimismo, se describen los procedimientos y tipo de infraestructura básica que debe contar una demarcación municipal para el manejo adecuado de los residuos, prevenir los riesgos a la salud pública y mitigar el impacto a los ecosistemas locales. Se presenta el caso del relleno sanitario de Matamoros, el cual contaba con una certificación de sistema de calidad ISO 9001, premiado por la extinta Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL) durante la administración del expresidente Vicente Fox Quesada y con reconocimientos otorgados por el gobierno estatal de Tamaulipas en administraciones pasadas. Durante la administración municipal del Ayuntamiento de Matamoros para el periodo 2015–2018, el mal manejo de los residuos sólidos urbanos dentro del relleno sanitario ocasionó pérdidas económicas que afectaron directamente a los productores ganaderos de la región y desencadenó una crisis ambiental que se agudizaba con el transcurso de los días. Los incendios en las celdas de disposición final no pudieron ser controlados por los

bomberos ni Protección Civil, los residuos fueron esparcidos más allá de los límites del predio del relleno sanitario y los olores sofocantes lograban percibirse a kilómetros de distancia.

Los alcances de esta tesis se definen en tres rubros: tiempo, espacio y documental o confidencialidad.

En el caso del tiempo, para el proyecto de restauración y saneamiento se contempló un periodo que inicia en octubre de 2018 y termina en agosto de 2019, el cual tiene una duración de 10 meses. Para el caso del espacio, la superficie que abarca el predio del relleno sanitario es el límite.

Se estableció en el alcance para el caso documental o confidencialidad, que toda la información disponible en el archivo del relleno sanitario se puede utilizar en esta tesis, con la condición de que esta información sea relevante para los temas que se incluyen en este trabajo escrito. Si la información contenía nombres de empresas, contratistas, estados financieros, planos que no fueran del relleno sanitario, información de equipo o maquinaria que no fuera propiedad del relleno sanitario, o cualquier tipo de información sensible, esta debía omitirse incondicionalmente. Asimismo, esta tesis debía ser revisada primero por el Ing. Magdaleno Rodríguez Anguiano, quien era el Jefe del Departamento de Relleno Sanitario Regional de Matamoros, Tamaulipas y tuvo el archivo del relleno sanitario bajo su resguardo. Él debía dar su visto bueno antes de que este documento fuera revisado por el Comité de Titulación o jurado propuesto. Para hacer oficial este acto el Departamento de Relleno Sanitario Regional de Matamoros, Tamaulipas, representado por el Ing. Magdaleno Rodríguez Anguiano, expidió una carta de autorización firmada, donde concede el acceso a la información del archivo del relleno sanitario y su uso exclusivo para este fin.

La *Imagen 1* corresponde a la carta de autorización para el uso de la información resguardado en el archivo de esta dependencia municipal.



Gobierno Municipal de
Matamoros

H. MATAMOROS, TAMAULIPAS A 07 DE NOVIEMBRE DE 2019

ASUNTO: EL QUE SE INDICA

MTRA. ISABEL DOMÍNGUEZ TREJO
COORDINADORA DE LA CARRERA DE ING. GEOLÓGICA
DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNAM

COMITÉ DE TITULACIÓN DE LA DIVISIÓN DE INGENIERÍAS
EN CIENCIAS DE LA TIERRA UNAM

POR MEDIO DE LA PRESENTE ME ES GRATO ENVIAR UN CORDIAL SALUDO, ASIMISMO DESEO INFORMAR QUE YO, **ING. J. MAGDALENO RODRÍGUEZ ANGUIANO**, EN MI CARÁCTER DE JEFE DE DEPARTAMENTO DE RELLENO SANITARIO REGIONAL DESIGNADO MEDIANTE NOMBRAMIENTO OFICIAL Y JEFE DIRECTO DEL C. **HANSSEL URIEL VENTURA REYES** QUE OCUPA EL CARGO DE COORDINADOR EN ESTA DEPENDENCIA, HE TENIDO A BIEN DE BRINDARLE LA AUTORIZACIÓN, ASESORÍA Y APOYO PARA QUE UTILICE LA INFORMACIÓN NECESARIA Y PERTINENTE DEL ARCHIVO DE ESTA DEPENDENCIA O LA QUE SE PUDIESE GENERAR DERIVADA DE ESTUDIOS TÉCNICOS Y DE LABORATORIO EN SU PROYECTO DE TITULACIÓN CON EL FIN DE QUE OBTENGA EL GRADO DE INGENIERO GEÓLOGO QUE SU HONORABLE INSTITUCIÓN OTORGA.

SIN OTRO PARTICULAR, AGRADEZCO SU ATENCIÓN A LA PRESENTE.

SE ANEXA COPIA DE NOMBRAMIENTO OFICIAL DEL JEFE DE DEPARTAMENTO DE RELLENO SANITARIO.

ATENTAMENTE


ING. J. MAGDALENO RODRÍGUEZ ANGUIANO.
JEFE DE DEPARTAMENTO DE RELLENO SANITARIO REGIONAL.



RELLENO SANITARIO
REGIONAL
2018-2021

C.C.P. ARCHIVO.

PRESIDENCIA MUNICIPAL

Calle Sexta entre González y Morelos S/N, Zona Centro H. Matamoros, Tamaulipas, México. C.P. 87300 Tel. (868) 810.8000
www.matamoros.gob.mx

*Imagen 1. Carta de autorización para el uso de la información del archivo del Departamento de Relleno Sanitario Regional de Matamoros para la elaboración de esta tesis.
Imagen propia.*



Gobierno Municipal de
Matamoros

H. Matamoros, Tam., a 1 de octubre de 2018.

**ING. MAGDALENO RODRIGUEZ ANGUIANO
PRESENTE**

En ejercicio de las atribuciones que a mi cargo confieren los artículos 55 fracción VIII del Código Municipal para el Estado de Tamaulipas y 4 del Reglamento de la Administración Pública de Matamoros, Tam., he tenido a bien nombrarlo

JEFE DE DEPARTAMENTO DEL RELLENO SANITARIO

Con todas las facultades y responsabilidades que le confiere el Código Municipal para el Estado de Tamaulipas, el Reglamento de la Administración Pública de Matamoros, Tam., y las demás que establezcan las leyes.

**ATENTAMENTE
EL PRESIDENTE MUNICIPAL**



MTRO. MARIO ALBERTO LÓPEZ HERNÁNDEZ

EL SECRETARIO DEL AYUNTAMIENTO



SECRETARÍA
AYUNTAMIENTO
2018 - 2021

Imagen 2. Nombramiento del Jefe de Departamento de Relleno Sanitario Regional de Matamoros para la administración municipal 2018–2021.

Imagen propia.

1.4. Limitaciones

Las limitaciones de esta tesis también están definidas en tres rubros: tiempo, espacio y documental o confidencialidad.

En el caso del tiempo, el límite para presentar el “Proyecto de rescate y saneamiento del Relleno Sanitario de Matamoros” fue antes de la ceremonia del Primer Informe de Gobierno de la administración municipal 2018–2021 que se llevó a cabo en la primera semana de agosto de 2020. Sin embargo, otros proyectos relacionados que ya estaban en ejecución concluyeron durante las semanas y meses posteriores a esta ceremonia. En este documento se incluyen los aspectos más relevantes de los proyectos realizados.

Para el caso del espacio, la superficie que abarca el predio del relleno sanitario es el límite.

Por último, en el caso documental o confidencialidad, teniendo en cuenta el libre uso y acceso a la información del archivo del relleno sanitario, se debía tener en consideración que la información debía cumplir con los criterios establecidos por el jefe del Departamento de Relleno Sanitario Regional y que esta información no debía mostrar información confidencial o sensible. Asimismo, se hace del conocimiento público que el archivo de esta dependencia fue intencionalmente manipulado por las administraciones municipales pasadas, ya que se pudo constatar que el inventario de documentos se encontraba incompleto, faltaban páginas de ciertos documentos, incluso algunos documentos no fueron resguardados correctamente, por lo que la humedad favoreció el desarrollo de hongos, termitas, polillas y otros insectos que dañaron irreparablemente el acervo bibliográfico de esta dependencia municipal. Bajo estas circunstancias se trabajó con los documentos que pudieron ser rescatados y se encontraban completos.

1.5. Justificación

La justificación más importante es poner en contexto las consecuencias de una mala gestión operativa y administrativa de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos. Un sitio de disposición final es el lugar destinado para el confinamiento permanente de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial. Las características de un sitio de disposición final y sus actividades operativas se encuentran definidas dentro de la Norma Oficial Mexicana NOM–083–SEMARNAT–2003, la cual es aplicable en todo el territorio nacional.

Se enuncian las actividades operativas del sitio de disposición final de Matamoros conocido como “Relleno Sanitario Regional Matamoros Limpio” a manera de ejemplo, ya que cada municipio tiene sus propias características geográficas, demográficas, geológicas, climatológicas, territoriales, rasgos topográficos e hidrográficos, traza urbana, actividades industriales, actividades comerciales, limitaciones presupuestarias, entre otros aspectos, que deben tomarse en cuenta para poder tomar decisiones importantes y elaborar un plan de recolección de residuos domiciliarios y la disposición final de los mismos.

Generalmente, los municipios utilizan predios ubicados dentro de sus demarcaciones para llevar a cabo la disposición final de los desechos generados. Sin embargo, existen muchas excepciones como el caso del municipio de Valle Hermoso que realiza la disposición final de sus residuos en Matamoros, Tamaulipas.

El sitio de disposición final de Matamoros se construyó en un predio que fue adquirido a un particular y fue pagado con fondos proporcionados por el gobierno federal mexicano, el gobierno del Estado de Tamaulipas (ver la *Imagen 3*), los gobiernos municipales de Matamoros y Valle Hermoso y con aportaciones del Banco

de Desarrollo de América del Norte que les otorgó 2 millones de dólares a fondo perdido (ver la *Imagen 4*). (Banco de Desarrollo de América del Norte, 2007).

Para la gran mayoría de los municipios del territorio nacional, contar con un relleno sanitario que cumpla con los requisitos mínimos establecidos en la NOM-083-SEMARNAT-2003 es más que una hazaña porque la operación del mismo demanda grandes sumas de dinero y, que generalmente, las administraciones municipales no tienen esos presupuestos a su disposición. Además, es muy difícil encontrar personal preparado y competente que pueda hacerse cargo de las operaciones de los rellenos sanitarios. A nivel nacional, lo más común es encontrar sitios no controlados (tiraderos a cielo abierto) y sitios controlados operados por las administraciones municipales.

A pesar de contar con una superficie extensa, haber recibido recursos financieros de diversas entidades gubernamentales y haber cumplido con todos los requisitos exigidos en la NOM-083-SEMARNAT-2003, el relleno sanitario de Matamoros fue el foco de atención de las autoridades ambientales del Gobierno del Estado de Tamaulipas, de organizaciones ambientalistas y de la prensa durante los últimos meses de la administración municipal de Matamoros 2015-2018. Esta indeseada atención se debía al estado de abandono evidente en sus instalaciones y celdas de confinamiento. Además, los impactos ambientales ya se podían observar fuera de los límites del predio del sitio de disposición final.

En esta tesis se enuncian los problemas detectados y cómo fueron abordados. En los capítulos finales se muestra cómo se utilizaron los recursos para cumplir con los objetivos particulares hasta cumplir con el objetivo general más importante que es el rescate y saneamiento del relleno sanitario de Matamoros.



*Imagen 3. Letrero colocado en la entrada del relleno sanitario durante su etapa de construcción.
Imagen cortesía del Ing. Magdaleno Rodríguez.*



> Nuestros proyectos > Proyectos de infraestructura

Matamoros, Tamaulipas, México

Proyecto Regional de Manejo de Residuos Sólidos para Matamoros y Vallehermoso, Tamaulipas.

Estado de avance: Concluido



General

Sector

Gestión de residuos

Promotor

Ayuntamiento de Matamoros

Población beneficiada

489,193 people

Fecha de certificación

marzo 26, 2007

Construcción de un relleno sanitario regional, incluye tres estaciones de transferencia y clausura de tiraderos a cielo abierto y un relleno existente, también incluye la maquinaria y equipo para la recolección y operación del relleno sanitario en el municipio de Valle Hermoso.

Documentos relacionados

[Documento de certificación](#)

[Informe de cierre](#)



Imagen 4. Portal de internet oficial del Banco de Desarrollo de América del Norte (BDAN) con la información general del proyecto. (Banco de Desarrollo de América del Norte, 2007).

2. ANTECEDENTES DEL PLAN DE TRABAJO

2.1. Diagnóstico de la crisis ambiental y operativa a resolver

El día 1 de octubre de 2018, en el municipio de Matamoros del Estado de Tamaulipas, entró en funciones una nueva administración municipal para el período 2018–2021 a cargo del Mtro. Mario Alberto López Hernández que fue elegido presidente municipal constitucional. (Gobierno Municipal de Matamoros 2018-2021, 2019)

Antes del acto de entrega–recepción, la administración municipal realizó un análisis detallado de la situación operativa y financiera de todas las dependencias municipales que se iban a recibir por parte de la administración municipal saliente y se detectaron muchos problemas. En general, las dependencias municipales se encontraban en una situación crítica, entre ellas, el Departamento de Relleno Sanitario Regional. Por estas razones, el Mtro. Mario Alberto López nombró como jefe del Departamento al Ing.

Magdaleno Rodríguez Anguiano con la encomienda de resolver los problemas de esa dependencia a la brevedad (ver la *Imagen 2*).

Los incendios dentro del Relleno Sanitario de Matamoros se volvieron tan frecuentes y más difíciles de controlar que desencadenaron una ola de quejas y denuncias ante las autoridades estatales medioambientales (ver la *Imagen 5*). Los productores ganaderos que viven alrededor del predio del relleno sanitario fueron los más afectados, ya que los residuos se esparcieron hacia el interior de sus ranchos llegando a ser ingeridos por el ganado y el temor de que los incendios pudieran propagarse hacia sus propiedades crecía entre la comunidad ganadera (ver las *Imágenes 21 y 22*).

Simultáneamente, otros problemas comenzaron a manifestarse y no tardaron en afectar a otras dependencias municipales tales como el Departamento de Limpieza Pública. La falta de mantenimiento de los caminos en el interior del relleno sanitario provocó que los vehículos y camiones recolectores se quedaran atascados, llegando a permanecer hasta 90 minutos en el interior de las instalaciones, hasta que finalmente lograran ser liberados. Este tipo de incidentes consume bastante tiempo de la jornada laboral de las unidades recolectoras del Departamento de Limpieza Pública y tiene dos consecuencias directas.

La primera consecuencia es que aumenta drásticamente el tiempo de recolección de cada ruta. Si los tiempos de recolección de cada ruta aumentan, esto significa que en un día un camión recolector puede recorrer menos rutas y, por lo tanto, termina recorriendo menos colonias dentro de la ciudad. Un camión recolector podría recorrer como máximo 3 rutas durante una jornada laboral, sin embargo, por lo general realizan el servicio de recolección en dos rutas por jornada laboral. Con los problemas de incendios fuera de control y caminos en mal estado en el interior del relleno sanitario muchas unidades recolectoras sólo lograban completar 1 ruta de recolección durante la jornada laboral.

La segunda consecuencia es que un camión recolector que recorre menos rutas deja sin servicio a muchos usuarios. Cada ruta está definida por un polígono que contiene calles, avenidas y hasta colonias enteras.

Una consecuencia directa de los incendios en el interior del relleno sanitario, es que los empleados del Departamento de Limpieza Pública estuvieron expuestos al humo proveniente de la incineración de los residuos en el frente de tiro. La inhalación prolongada del humo proveniente de las celdas de disposición final y del frente de tiro expone a los trabajadores a contraer enfermedades de las vías respiratorias. Algunas de estas enfermedades que se pueden contraer en el largo plazo son el enfisema pulmonar y la bronquitis.

Asimismo, el humo combinado con el viento también causa infecciones e irritaciones en los ojos.

Por último, dependencias como Protección Civil de los municipios de Matamoros y Valle Hermoso, así como los bomberos pasaban más tiempo dentro del relleno sanitario combatiendo los incendios y conatos de incendio que en sus respectivas ciudades atendiendo emergencias.

Como consecuencia de los problemas mencionados, la calidad del servicio de recolección sufrió un deterioro tan evidente que las calles, avenidas, hogares, hospitales, fábricas, mercados, edificios públicos y hasta en los espacios públicos al aire libre comenzaron a tener acumulaciones de basura durante varios días. Además, como información adicional, el Departamento de Limpieza Pública recibió sus unidades de recolección en un estado deplorable con muchos vehículos detenidos en el taller esperando su reparación y adquisición de refacciones por lo que la administración municipal estaba muy limitada en sus capacidades para prestar el servicio público de recolección de residuos a la ciudadanía con eficiencia.



*Imagen 5. Connato de incendio en una celda clausurada. A la izquierda se aprecia una retroexcavadora.
Imagen propia.*

Por último, se descubrió que el Departamento de Relleno Sanitario tenía adeudos y pagos pendientes con varios proveedores de camiones y maquinaria pesada. Inicialmente, la maquinaria pesada dejó de recibir mantenimiento y eventualmente fue retirada del relleno sanitario debido al incumplimiento de pagos por concepto de renta y mantenimiento (ver la *Tabla 7*). Con estas acciones por parte de los proveedores, los problemas en el interior del relleno sanitario se agudizaron más.

El uso de la maquinaria pesada es indispensable en las actividades de compactación, conformación y cobertura de los residuos en el frente de tiro para evitar que los desechos expuestos al aire libre sirvan de combustible para los incendios (ver las *Imágenes 6, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125 y 126*) y de alimento para la fauna nociva que puede transmitir enfermedades peligrosas para el ser humano.

En este contexto, entra en funciones la nueva administración del relleno sanitario de Matamoros para mitigar el impacto ambiental ocasionado por la incorrecta disposición final de los residuos y prestar los servicios que están a su cargo de manera eficiente.



*Imagen 6. Cortina de humo proveniente de los incendios en las celdas de disposición final visible en el frente de tiro.
Imagen propia.*

2.2. Actividades realizadas en el Relleno Sanitario Regional

Durante las primeras semanas del año 2019, los obreros y clase trabajadora de la ciudad de Matamoros iniciaron huelgas para demandar una mejora sustancial en sus prestaciones laborales y, con la mediación de sus respectivos sindicatos, comenzaron negociaciones con los representantes de las distintas empresas, principalmente de la industria manufacturera, las cuales no prosperarían prolongando las huelgas durante varios meses. (El Financiero, 2019).

En ese mismo contexto, los trabajadores del Departamento de Limpieza Pública dan inicio al paro de actividades. Esta huelga fue breve pero suficiente para demostrar que también existían inconformidades al interior de las dependencias municipales. En general, el clima laboral en la ciudad era muy tenso, desconcertante e impredecible. (El Sol de Tampico, 2019).

En febrero de 2019, fui entrevistado por funcionarios municipales de Matamoros para incorporarme como empleado del Departamento de Relleno Sanitario Regional. Los funcionarios hicieron de mi conocimiento los problemas operativos por los cuales estaba atravesando la dependencia municipal, la crisis ambiental que se pretendía resolver antes del Primer Informe de Gobierno, y las necesidades económicas y de maquinaria que estaban entorpeciendo la operación del relleno sanitario.

Después de entregar mis documentos y realizar un recorrido de bienvenida en las instalaciones del relleno sanitario acompañado por el Jefe del Departamento de Relleno Sanitario, el Ing. Magdaleno Rodríguez Anguiano, fui dado de alta con el puesto de Coordinador en abril de 2019 (ver la *Imagen 1*).

El Ing. Magdaleno Rodríguez me acompañó en varios recorridos al interior del relleno sanitario para investigar el origen de los problemas, determinar su causa-raíz y proponer medidas correctivas (ver las *Imágenes 126 y 129*).

Después de evaluar todos los hallazgos y determinar su causa-raíz, se realizaron juntas con todos los empleados de esta dependencia municipal para establecer planes de trabajo con sus respectivos cronogramas para poder solucionar los problemas ambientales y operativos antes del Primer Informe de Gobierno de la administración municipal 2018–2021.

Estos planes de trabajo y sus respectivos resultados se describen en los capítulos 7 y 8 de esta tesis.

A continuación, se describe un breve panorama general de la gestión de residuos en el Estado de Tamaulipas para conocer la infraestructura con la que cuentan los municipios y su capacidad operativa para llevar a cabo la disposición final de residuos, con la finalidad de visualizar cómo se encuentra el municipio de Matamoros respecto al resto de los municipios de esta entidad fronteriza.

2.3. Panorama general de la gestión de residuos en el Estado de Tamaulipas

En el estado se generan 83,844 toneladas mensuales de residuos sólidos urbanos de las cuales se recolectan sólo 77,504, esto significa que sólo se atiende a una población de 2,981,845 habitantes que equivale al 92% de la población estatal. Además, al mes se generan 44,471 toneladas de residuos de manejo especial. (Cavazos Llitas, y otros, 2013).

Del total de los residuos recolectados a nivel estatal, el 79% proviene de los 7 municipios con mayor población:

- Reynosa (22%)
- Matamoros (17%)
- Nuevo Laredo (14%)
- Victoria (8%)
- Tampico (8%)
- Madero (5%)
- Altamira (5%)

El restante 21% proviene de los 36 municipios restantes. (Cavazos Lliteras, y otros, 2013).

En el estado se han contabilizado 63 sitios de disposición final, de los cuales 8 son rellenos sanitarios y 55 son tiraderos a cielo abierto. Los 8 rellenos sanitarios se ubican en los municipios de: Nuevo Laredo, Camargo, Matamoros, Tula, El Mante, Altamira y Reynosa que cuenta con 2 rellenos sanitarios. (Cavazos Lliteras, y otros, 2013).

Cuatro de estos rellenos sanitarios son regionales: el ubicado en Camargo se llama Frontera Ribereña, el que se encuentra en El Mante se llama Región Cañera, el ubicado en Altamira se llama Zona Conurbada y el de Matamoros se llama Matamoros Limpio.

Los rellenos sanitarios regionales brindan servicio a los siguientes municipios:

- Frontera Ribereña: Gustavo Díaz Ordaz, Mier, Guerrero, Miguel Alemán, y Camargo.
- Región Cañera: El Mante, Xicoténcatl, Gómez Farías, Antiguo Morelos, y Nuevo Morelos.
- Zona Conurbada: Altamira, Ciudad Madero, y Tampico.
- Matamoros Limpio: Matamoros y Valle Hermoso.

La cantidad de residuos recibidos en los rellenos sanitarios regionales es la siguiente:

- Frontera Ribereña: 1,690 toneladas mensuales.
- Región Cañera: 2,263 toneladas mensuales.
- Zona Conurbada: 20,040 toneladas mensuales.
- Matamoros Limpio: 10,080 toneladas mensuales.

En los 8 rellenos sanitarios del estado se disponen alrededor de 62,820 toneladas mensuales de residuos sólidos urbanos que equivalen al 73% del total generado en todo Tamaulipas. Asimismo, se disponen 843 toneladas mensuales de residuos de manejo especial. (Cavazos Lliteras, y otros, 2013).

En todo el estado sólo existen cuatro estaciones de transferencia que se encuentran en los municipios de Mier, Gustavo Díaz Ordaz, Matamoros y Antiguo Morelos. (Cavazos Lliteras, y otros, 2013).

Con estos datos del panorama general de la gestión de residuos a nivel estatal, con el conocimiento del marco jurídico federal, y utilizando la NOM-083-SEMARNAT-2003 como referencia, y con la información recopilada de fuentes hemerográficas, bibliográficas, de portales oficiales de internet, del archivo del Departamento del Relleno Sanitario y de testimonios de empleados y exempleados de esta dependencia

municipal, se elaboró un plan general de trabajo que se presentó ante el Jefe del Departamento de Relleno Sanitario Regional. Este Plan recibió su visto bueno y se fue ejecutando por etapas, tomando en cuenta las necesidades operativas del lugar, la gestión eficiente de los recursos disponibles y la urgencia de resolver los problemas heredados de la administración anterior.

Los resultados de este plan de trabajo se presentaron en un informe llamado *“Rescate del Relleno Sanitario de Matamoros”* durante una ceremonia en las instalaciones del Relleno Sanitario Regional el cual contó con la presencia de funcionarios municipales y estatales, miembros de instituciones académicas de Matamoros, activistas ambientales, representantes de empresas recolectoras de residuos y personas del sector empresarial que acompañaron al alcalde de Matamoros durante su visita. (Horizonte de Matamoros, 2019).

Durante la elaboración de este plan de trabajo se logró recopilar tanta información que incluso se puede reconstruir la historia detrás de la construcción y financiamiento del relleno sanitario de Matamoros. Asimismo, se cuenta con mucha información relacionada con los antecedentes históricos de la gestión de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial en esta región fronteriza de Tamaulipas. Por su importancia, relevancia y su relación con el tema principal de esta tesis se han incluido fragmentos de esta información recopilada y rescatada en los diferentes capítulos, aunque dicha información ya no forma parte del alcance de esta tesis.

2.4. Objetivos del plan de trabajo

El plan de trabajo debía resolver los problemas de impacto ambiental y contaminación heredados por la administración anterior. También debía restaurar las condiciones operativas del sitio para que pudiera brindar el servicio de disposición final con eficiencia y apegado a los lineamientos de la NOM-083-SEMARNAT-2003 y de la Ley General de Prevención y Gestión Integral de Residuos (LGPGIR) para ello se contaba con un plazo no mayor a 10 meses contados a partir de octubre de 2018.

Los resultados de este plan de trabajo se debían de presentar en un informe llamado *“Rescate del Relleno Sanitario de Matamoros”* el cual debía de ser entregado a la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE) del municipio de Matamoros a más tardar a finales de julio de 2019.

En agosto de 2019, este informe fue presentado durante una ceremonia ante funcionarios estatales y municipales, académicos de las instituciones educativas más importantes del municipio, representantes legales de las empresas que prestan el servicio de recolección particular en el municipio, activistas ambientales, ejidatarios y habitantes de las localidades cercanas al sitio de disposición final y a la prensa (ver las *Imágenes 7 y 158*) durante una ceremonia que se realizó en las instalaciones del relleno sanitario. (Horizonte de Matamoros, 2019).

Tras la ceremonia, el Departamento de Relleno Sanitario Regional recibió más financiamiento para concluir algunos proyectos pendientes y conseguir más maquinaria que sería utilizada en las actividades de compactación y conformación de residuos. Además, se rentaron más camiones de volteo que fueron utilizados en las actividades de cobertura de residuos.

Existe un fragmento de la “Ceremonia de Rescate y Saneamiento del Relleno Sanitario de Matamoros”, la cual fue grabada y se encuentra disponible en YouTube. El enlace para este video es el siguiente: <https://www.youtube.com/watch?v=qpUlfPHmYes>

En septiembre de 2019 se realizó otro evento relacionado con el Primer Informe de Gobierno en el Centro de Convenciones “Mundo Nuevo”. Este evento estuvo abierto al público para que fueran testigos de los avances del Plan de Rescate y Saneamiento del Relleno Sanitario Regional de Matamoros. El enlace del video de este evento es el siguiente: <https://www.youtube.com/watch?v=fNIYBNx72Gk>



*Imagen 7. El Ing. Magdaleno Rodríguez Anguiano, Jefe del Departamento de Relleno Sanitario Regional, y el alcalde, el Mtro. Mario Alberto López Hernández, durante la visita de inspección del avance de las actividades de rescate y limpieza del Relleno Sanitario al término de los primeros 10 meses de la administración.
Imagen propia.*

3. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL RELLENO SANITARIO REGIONAL

3.1. Acerca del Departamento de Relleno Sanitario Regional

3.1.1 Acerca del Ayuntamiento

El Ayuntamiento de Matamoros es una institución de orden público, que es la base de la organización política y administrativa del Estado Libre y Soberano de Tamaulipas, de acuerdo con el Artículo 115 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.

El domicilio del Ayuntamiento de Matamoros es calle Sexta s/n, entre las calles González y Morelos, colonia Centro, código postal 87300. Ciudad Heroica Matamoros, Tamaulipas (ver la *Imagen 8*).

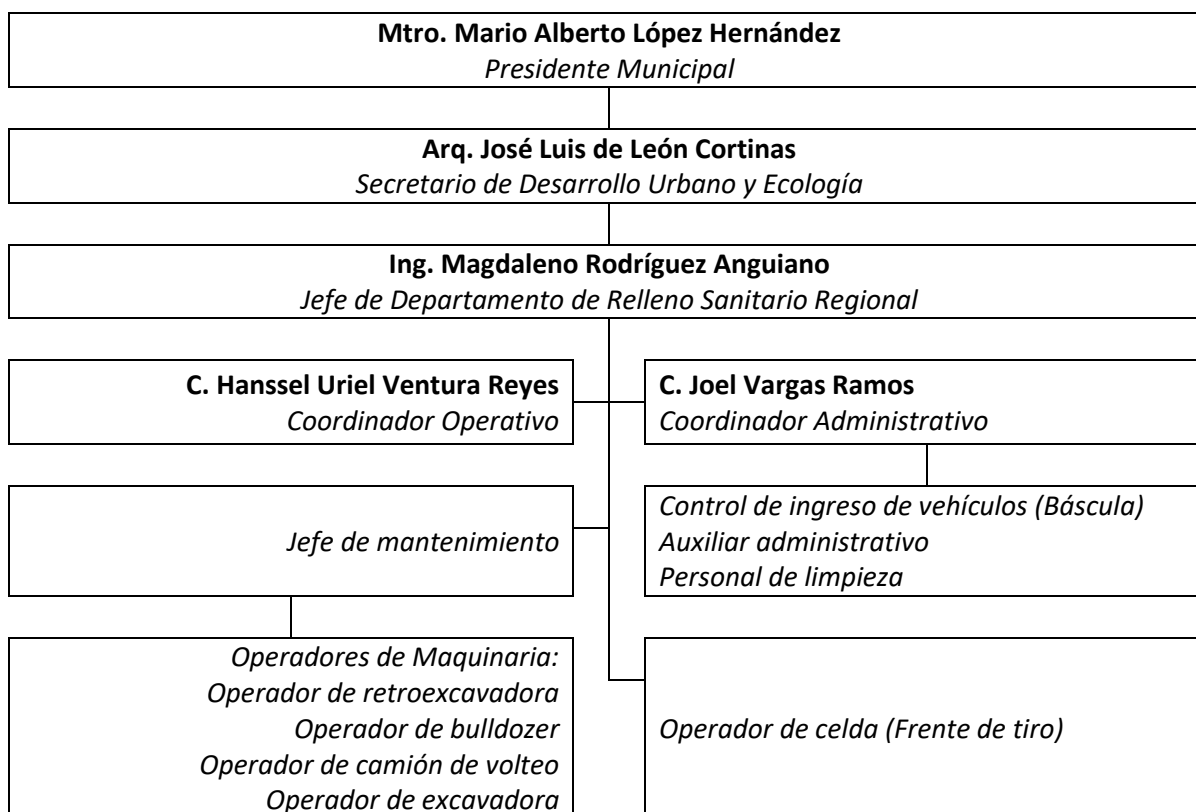
Los ciudadanos nacidos y residentes en el municipio eligieron como Presidente Municipal al Mtro. Mario Alberto López para el periodo 2018–2021, el cual comenzó el 1 de octubre de 2018 y terminó el 30 de septiembre de 2021. (Gobierno Municipal de Matamoros 2018-2021, 2019).



Imagen 8. Fachada de la Presidencia Municipal de Matamoros.
Imagen propia.

3.1.2 Organigrama laboral

En el siguiente organigrama se pueden ver las líneas de mando que parten desde la presidencia municipal hasta los empleados del relleno sanitario.



El Departamento de Relleno Sanitario Regional contó con una plantilla de 15 empleados de los cuales sólo dos personas pertenecen al Sindicato de Trabajadores al Servicio del Municipio de Matamoros, Tamaulipas (ver la *Imagen 9*). El resto del personal era de contrato. (Departamento de Relleno Sanitario Regional, 2019).

Adicionalmente se tienen 4 operadores de maquinaria pesada de una empresa contratista y dos mecánicos de máquinas diesel que laboran dentro del Relleno Sanitario Regional y pertenecen a otra empresa contratista.



*Imagen 9. Parte del personal adscrito al Departamento de Relleno Sanitario Regional.
Imagen propia.*

3.2. Información acerca del Relleno Sanitario Regional

3.2.1 Nombre del sitio

Relleno Sanitario Regional “Matamoros Limpio”



Imágenes 10 y 11. Arcos ubicados en la entrada del Relleno Sanitario Regional de Matamoros con la cromática y el logotipo de la administración municipal 2018–2021.

Imágenes propias.

3.2.2 Descripción de los rasgos constructivos

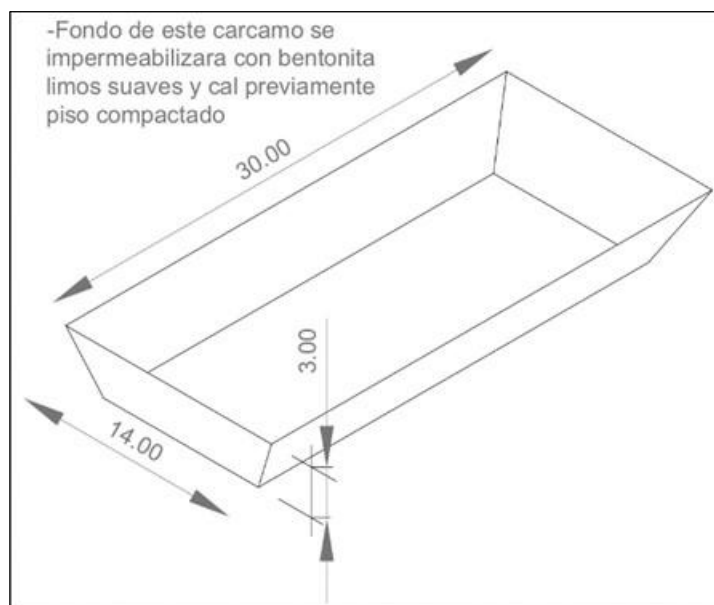
Es un relleno sanitario tipo A, de acuerdo con el sistema de clasificación establecido en la Norma Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003, utilizado para la disposición final de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial provenientes de los municipios de Matamoros y Valle Hermoso.

La selección del sitio, el diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de este proyecto ha sido concebido bajo las especificaciones de protección ambiental establecidas en la norma oficial mexicana.

El proyecto como tal consiste en un grupo de celdas para disposición final que se construyeron de la siguiente manera: primero se realizaron socavones de 2.50 metros de profundidad, después se realizó una impermeabilización de estos socavones con geomembranas de polietileno de alta densidad (HDPE) las cuales fueron termofusionadas para evitar la fuga de lixiviados hacia el acuífero y, posteriormente, se les colocó una capa de arcillas compactada para evitar que los objetos punzocortantes contenidos en los residuos pudieran romper la geomembrana. Posteriormente se llenaron las fosas con residuos sólidos. (ETEISA, 2006).

Una vez rellenas las fosas con residuos y recuperada la topografía original se realizó la disposición de los residuos en plataformas que consisten en capas, de aproximadamente 3 metros de altura cada una, hasta totalizar 3 capas. Los taludes de las plataformas tienen pendientes 3:1. (ETEISA, 2006). El diseño de las celdas de disposición final se puede observar en la *Imagen 13* que aparece más adelante.

Los cárcamos colectores de lixiviados se realizaron con una profundidad de 3.0 metros, con un ancho de 14.0 metros y un largo de 30.0 metros. El diseño de los cárcamos colectores de lixiviados se ilustra con la *Imagen 12* que aparece a continuación.



*Imagen 12. Diseño del cárcamo colector de lixiviados.
Imagen cortesía del Ing. Magdaleno Rodríguez.*

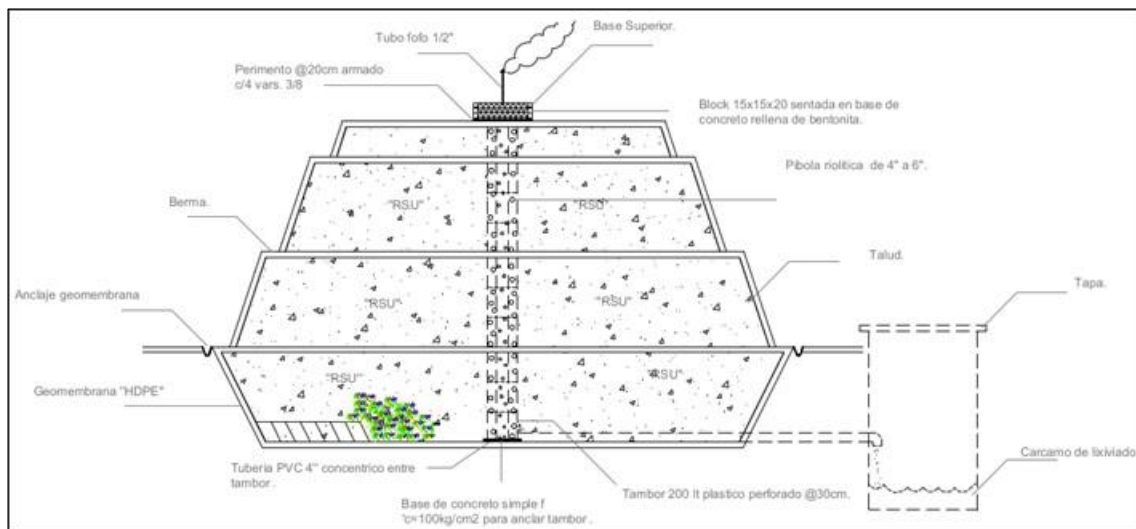


Imagen 13. Desde la etapa de diseño se propuso que los pozos de biogás, cárcamos y sistemas colectores de lixiviados se realizaran con estas características en todas las celdas del relleno sanitario. (ETEISA, 2006).

La *Imagen 13* muestra el diseño empleado en la construcción de los pozos de biogás, mientras que las *Imágenes 14, 15 y 16* muestran los materiales y componentes empleados en su construcción. Todas las celdas de confinamiento deben incluir este elemento constructivo ya que cumple con la función de permitir la liberación de los gases que se generan a partir de la degradación de la materia orgánica contenida en los residuos sólidos urbanos. El biogás tiene dos cualidades que lo hacen particularmente peligroso: es inflamable y explosivo.

En la *Imagen 14* se puede apreciar que en el extremo final del pozo de biogás hay una antorcha instalada. La antorcha permite la quema del biogás de una forma segura y con ello se da cumplimiento al punto 7.2 de la NOM-083-SEMARNAT-2003.

Asimismo, en la *Imagen 13* se puede distinguir el diseño del sistema de captación de lixiviados donde sus elementos más visibles son el cárcamo colector de lixiviados (ver las *Imágenes 12 y 17*) y el pozo de extracción de lixiviados (ver la *Imagen 17*). Con el cárcamo y el pozo del sistema colector de lixiviados se permite la captación y extracción del lixiviado con los cuales se da cumplimiento al punto 7.3 de la NOM-083-SEMARNAT-2003.

Asimismo, el punto 7.3 de la norma oficial mexicana establece que los lixiviados deben ser tratados, sin especificar el tipo de tratamiento físico o químico que deben recibir.

Es de conocimiento público que en esta región de Tamaulipas hay mucho viento y las tasas de evaporación son muy altas, por esta razón, los cárcamos colectores de lixiviados además de permitir la captación de lixiviados, también cumplen con otra función. Su otra función es operar como estanques de evaporación donde la radiación solar permite la evaporación y la reducción del volumen de lixiviados. La evaporación solar es el tratamiento físico que se les aplica a los lixiviados del relleno sanitario de Matamoros.



*Imagen 14. A la izquierda de esta imagen aparece el presidente municipal mientras que en el lado derecho aparece el Ing. Magdaleno Rodríguez observando un pozo de biogás.
Imagen tomada del portal de internet matamoros.gob.mx el día 24/02/2020.*



*Imagen 15. Al centro de la imagen aparece el alcalde tocando un tambo de plástico azul mientras que a su izquierda está el Ing. Magdaleno Rodríguez. Estos tambos se utilizan en la construcción de pozos de biogás.
Imagen tomada del portal de internet matamoros.gob.mx el día 24/02/2020.*



Imágenes 16 y 17. La imagen de la izquierda corresponde a un modelo escala real de un pozo de biogás donde destacan el tambo de plástico y el tubo de PVC ambos con perforaciones. La imagen de la derecha corresponde a un pozo de extracción de lixiviados que se encuentra conectado a un cárcamo colector que se alcanza a apreciar al fondo de la misma imagen.

Imágenes propias.



Imagen 18. Vista desde la base de una celda clausurada donde se observa al fondo del lado derecho en color amarillo dos máquinas descompuestas en proceso de baja del patrimonio municipal. En la Imagen 19 se observa desde la misma celda, pero desde otra perspectiva.

Imagen propia.



Imagen 19. Vista desde la cima de la celda clausurada donde se observa otra máquina descompuesta y al fondo del lado izquierdo se alcanza a observar una loma que corresponde a otra celda clausurada. La topografía de la región es plana con pendientes máximas de 2%. Imagen propia.

3.2.3 Ubicación física del sitio

El Relleno Sanitario Regional se localiza al sur de la ciudad de Matamoros en Tamaulipas. Sus coordenadas medias son: 25°41'58" de latitud norte y 97°34'55" de longitud oeste, y se encuentra a una altura de 17 metros sobre el nivel del mar. (Dirección General de Medio Ambiente de Tamaulipas, 2006).

Se ubica en el kilómetro 21.6 de la Carretera Federal 101 Matamoros–Cd. Victoria, a menos de 1 kilómetro del Ejido El Pereño y a 600 metros del entronque con la Carretera Estatal que dirige al Puerto El Mezquital. En la entrada del relleno sanitario se encuentran dos arcos grandes que dan la bienvenida a los visitantes y usuarios del servicio de disposición final (ver las *Imágenes 10 y 11*).

El predio del Relleno Sanitario Regional se encuentra fuera de cualquier área natural protegida (ANP). El Área Natural Protegida Laguna Madre y Delta del Río Bravo se encuentran a más de 20 kilómetros de distancia del relleno sanitario.

3.2.4 Superficie del predio del sitio

El predio del relleno sanitario abarca un área total de 113.16 hectáreas, de las cuales sólo se ocuparon en la primera fase 34.19 hectáreas para la construcción de las celdas, caminos, oficinas, zona de amortiguamiento y demás instalaciones. (ETEISA, 2006).

La superficie del Relleno Sanitario tiene una forma irregular y topografía plana (ver la *Imagen 20*).



Imagen 21. Los predios que se encuentran alrededor del Relleno Sanitario Regional están dedicados para la ganadería extensiva. Se tratan de rancherías donde el ganado vacuno y equino se alimentan de pasto que crece de manera natural en el terreno. Algunas pequeñas rancherías cuentan con criaderos de pollos y ovejas. A cierta distancia del Relleno Sanitario Regional existen tierras cultivadas, el cultivo principal en esta región de Tamaulipas es el sorgo y este cultivo incluso aparece en el escudo del Estado.

Esta fotografía fue tomada sobre la Carretera Federal 101 Matamoras–Cd. Victoria a menos de 3 kilómetros del relleno sanitario.

Imagen propia.



Imagen 22. Fotografía de una vaca que ha escapado de su corral en busca de sombra y alimento debajo de un árbol de mezquite. La ganadería es una tradición estatal y es por ello que en el escudo del Estado de Tamaulipas aparecen un toro y una vaca indicando la vocación pecuaria de la entidad. Ocasionalmente cuando el ganado logra escapar de los ranchos vecinos, ingresa al interior del Relleno Sanitario Regional.

Imagen propia.

3.2.7 Vías de acceso

El acceso al sitio se realiza directamente a través de la Carretera Federal 101 Matamoros–Ciudad Victoria, en dirección al sur, a la altura del kilómetro 21+600, antes de llegar a la Garita conocida como “El 22” (Aduana Vieja).

3.2.8 Dotación de servicios

El Relleno Sanitario Regional cuenta con los siguientes servicios instalados:

- Aire acondicionado en las oficinas administrativas
- Agua potable suministrada a través de pipas de la Junta de Aguas y Drenaje de Matamoros (JAD)
- Energía eléctrica suministrada por la Comisión Federal de Electricidad (CFE)
- Área de comedor
- Instalaciones sanitarias
- Letrinas con fosa séptica instaladas cerca de los accesos a los frentes de tiro

3.2.9 Infraestructura e instalaciones al interior

El Relleno Sanitario Regional cuenta con la siguiente infraestructura:

- Oficinas administrativas (ver la *Imagen 23*)
- Camino principal de acceso pavimentado
- Caminos secundarios y perimetrales del sitio de disposición final de terracería
- Señalización vial al interior del predio
- Área de mantenimiento de maquinaria pesada y vehículos (ver la *Imagen 23*)
- Bodega almacén de herramienta y equipos
- Báscula de 80 toneladas de capacidad marca Revuelta (ver la *Imagen 23*)
- Cerca perimetral
- 1 pozo conectado a un cárcamo de captación y almacenamiento de lixiviados
- Pozos de biogás
- Franjas de amortiguamiento alrededor del predio
- Celda de disposición de residuos orgánicos con área de compostaje
- Celda de disposición de residuos sólidos urbanos (frente de tiro)
- Plataformas de contingencia para disposición de residuos
- Postes con faros de iluminación tipo estado instalados en el camino principal de acceso



*Imagen 23. Plano del Relleno Sanitario Regional. El predio encerrado en el polígono rojo corresponde a las 113.16 hectáreas que abarca el proyecto.
La primera celda que comenzó operaciones fue la celda de emergencia.
Imagen cortesía del Ing. Magdaleno Rodríguez.*

3.3. Operación del Relleno Sanitario

3.3.1 Inicio de operaciones

El día 4 de agosto de 2005, personal técnico de la Dirección de Recursos Naturales y Medio Ambiente de la Secretaría de Obras Públicas, Desarrollo Urbano y Ecología (SOPDUE) del Gobierno del Estado de Tamaulipas, realizó una visita técnica al lugar destinado para la construcción del relleno sanitario. En su informe de visita técnica al sitio verificaron el alto grado de impacto ambiental debido a que en años anteriores había operado un centro acuícola que ocupó la mayor parte de la superficie del predio. Se contabilizaron 12 estanques acuícolas y varias construcciones ya deterioradas por el desuso, las cuales sirvieron como oficinas, almacenes o bodegas. (SOPDUE, 2006)

Asimismo, constataron que existían caminos de acceso al interior del predio bien definidos y que no había cuerpos de agua o pozos de aprovechamiento en la periferia o al interior del predio.

En lo que respecta a la flora presente en el predio, observaron que predominan especies de vegetación secundaria producto del impacto antropogénico en el sitio, sobresaliendo pequeños manchones de mezquital dispersos en toda la superficie del predio. (SOPDUE, 2006).

La inauguración oficial del Relleno Sanitario Regional ocurrió el día 21 de noviembre de 2005 cuando los vehículos oficiales de los municipios de Matamoros y Valle Hermoso comenzaron a disponer sus residuos en la celda de emergencia (ver las *Imágenes 24, 25, 26, 27 y 28*).

El 16 de enero de 2006, la Dirección General de Medio Ambiente de Tamaulipas (DGMAT) realizó la evaluación de la Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad General para el Proyecto Relleno Sanitario Regional en Matamoros, y emitió un dictamen mediante el resolutive MIA/065/2005. En el dictamen se establece que el proyecto es procedente. Sin embargo, este resolutive contiene una condicionante la cual es realizar un estudio de riesgo aviario y establecer medidas de control y seguridad para las operaciones aeronáuticas del Aeropuerto General Servando Canales.

(Dirección General de Medio Ambiente de Tamaulipas, 2006).



Imagen 24. Inicio de operaciones del Relleno Sanitario Regional.

Fotografía del primer camión recolector que dispone sus residuos en el Relleno Sanitario Regional. Al fondo de la imagen se puede apreciar la colocación de geomembranas en la celda (de color negro).

Imagen cortesía del Ing. Magdaleno Rodríguez.



*Imagen 25. Inicio de operaciones del Relleno Sanitario Regional.
Disposición de residuos sólidos urbanos en la celda de emergencia
(la primera celda que estuvo en funciones).*

*Al fondo de la imagen se puede apreciar la colocación de geomembranas en la celda (de color negro).
Imagen cortesía del Ing. Magdaleno Rodríguez.*



*Imágenes 26 y 27. Inicio de operaciones del Relleno Sanitario Regional.
Placa de inauguración del proyecto y visita de funcionarios del
gobierno estatal y municipal para supervisar el inicio de operaciones.
Imágenes cortesía del Ing. Magdaleno Rodríguez.*

Para que el relleno sanitario pudiera operar sin restricciones se elaboró un Estudio de Riesgo Aviario para la aeronáutica civil conforme a los lineamientos requeridos por la NOM-083-SEMARNAT-2003, tomando en consideración su ubicación geográfica y su distancia respecto al Aeropuerto Servando Canales. (Dirección de Control Ambiental, SEDUE de Matamoros, Estudio de riesgo aviario para la aeronáutica civil por el Proyecto de Relleno Sanitario del municipio de Matamoros, Tamaulipas, 2005).



*Imagen 28. Inicio de operaciones del Relleno Sanitario Regional.
Arcos en la entrada del Relleno Sanitario con la cromática de
la administración que inauguró el proyecto.
Imagen cortesía del Ing. Magdaleno Rodríguez.*

A continuación, en la *Tabla 1* se presenta un programa de ejecución de tareas que abarcan las diferentes etapas del proyecto.

Actividad	Año					
	2005	2006	2007	2008	2013	2016
Construcción y equipamiento de primera etapa del relleno sanitario regional	x	x				
Construcción y equipamiento de segunda etapa del relleno sanitario regional					x	
Construcción y equipamiento de tercera etapa del relleno sanitario regional						x
Construcción y equipamiento de estaciones de transferencia en Matamoros			x	x		
Clausura de tiradero a cielo abierto en Matamoros "Basurero Municipal" (ver la <i>Imagen 30</i>)			x	x		

*Tabla 1. Programa de ejecución de tareas y obras complementarias del proyecto de Relleno Sanitario Regional en Matamoros, Tamaulipas.
(Banco de Desarrollo de América del Norte, 2007).*

3.3.2 Residuos recibidos en los primeros meses de operación

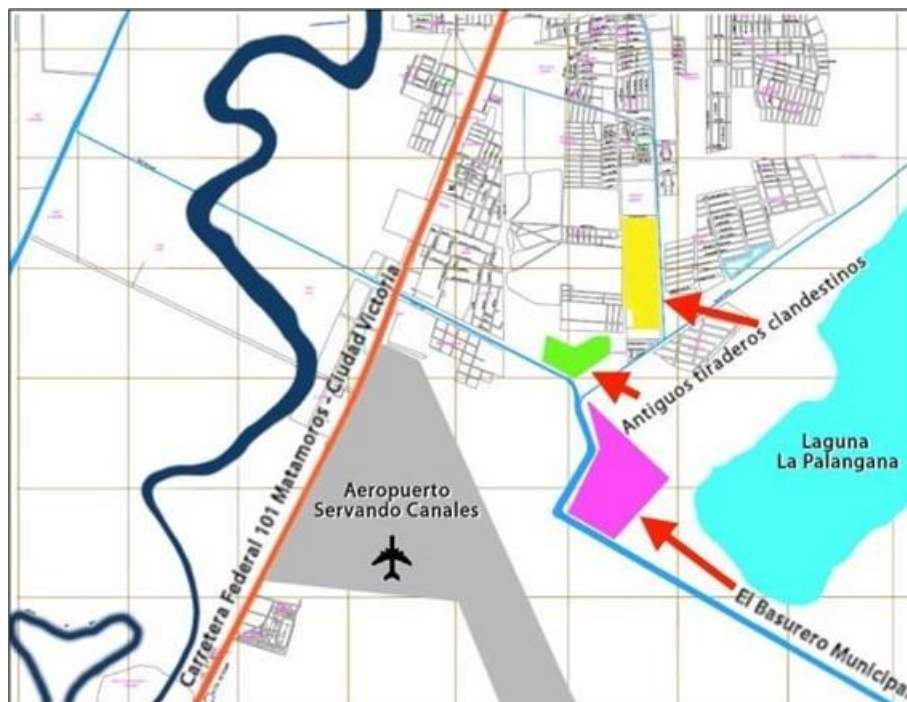
El incremento gradual en la cantidad de residuos que ingresaron mensualmente se debe a que a finales de noviembre entró en operaciones el relleno sanitario por lo que el registro del mes de noviembre no está completo y que simultáneamente los residuos se transportaban a un tiradero a cielo abierto, conocido como el “Basurero Municipal” (ver la *Imagen 30*), que se encontraba a mitad de camino del recién inaugurado relleno sanitario. (Chapman & De Los Reyes, 2007). La ubicación del antiguo “Basurero Municipal” aparece en la *Imagen 29*.

Con el inicio de operaciones de la celda de emergencia dentro del relleno sanitario se comenzaron a disponer adecuadamente los residuos de los municipios de Matamoros y Valle Hermoso y con ello también comenzaron los trabajos de clausura y saneamiento del tiradero a cielo abierto. Estos datos se pueden verificar en la *Tabla 2* que aparece a continuación. La celda de emergencia (actualmente clausurada) tiene una extensión de 0.9 hectáreas. La primera celda de disposición final (actualmente clausurada) tiene una extensión de 4.2 hectáreas.

Periodo		Ingreso de residuos (en toneladas)	
Año	Mes	Total mensual	Promedio diario
2005	Noviembre	1,542	51.40
	Diciembre	3,198	103.16
2006	Enero	4,212	135.87
	Febrero	4,239	151.39
	Marzo	4,297	138.61
	Abril	4,743	158.51
	Mayo	5,270	170.00
	Junio	6,515	217.17
	Julio	9,867	318.29
	Agosto	10,040	323.87
	Septiembre	10,107	336.90
	Octubre	10,920	352.25
	Noviembre	10,227	340.90
	Diciembre	11,527	371.84
2007	Enero	11,245	362.74
	Febrero	11,371	406.11
	Marzo	13,244	427.23
	Abril	11,511	383.70
	Mayo	12,215	394.03
	Junio	11,944	398.13
	Julio	13,005	419.52
	Agosto	13,415	432.74
	Septiembre	14,241	474.70

	Octubre	16,475	531.45
	Noviembre	13,998	466.60
	Diciembre	13,995	451.45

*Tabla 2. Inicio de operaciones del Relleno Sanitario Regional.
Registro del ingreso de residuos a las celdas de disposición final durante los primeros 26 meses
de operación del relleno sanitario.
(Departamento de Relleno Sanitario Regional, 2007).*



*Imagen 29. Ubicación del “Basurero Municipal” o tiradero a cielo abierto (en color magenta) el cual se encontraba a 1.6 kilómetros del Aeropuerto General Servando Canales. Este sitio dejó de operar en noviembre de 2005 y finalmente fue clausurado en 2007.
Modificado de (Chapman & De Los Reyes, 2007).*



*Imagen 30. Antiguo tiradero a cielo abierto de Matamoros (El Basurero Municipal). Este sitio recibía en promedio 400 toneladas diarias. En esta fotografía se logra apreciar la torre de control del Aeropuerto General Servando Canales dentro del rectángulo color rojo. El predio de este antiguo sitio de disposición final aparece dentro de un polígono magenta en la Imagen 29.
Imagen cortesía del Ing. Magdaleno Rodríguez.*

3.3.3 Residuos recibidos en los últimos meses de operación

En la *Tabla 3* se muestra la cantidad de residuos que han ingresado al relleno sanitario durante la administración municipal 2018–2021.

Periodo		Ingreso de residuos (en toneladas)	
Año	Mes	Total mensual	Promedio diario
2018	Octubre	14,984.3	483.36
	Noviembre	15,584.3	519.47
	Diciembre	16,230.7	523.57
2019	Enero	16,083.1	518.81
	Febrero	13,981.0	499.32
	Marzo	14,786.6	476.99
	Abril	17,358.0	578.60
	Mayo	18,510.2	597.10
	Junio	17,897.2	596.57

*Tabla 3. Registro de los residuos sólidos urbanos que han ingresado a las celdas de disposición final del Relleno Sanitario Regional de Matamoros.
(Departamento de Relleno Sanitario Regional, 2019).*

3.4. Información acerca de las actividades operativas del Relleno Sanitario

3.4.1 Horario de trabajo

El sitio opera las 24 horas del día de lunes a domingo, incluyendo los días festivos. Cuenta con tres turnos de trabajo los cuales son: matutino, de 7:00 horas a 15:00 horas, vespertino, de 15:00 horas a 23:00 horas y nocturno, de 23:00 horas a las 7:00 horas del día siguiente. (Departamento de Relleno Sanitario Regional, 2019). El turno matutino es el de mayor actividad, por lo tanto, la mayor parte del personal se encuentra asignado en este turno mientras que el turno nocturno es el de menor actividad y cuenta con poco personal asignado. La distribución del personal por turnos de trabajo se puede verificar en la *Tabla 4*.

La mayoría de los operadores de maquinaria pesada que trabajan para las empresas contratistas también se encuentran asignados al turno matutino. La mayoría del personal del Departamento descansa todos los domingos y días festivos, por lo que, durante esos días sólo hay un operador de maquinaria pesada en el turno de la mañana y se trabaja principalmente con personal de vigilancia y control de ingreso de vehículos.

Horario de trabajo	PERSONAL DEL RELLENO SANITARIO Y CONTRATISTAS				
	Administrativo	Operadores de maquinaria pesada	Mantenimiento mecánico	Limpieza	Ingreso de vehículos y vigilancia
MATUTINO 7:00 – 15:00	X	X	X	X	X
VESPERTINO 15:00 – 23:00		X	X	X	X
NOCTURNO 23:00 – 7:00					X

Tabla 4. Horarios de trabajo de los empleados del Relleno Sanitario Regional.
(Departamento de Relleno Sanitario Regional, 2019).

3.4.2 Horario de servicio

En el turno matutino ingresan a disponer todos los vehículos de las empresas de servicio de recolección particular (empresas recolectoras) y particulares (público en general), además de los vehículos oficiales de los municipios de Matamoros y Valle Hermoso.

En el turno vespertino sólo pueden ingresar a disponer, hasta las 19:00 horas, todos los vehículos de las empresas recolectoras, particulares y los vehículos oficiales del municipio de Valle Hermoso (ver la *Tabla 5*). Los vehículos oficiales del municipio de Matamoros no tienen restricción de horario en este turno. (Comisión de Desarrollo Urbano y Ecología, 2005).

En el turno nocturno únicamente ingresan a disponer los vehículos oficiales del municipio de Matamoros, como se puede apreciar en la *Imagen 31*. (Comisión de Desarrollo Urbano y Ecología, 2005).

Los domingos, por lo general, sólo ingresan las unidades oficiales de Matamoros por lo que la afluencia de vehículos es baja comparado a otros días. La mayoría del personal que labora en la Dirección de Limpieza Pública del municipio de Matamoros (recolección de basura) es personal sindicalizado y opcionalmente pueden presentarse el domingo a trabajar o tomarlo como su día de descanso.

Horario de servicio	VEHÍCULOS QUE PUEDEN INGRESAR A DISPONER SUS RESIDUOS			
	Particulares (público en general)	Empresas recolectoras	Oficiales del municipio de Valle Hermoso	Oficiales del municipio de Matamoros
INICIO	8:00	8:00	8:00	Las 24 horas del día
FIN	19:00	19:00	19:00	

*Tabla 5. Horarios de servicio para los usuarios del Relleno Sanitario Regional.
(Comisión de Desarrollo Urbano y Ecología, 2005).*



*Imagen 31. Camiones recolectores del Municipio de Matamoros disponiendo los residuos recolectados durante el turno nocturno en el frente de tiro del Relleno Sanitario Regional.
Imagen propia.*

3.4.3 Usuarios del relleno sanitario

El relleno sanitario brinda servicio a los vehículos oficiales de los municipios de Matamoros y Valle Hermoso. Además, los vehículos de las empresas de servicio de recolección particular (empresas recolectoras) pueden ingresar a disponer sus residuos presentando un manifiesto (ver la Imagen 33) emitido por la Secretaría de

Desarrollo Urbano y Medio Ambiente del Gobierno del Estado de Tamaulipas (SEDUMA) y realizando su pago por uso del servicio ante la Dirección de Ingresos (Tesorería) del Ayuntamiento. (Secretaría General de Gobierno de Tamaulipas, 2018).

El público en general también puede ingresar a disponer sus residuos previo pago por uso del servicio ante la Dirección de Ingresos y con previa autorización de un inspector de la Coordinación de Control Ambiental quien revisará los residuos que transporta en su vehículo. (Secretaría General de Gobierno de Tamaulipas, 2018).

Los vehículos oficiales del municipio de Matamoros sólo deben mostrar un documento que contiene la ruta de recolección que les asignó la Dirección de Limpieza Pública y con eso pueden entrar a disponer. Para el caso de los vehículos oficiales del municipio de Valle Hermoso no tienen que exhibir ningún documento.

Ocasionalmente ingresan vehículos de instituciones estatales y federales y de organismos autónomos y descentralizados y se les brinda el mismo trato que se le da a los vehículos oficiales municipales. En caso de que alguno de estos vehículos requiera ingresar a disponer algún tipo de residuo que necesite aplicar medidas de control especiales, la dependencia responsable del traslado del residuo enviará un oficio a la Coordinación de Control Ambiental o al Departamento de Relleno Sanitario Regional con varios días de anticipación. La *Imagen 32* muestra un oficio enviado por una dependencia federal solicitando una atención especial respecto al residuo que necesitan disponer en el Relleno Sanitario Regional.

A todos los usuarios se les proporciona una boleta de pesaje que comprueba que el vehículo ingresó al Relleno Sanitario a disponer sus residuos. La boleta contiene los datos del vehículo y sus placas, el nombre del conductor, el nombre de la dependencia o empresa responsable del traslado, la cantidad y tipo de residuo, y por último la fecha y hora en que ingresó y salió de las instalaciones. (Comisión de Desarrollo Urbano y Ecología, 2005). En la *Tabla 6* se enuncian los requisitos específicos para cada tipo de usuario.

Requisitos para ingresar a disponer	VEHÍCULOS QUE PUEDEN INGRESAR A DISPONER SUS RESIDUOS			
	Particulares (público en general)	Empresas recolectoras de residuos	Oficiales del municipio de Valle Hermoso	Oficiales del municipio de Matamoros
Pago de derechos por uso del servicio ante la Dirección de Ingresos	X	X		
Autorización por parte de un inspector de la Coordinación de Control Ambiental	X	X		
Entregar manifiesto de SEDUMA al personal del Relleno Sanitario		X		
Mostrar orden de servicio (Ruta de recolección del día)				X

Tabla 6. Tipos de requisitos exigidos a cada tipo de usuario que ingresa a disponer de sus residuos en las instalaciones del Relleno Sanitario Regional.
(Comisión de Desarrollo Urbano y Ecología, 2005).

Lista de empresas recolectoras que ingresan a disponer sus residuos:

- Trisa
- GEN Industrial (PASA)
- SESI Matamoros
- LISARO
- Grupo GARVO
- Génesis

Lista de dependencias, instituciones públicas y organismos autónomos que ingresan a disponer sus residuos:

- Secretaría de Marina (SEMAR)
- SAGARPA/SENASICA
- Junta de Aguas y Drenaje de la Ciudad de Matamoros (JAD)
- Dirección de Limpieza Pública del Municipio de Matamoros (Recolección de basura)
- Dirección de Espacios Públicos del Municipio de Matamoros (Parques y jardines)
- Secretaría de Desarrollo Social del Municipio de Matamoros
- Dirección de Limpieza Pública del Municipio de Valle Hermoso
- Secretaría de Bienestar Social del Estado de Tamaulipas
- Comisión Federal de Electricidad (CFE)



Imagen 32. Oficio enviado de SENASICA-SAGARPA solicitando la autorización de disposición de residuos de riesgo zoonosanitario en celdas especiales del Relleno Sanitario Regional. Imagen propia.

Imagen 33. Los vehículos de empresas que ofrecen el servicio de recolección deben entregar un manifiesto emitido por SEDUMA para poder ingresar a disponer sus residuos en el Relleno Sanitario Regional. Imagen propia.

3.4.4 Parque vehicular

El Departamento únicamente cuenta con un camión de volteo propiedad del Ayuntamiento de Matamoros. La maquinaria pesada propiedad del ayuntamiento está en proceso de baja del parque vehicular debido a que ya no se pueden reparar o su reparación resulta económicamente inviable producto de las negligencias de administraciones pasadas (ver las *Imágenes 18, 19, 114 y 115*).

Para llevar a cabo las actividades operativas propias del lugar se han rentado los siguientes vehículos y maquinaria pesada que aparecen a continuación en la *Tabla 7*.

Vehículo / Máquina	Marca	Año/ Modelo	Núm. Serie / Núm. Eco.	Empresa propietaria	Observaciones
Camión de volteo blanco	Kenworth	1990	Sin número	Municipio	Trabajando bien
Bulldozer	Caterpillar	D7F	RESERVADO	Confidencial 1	PARADO. Falta de pago del ayuntamiento.
Bulldozer	Caterpillar	D7G	RESERVADO	Confidencial 1	PARADO. Problemas con el retén de transmisión.
Retroexcavadora	CASE	580L	RESERVADO	Confidencial 1	Trabajando bien
Excavadora	Caterpillar	320D	Sin número	Confidencial 1	Trabajando bien
Camión de volteo guindo	Freightliner		01	Confidencial 1	En mantenimiento. Fuga de agua.
Camión de volteo amarillo y blanco	International		02	Confidencial 1	Trabajando bien
Camión de volteo amarillo y gris	Kenworth		04	Confidencial 1	Vehículo retirado por empresa propietaria.
Camión de volteo blanco	Freightliner		05	Confidencial 1	Vehículo retirado por empresa propietaria.
Camión de volteo blanco	International		06	Confidencial 1	Vehículo retirado por empresa propietaria.
Bulldozer	Komatsu	D5	Sin número	Confidencial 2	Trabajando bien.
Tractor agrícola	John Deere	8650	Sin número	Confidencial 2	En mantenimiento. Problemas con gato hidráulico de la cuchilla de empuje.
Bulldozer	Komatsu	D6	Sin número	Confidencial 2	En reparación.

Bulldozer	Caterpillar	D5M	Sin número	Confidencial 2	Trabajando bien.
Excavadora	Caterpillar	320CL	Sin número	Confidencial 2	Trabajando bien
Excavadora	Caterpillar	225BCL	Sin número	Confidencial 2	Vehículo retirado por empresa propietaria.
Camión de volteo blanco	International		098	Confidencial 2	Vehículo retirado por empresa propietaria.
Camión de volteo blanco	International		099	Confidencial 2	Vehículo retirado por empresa propietaria.

Tabla 7. Maquinaria pesada y vehículos adscritos al Relleno Sanitario Regional. Fuente confidencial.

3.4.5 Reglamento interno

El Relleno Sanitario Regional cuenta con un reglamento interno aprobado el 10 de octubre de 2005, en donde el Ayuntamiento de Matamoros fue el promotor de su creación y aplicación. (Comisión de Desarrollo Urbano y Ecología, 2005). Debido a su extensión, sólo se mencionan las partes que lo componen sin brindar más detalles.

El reglamento del Relleno Sanitario de Matamoros está conformado por:

- Capítulo I: Disposiciones generales
- Capítulo II: De los objetivos
- Capítulo III: Del funcionamiento interno del relleno sanitario
- Capítulo IV: Del personal del relleno sanitario
- Capítulo V: Del monitoreo y control
- Capítulo VI: Del consejo técnico de vigilancia
- Capítulo VII: Del centro de estudios en materia de medio ambiente
- De las sanciones y procedimientos
- Transitorios

Antes de avanzar con la descripción del plan de trabajo y los resultados obtenidos del mismo, se proporciona la información acerca del entorno geográfico, marco geológico regional y local, la hidrografía, hidrogeología, edafología, riesgos geológicos, clima, y otros datos pertinentes que permiten poner en contexto la relación que guardan las actividades operativas del relleno sanitario con su entorno además de su impacto en los ecosistemas locales.

4. DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO GEOGRÁFICO Y GEOLÓGICO

4.1. Descripción general del entorno geográfico del Sitio de Disposición Final

4.1.1 Ubicación geográfica

El Estado de Tamaulipas se localiza en el noreste de la República Mexicana (ver la *Imagen 34*). Colinda al norte con los Estados Unidos de América, limitado por el Río Bravo que sirve de frontera natural, al sur colinda con los estados de San Luis Potosí y Veracruz, al oriente con el Golfo de México y al occidente con el estado de Nuevo León. (INEGI, 1983).

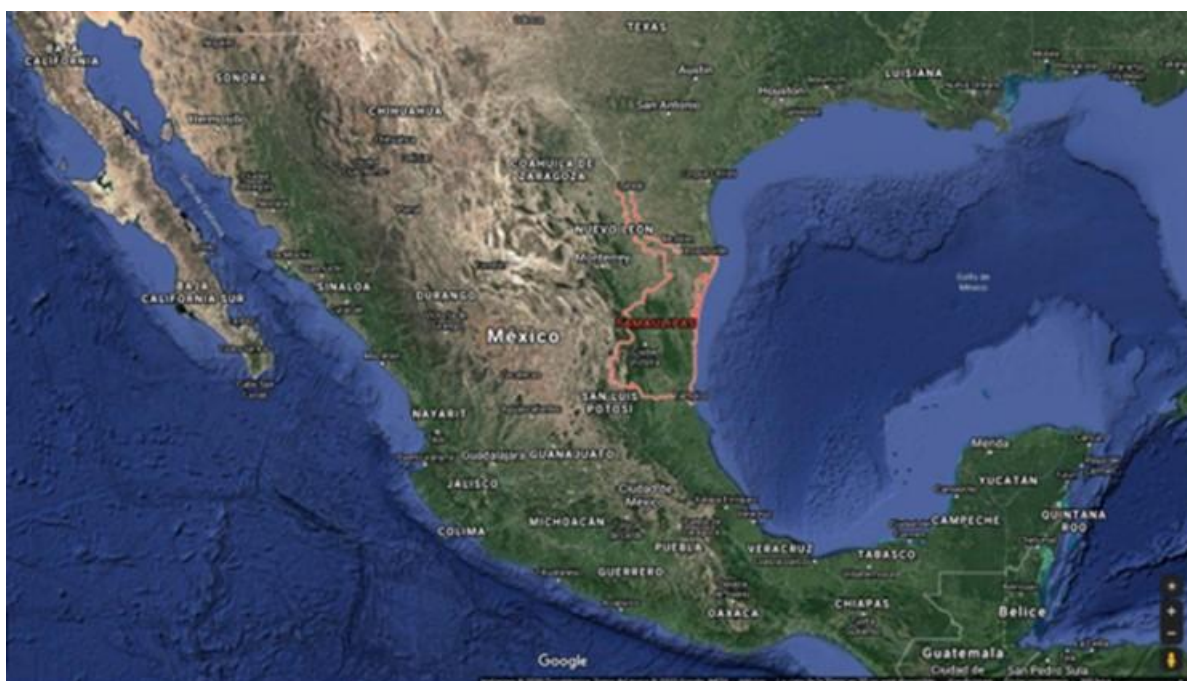


Imagen 34. El Estado de Tamaulipas delimitado con un contorno rojo. (Google Maps, 2025).

El municipio de Matamoros se localiza en el extremo noreste del estado de Tamaulipas (ver la *Imagen 35*), en las coordenadas 25°52'47" Latitud Norte y en 97°30'17" Longitud Oeste, a una altitud promedio de 9 metros sobre el nivel del mar. (INEGI, 2017). Colinda al norte con los Estados Unidos de América, al sur con el municipio de San Fernando, Tamaulipas, al este con el Golfo de México y al oeste con los municipios de Río Bravo y Valle Hermoso, Tamaulipas. (INEGI, 2010).

La cabecera municipal del municipio de Matamoros es la localidad de Heroica Matamoros que se encuentra situada al norte del municipio, cerca de la desembocadura del Río Bravo, a más de 35 kilómetros de la costa del Golfo de México. (INEGI, 2010).

4.1.2 Superficie territorial

La extensión del municipio de Matamoros es de 4 mil 588.93 km² que representa el 5.7% del territorio estatal. (INEGI, 2010). Por extensión territorial, es el tercer municipio más grande del estado después de los municipios de San Fernando y de Soto La Marina. Además, Matamoros cuenta con 117 kilómetros de litoral costero. (Ayuntamiento de Matamoros, Tamaulipas, 2018).

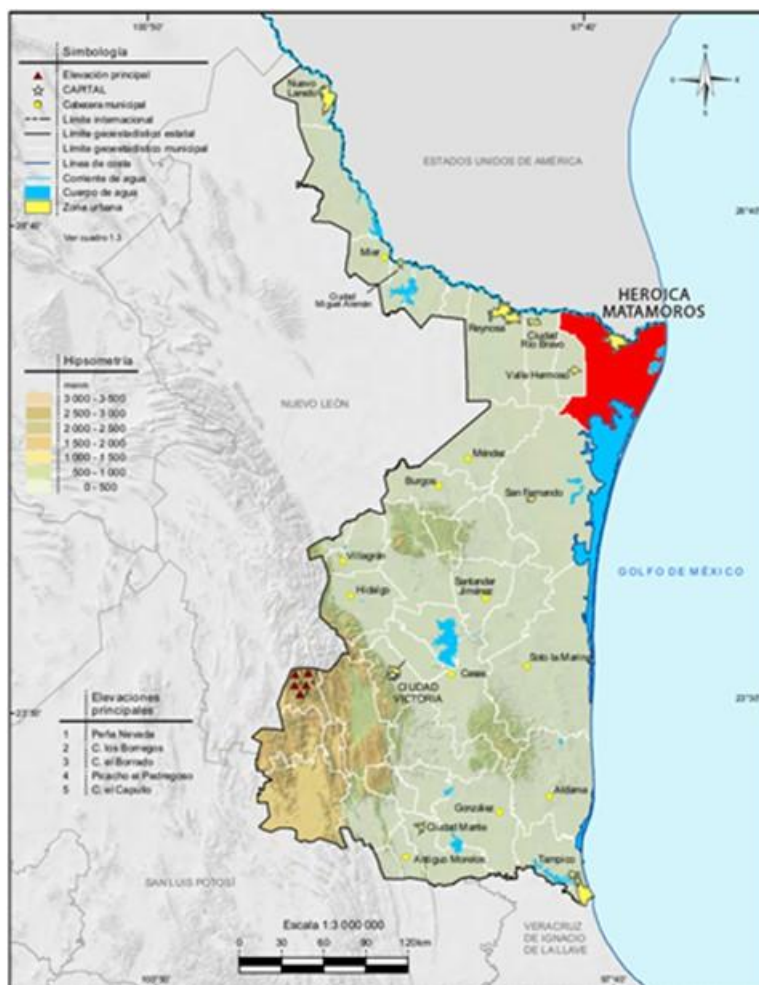


Imagen 35. Orografía del estado de Tamaulipas con el municipio de Matamoros sombreado con color rojo. (INEGI, 2017).

4.1.3 Fisiografía

La Llanura Costera del Golfo Norte es una provincia fisiográfica que se extiende dentro del territorio mexicano sobre las costas del Golfo de México y abarca desde la margen sur del Río Bravo (en el tramo comprendido entre los municipios de Reynosa y Matamoros), hasta la región de Nautla en Veracruz. Limita al noroeste con la provincia fisiográfica de las Grandes Llanuras de Norteamérica, al oeste con la Sierra Madre Oriental, al este con el Golfo de México, y al sur con la provincia del Eje Neovolcánico. (INEGI, 1983).

La Llanura Costera del Golfo Norte abarca porciones de los estados de Tamaulipas, San Luis Potosí, Hidalgo, Nuevo León y Veracruz. Asimismo, se prolonga al norte del Río Bravo cubriendo porciones de los territorios de Texas y Louisiana en los Estados Unidos.

Esta provincia fisiográfica está dividida en dos subprovincias dentro del territorio Tamaulipeco (INEGI, 1983):

- Subprovincia de las Llanuras y Lomeríos.
- Subprovincia de la Llanura Costera Tamaulipeca.

Los municipios de Matamoros, Valle Hermoso, Río Bravo y Ciudad Madero están situados dentro de la subprovincia fisiográfica Llanura Costera Tamaulipeca (ver la *Imagen 36*). (INEGI, 1983). También porciones de los territorios municipales de Altamira, Aldama, Soto La Marina, San Fernando y Reynosa se encuentran dentro de esta subprovincia. (INEGI, 2024).

Los sistemas de topoformas presentes en el municipio de Matamoros son: llanura aluvial (45%), llanura aluvial inundable (33%), cuerpo de agua (19%) y playa o barra (3%). (INEGI, 2010).

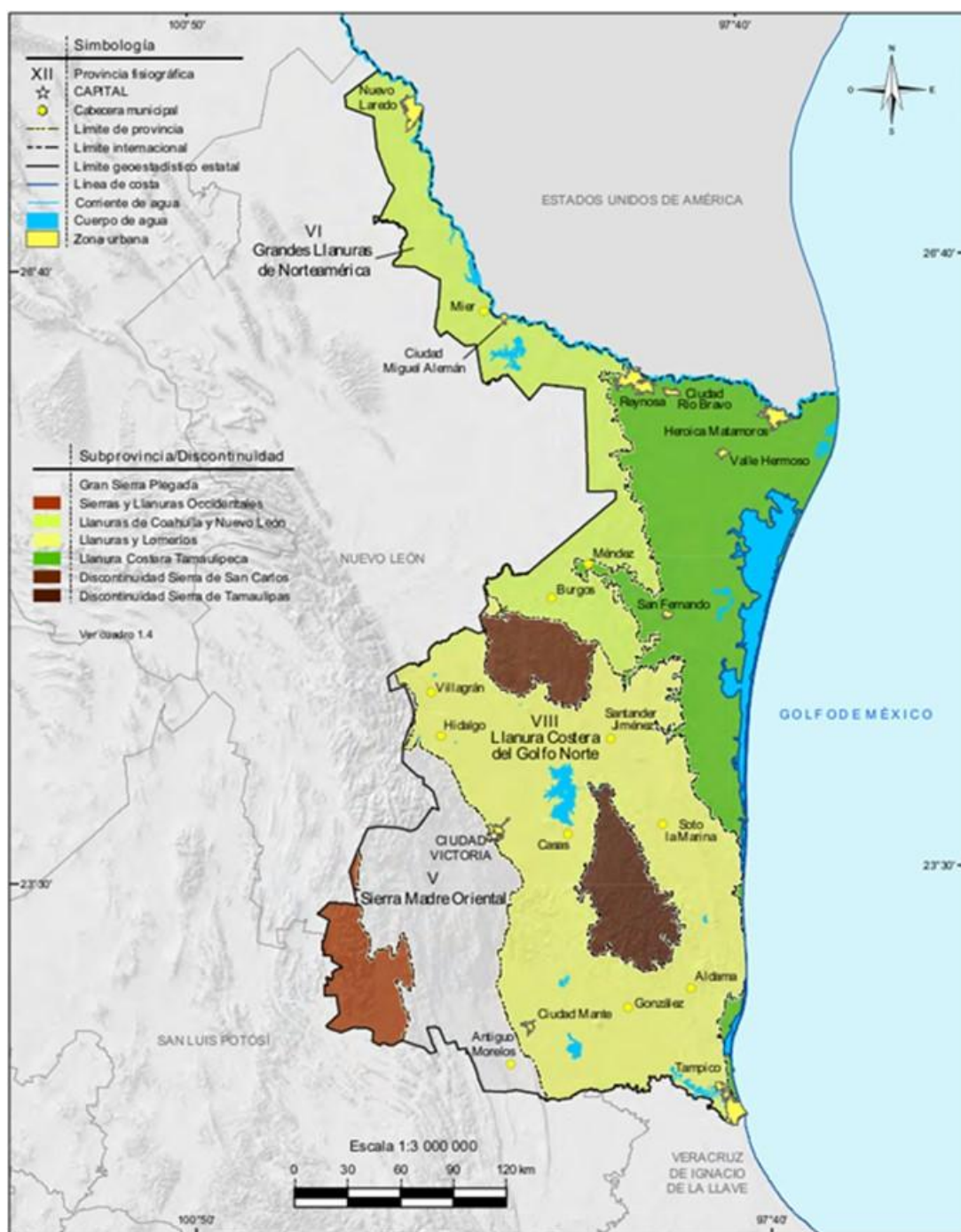


Imagen 36. Mapa del Estado de Tamaulipas con sus provincias y subprovincias fisiográficas. La subprovincia fisiográfica de la Llanura Costera Tamaulipeca está señalada en color verde oscuro. (INEGI, 2017).

4.1.4 Clima

Por su ubicación y localización geográfica, el clima de Matamoros es predominantemente semicálido subhúmedo con lluvias escasas durante el año, y semiseco muy cálido. (INEGI, 2010). Las estaciones del año en Matamoros están muy marcadas por sus contrastes en precipitaciones, temperatura, humedad y viento.

La temporada calurosa dura 4 meses, entre mayo y septiembre, con una temperatura máxima promedio mayor a los 32°C. El mes de agosto es el más caluroso, con una temperatura promedio máxima de 35°C y una temperatura promedio mínima de 25°C. (Ayuntamiento de Matamoros, Tamaulipas, 2018). La población local coloquialmente utiliza el término “canícula” para referirse a una temporada que dura alrededor de 40 días en el que generalmente hay ausencia de nubes, no caen precipitaciones, las temperaturas superan los 37°C durante el día y el calor es insoportable durante el día y la noche. Es común que en esta temporada los medios de comunicación locales y estatales inviten a la población a tomar medidas especiales para protegerse de los golpes de calor y evite realizar actividades al aire libre entre las 10:00 horas hasta las 17:00 horas que es cuando el sol es más radiante. La temporada de la “canícula” se desarrolla entre los meses de julio y agosto. (Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, 2019).

La temporada fresca dura 2.5 meses, entre los meses de diciembre y febrero, siendo la temperatura promedio máxima menor a 24°C. El mes de enero es uno de los más fríos, con una temperatura promedio mínima de 11°C y promedio máxima de 21°C. (Ayuntamiento de Matamoros, Tamaulipas, 2018). Durante esta época del año es muy común que lleguen masas de aire polar ártico conocidas coloquialmente como “nortes”, que provocan precipitaciones y condiciones de alta humedad. Los “nortes” logran provocar descensos muy abruptos de temperatura en cuestión de horas, acompañados de ráfagas de viento e inclusive llegan a generar heladas en el territorio municipal.

Del 1 de junio al 30 de noviembre es la temporada de ciclones tropicales y huracanes para el Atlántico y el municipio se encuentra en zona de influencia de estos fenómenos (ver la *Imagen 50*). (Ayuntamiento de Matamoros, Tamaulipas, 2018). En esta temporada se registran las mayores precipitaciones que provocan afectaciones por encharcamientos e inundaciones en gran parte de la mancha urbana de Matamoros.

La temperatura media anual se encuentra entre 20 y 24°C con precipitaciones totales de 500 a 700 milímetros anuales. (INEGI, 2010).

4.2. Descripción del marco geológico regional

4.2.1 Geología regional y estructural

A continuación, se describe el marco geológico regional de la región noreste de México. Este tipo de estudio geológico es un requisito establecido en la norma oficial NOM-083-SEMARNAT-2003 para los sitios de disposición final tipo A previo a su etapa de construcción y operación. (SEMARNAT, 2004).

La geología regional del Estado de Tamaulipas comprende en su litología rocas metamórficas, sedimentarias e ígneas cuyas edades abarcan toda la escala del tiempo geológico desde el Precámbrico hasta el Holoceno.

Las rocas precámbricas, paleozoicas y triásicas, afloran al norponiente de Ciudad Victoria, en especial en el Cañón del Novillo, Cañón de Caballeros y áreas cercanas al Anticlinorio Huizachal–Peregrina. Las rocas metamórficas precámbricas reportadas en la zona son los Esquistos Granjeno y Gneis Novillo. (López Ramos, 1980), (Servicio Geológico Mexicano, 2004).

Las rocas mesozoicas, principalmente cretácicas marinas, se distribuyen ampliamente desde el sur del estado pasando por localidades como Ciudad Mante, Ocampo, Ciudad Tula, Palmillas, Miquihuana, Villagrán, Llera de Canales, Hidalgo, Villa Mainero y Antiguo Morelos. Estas rocas principalmente se encuentran en la Sierra Madre Oriental (ver la *Imagen 36*), la cual atraviesa el territorio tamaulipeco con una orientación preferente SE–NW encontrándose la capital estatal, Ciudad Victoria, a un costado de la Sierra. (Servicio Geológico Mexicano, 2004), (Servicio Geológico Mexicano, 1999), (Servicio Geológico Mexicano, 2008). La Sierra Madre Oriental es una cadena montañosa que define una provincia geológica y a la vez una provincia fisiográfica homónimas y se caracteriza por presentar abundantes plegamientos alargados de rocas sedimentarias orientados al NNE–SSW y cabalgaduras que comienza desde el suroeste de Monterrey, en el estado de Nuevo León, hasta la ciudad de Teziutlán en Puebla. Las elevaciones que presenta esta sierra alcanzan los 3 mil metros sobre el nivel del mar pero su altitud promedio ronda en los 2 mil metros sobre el nivel del mar. (López Ramos, 1980). Al oeste de Monterrey, la Sierra Madre Oriental sufre una flexión y continúa hasta el sur de la ciudad de Torreón en Coahuila con una orientación E–W.

Las rocas sedimentarias del Paleógeno–Neógeno se encuentran representadas principalmente por lutitas, areniscas y conglomerados dispuestos en franjas semiparalelas al cauce del Río Bravo que atraviesan los municipios fronterizos desde Nuevo Laredo hasta Reynosa. Estas rocas sedimentarias cambian su orientación una vez dentro del municipio de Reynosa y en el municipio de Méndez su orientación es N–S. Más al sur dentro de los municipios de San Fernando, Cruillas, Jiménez, Abasolo y Soto La Marina los afloramientos de estas rocas sedimentarias se encuentran expuestas en franjas con orientación NW–SE. Las franjas de estas rocas sedimentarias atraviesan el municipio de Altamira hasta llegar a Tampico y Ciudad Madero ubicado en el extremo sur del estado. (Servicio Geológico Mexicano, 2008), (Servicio Geológico Mexicano, 2008), (Servicio Geológico Mexicano, 2004), (Servicio Geológico Mexicano, 2008), (Servicio Geológico Mexicano, 2008).

Finalmente, los depósitos cuaternarios de aluvión y lacustres se encuentran expuestos en gran medida en la Llanura Costera Tamaulipeca. Estos depósitos se encuentran distribuidos en franjas semiparalelas a la costa del Golfo de México y se vuelven más extensos en la porción noreste del estado de Tamaulipas, desde Matamoros hasta Reynosa. (Servicio Geológico Mexicano, 2008).

El predio del relleno sanitario de Matamoros se localiza dentro de la subprovincia geológica de la Cuenca de Burgos, la cual es una subdivisión de la Provincia Geológica del Noreste de México. (López Ramos, 1980). La Cuenca de Burgos es una región paleogeográfica, actualmente sepultada por rocas sedimentarias del Paleógeno–Neógeno y cuaternarias, que se encuentra dentro de la Llanura Costera Tamaulipeca (ver la *Imagen 37*).

La Cuenca de Burgos se formó como una depresión de gran extensión a consecuencia de un sistema de fallamiento normal muy intenso. Las fallas normales no son visibles en superficie debido a que están sepultadas principalmente por secuencias alternadas de areniscas y lutitas, las cuales tienen una composición variable de acuerdo al medio ambiente de depósito debido a que la costa del Paleogolfo de México se retiraba paulatinamente hacia el oriente pero tuvo una serie de regresiones y transgresiones por

lo que la composición de los sedimentos detríticos corresponden a diferentes ambientes de depósito tales como: deltas, barras y mares someros. (López Ramos, 1980).

Las fallas presentes en esta cuenca son de tipo postdeposicional (posterior a la acumulación de sedimentos) y de crecimiento (fallas que se forman y crecen durante el depósito de sedimentos). Los rumbos de estas fallas tienen una orientación preferencial norte-sur. Los bloques de estas fallas son subparalelos entre sí y también están orientados norte-sur. Los bloques de techo se ubican al oriente de la cuenca y escalonadamente descienden hacia el centro de la misma. Las fallas más jóvenes están hacia el este de la cuenca lo cual indica que existe una relación espacio-temporal entre la actividad tectónica y la actividad de depósito sedimentario en esta región. (CONAGUA, 2024).

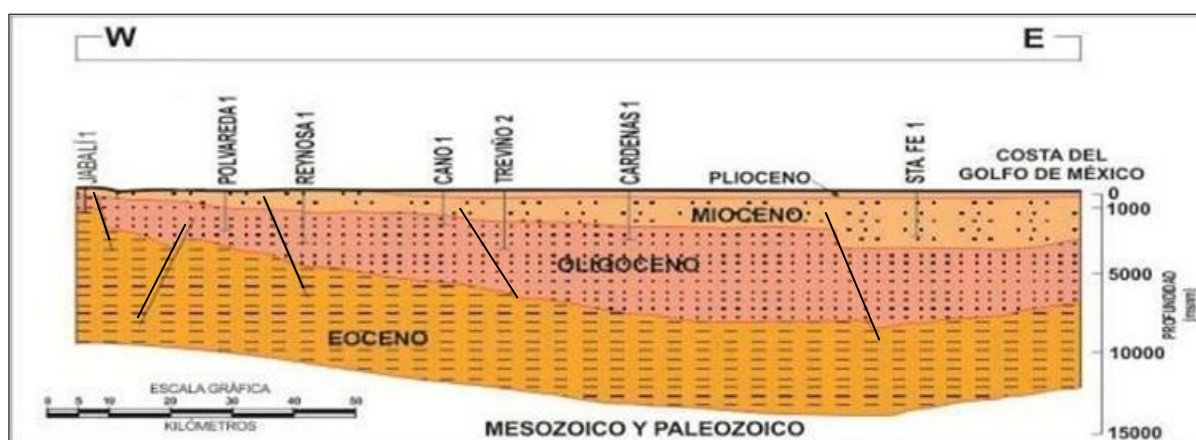


Imagen 37. Sección geológica esquemática de la Cuenca de Burgos orientada de W-E desde el límite del Estado de Tamaulipas con el Estado de Nuevo León hasta la costa del Golfo de México.

Se observa que el sistema de fallamiento normal está sepultado con rocas sedimentarias del Paleógeno-Neógeno. Las formaciones geológicas profundizan de poniente a oriente con pendientes de 0.5 a 0.6%. Los espesores de las formaciones geológicas aumentan en dirección hacia la costa del Golfo de México.

Modificado de (López Ramos, 1980).

4.2.2 Estratigrafía

En los alrededores del relleno sanitario afloran unidades cuaternarias recientes que consisten en depósitos aluviales y lacustres del Holoceno (ver la *Imagen 38*).

Los depósitos aluviales están presentes en todo el territorio municipal de Valle Hermoso y en gran parte del municipio de Matamoros. Están constituidos por arenas finas, limos y arcillas poco consolidadas, de color café claro y espesores de aproximadamente 1 metro, los cuales se intercalan con estratos arcillosos a mayor profundidad. En contraste, al oriente de Matamoros, la presencia de un gran número de lagunas y esteros, favoreció el desarrollo de extensos depósitos lacustres, representados por arcillas saturadas, poco compactadas y de color café oscuro intercaladas con muy esporádicos horizontes limosos. (ETEISA, 2006).

A mayor profundidad se infiere la presencia de rocas sedimentarias pertenecientes a las formaciones cuaternarias “Beaumont” y “Lissie” (Qb y Ql) y de la Formación Goliad la cual aflora en el municipio de Reynosa.

PERIODO	EDAD	FORMACIÓN	LITOLOGÍA
CUATERNARIO	HOLOCENO	Sedimentos cuaternarios	Como tal no se trata de una formación geológica sino de depósitos eólicos, aluviales, lacustres y de litoral; donde predominan las gravas, gravillas, limos, arenas y arcillas.
		Beaumont	Arcillas que van de color rojo a azul
	PLEISTOCENO	Lissie	Gravas, gravillas, arenas y arcillas de origen continental
NEÓGENO	PLIOCENO	Reynosa (Goliad)	Conglomerado con clastos mal clasificados intercalado con areniscas y arcillas.

*Tabla 8. Columna estratigráfica del noreste de Tamaulipas.
Modificado de (CONAGUA, 2024).*

Las características de las formaciones geológicas mencionadas en la *Tabla 8* son las siguientes:

– *Formación Goliad.*

Está constituida por sedimentos de origen continental como gravas, arenas y arcillas con trazas de material yesífero que probablemente fueron depositados por arroyos y ríos caudalosos sobre la superficie del terreno en forma de abanicos deltaicos. (López Ramos, 1980). Hacia su base está constituida por conglomerados polimícticos con clastos mal clasificados y subredondeados que cambian en su porción media a horizontes más arcillosos. En la cima de esta Formación se encuentran areniscas con lentes de conglomerado. (CONAGUA, 2024). Se le estima un espesor de 60 a 150 metros y buza al oriente (hacia el centro de la Cuenca de Burgos).

– *Formación Lissie.*

Está conformada principalmente por sedimentos de origen continental que se depositaron en un ambiente fluvial, también contiene algunos depósitos costeros y deltaicos. Se encuentra contenida entre las arenas de la Formación Goliad y la arcilla de la Formación Beaumont. Esta Formación aflora en una franja angosta, paralela a la línea de costa, entre los municipios de Reynosa y Río Bravo. Los sedimentos que afloran son parcialmente depósitos continentales, que descansan sobre antiguas planicies costeras y deltas, arenosos, limosos y arcillosos típicos de “boca de ríos”. Tiene espesores variables de 120 a 480 metros. (CONAGUA, 2024).

Sus afloramientos presentan una topografía ondulante y la inclinación de sus capas es menor que las arenas de la Formación Goliad. Se encuentran arenas de grano grueso a fino con estratificación cruzada, a menudo las bandas de caliche marcan la base de la Formación. (CONAGUA, 2024).

A menudo, las Formaciones Goliad y Lissie se les asocia con el Conglomerado Reynosa.

- *Formación Beaumont (Arcilla Beaumont).*

Se encuentra sobre la Formación Lissie y está parcialmente sepultada con depósitos aluviales del Holoceno. Aflora al oriente de la ciudad Río Bravo. Su composición litológica abarca margas arcillosas pobremente estratificadas con intercalaciones de lentes arenosos. Estos materiales fueron depositados por corrientes de agua a manera de deltas coalescentes y “bocas de río” a lo largo de zonas costeras en ambientes lacustres. El espesor de esta Formación varía de 150 a 450 metros. (CONAGUA, 2024).

- *Sedimentos cuaternarios.*

Son depósitos de sedimentos del Holoceno cuyos afloramientos en los municipios de Matamoros y Valle Hermoso cubren el 100% de ambos territorios municipales. Los sedimentos del Holoceno que afloran en la Llanura Costera Tamaulipeca consisten en: depósitos aluviales, depósitos lacustres, depósitos de litoral y depósitos eólicos. La litología predominante en los depósitos aluviales y lacustres son las arenas finas, limos y limos arcillosos. La litología predominante en los depósitos eólicos y de litoral son las arenas gruesas y finas con abundantes fragmentos de conchas de moluscos, feldespatos y pedernal. Más adelante se explican las características particulares y distintivas de cada tipo de depósito sedimentario cuaternario. (Servicio Geológico Mexicano, 2008).

4.3. Descripción de los rasgos geológicos locales del sitio

4.3.1 Geología local y geomorfología

La pendiente natural del terreno al interior del relleno sanitario es menor a 2%. Por lo tanto, la geomorfología de la zona no presenta elevaciones de importancia. Los rasgos prevaecientes dentro del predio del relleno sanitario equivalen al de una superficie plana con pendiente suave que asciende al poniente y disminuye al oriente. Su relativa cercanía al Río Bravo y a la zona de playa, propician que estas condiciones sean regionales y que no existan accidentes topográficos relevantes.

Alrededor y dentro del predio del Relleno Sanitario se encuentran aflorando únicamente depósitos de aluvión (Qhoal) y lacustres (Qhola). Hacia la costa del Golfo de México aparecen los depósitos eólicos (Qhoeo) y de litoral (Qholi). Todas estas unidades son del Cuaternario.

- **Aluvión (Qhoal).**

Esta unidad está representada por arenas, limos y limos arcillosos, con algunos canales sepultados y rellenos con arena muy fina. Los materiales de esta unidad se depositaron en una planicie fluvial que estaba próxima a un ambiente lagunar costero y somero de baja energía con gran aporte de sedimentos terrígenos.

Asimismo, se han reportado más depósitos aluviales en antiguas planicies de inundación y cauces abandonados del río Bravo. (Servicio Geológico Mexicano, 2008), (CONAGUA, 2024). Estos sedimentos cubren la totalidad de la superficie del municipio de Valle Hermoso y afloran en el 67% del territorio municipal de Matamoros. (INEGI, 2010). Las ciudades de Heroica Matamoros y Valle Hermoso, así como el Aeropuerto Servando Canales y el Relleno Sanitario Regional se encuentran asentadas sobre esta unidad (ver la *Imagen 38*).

- **Sedimentos lacustres (Qhola).**

Están dispuestos en secuencias intercaladas de limos y arcillas con un alto contenido de materia orgánica y con presencia de sal y yeso. Estos depósitos cubren una superficie que abarca desde las proximidades de la línea de costa hasta la Carretera Federal 101 Matamoros–Ciudad Victoria (ver la *Imagen 38*). La mayor parte del área cubierta por estos sedimentos se encuentra alrededor de la Laguna Madre y de las lagunas y esteros que abundan al oriente de la carretera federal 101. (Servicio Geológico Mexicano, 2008). Estos sedimentos afloran en el 5.5% del municipio de Matamoros y presentan grietas de desecación. (INEGI, 2010).

- **Depósitos de litoral (Qholi).**

Estos depósitos se componen de arenas de grano grueso con mucha presencia de fragmentos de conchas de bivalvos, gasterópodos y equinodermos. Las estructuras sedimentarias que presentan son características de ambientes de alta energía que prevalecen en la playa. (Servicio Geológico Mexicano, 2008). Estos depósitos se encuentran a lo largo de la línea de costa del municipio de Matamoros y sólo cubren el 1% de su superficie territorial. (INEGI, 2010).

- **Depósitos eólicos (Qhoeo).**

Estos depósitos están constituidos por arenas finas compuestas de fragmentos de conchas, plagioclasas y pedernal. Los sedimentos de litarenita de las barras se mezclan con los sedimentos limo–arcillosos de la Laguna Madre formando dunas paralelas a la línea de costa con alturas que alcanzan los 5 metros y generalmente se encuentran cubiertos con vegetación halófitas. (Servicio Geológico Mexicano, 2008). Estos sedimentos afloran en el 5% de la superficie del municipio. (INEGI, 2010).

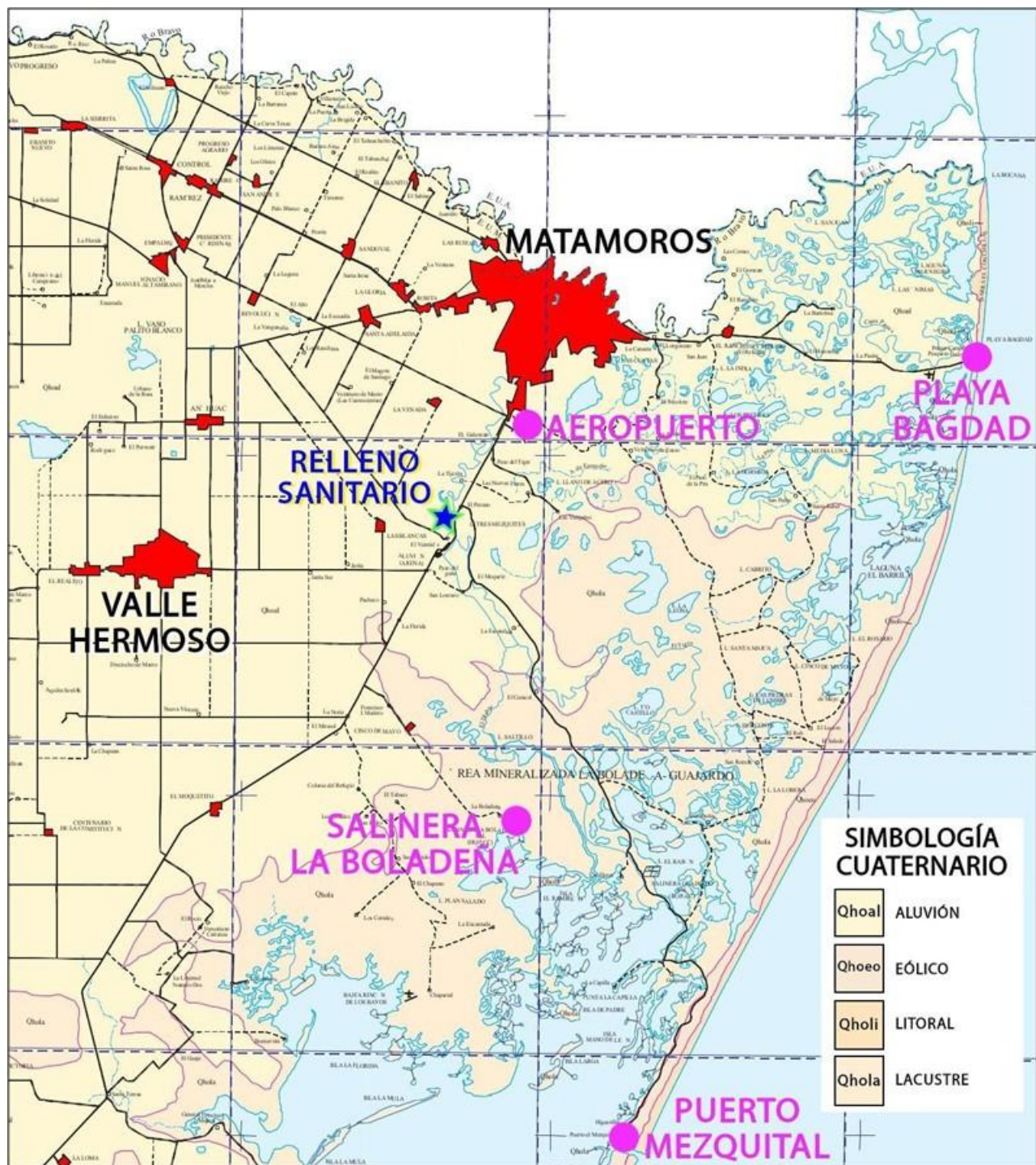


Imagen 38. Mapa geológico del noreste de Tamaulipas con la ubicación de los sitios importantes como referencias y la simbología de las diferentes unidades litológicas cuaternarias que afloran en esta región. Modificado de la Carta Geológica Minera Matamoros G14-6-9-12. (Servicio Geológico Mexicano, 2008).

4.3.2 Edafología

Los suelos más representativos presentes en los municipios de Matamoros y Valle Hermoso son solonchak, vertisol y chernozem. (INEGI, 2010).

Las características de estos suelos son las siguientes:

- **Solonchak (SC)**

La palabra Solonchak etimológicamente proviene del idioma ruso y hace referencia al carácter salino de este tipo de suelos. Este suelo principalmente se concentra alrededor de los cuerpos de agua ubicados al oriente del municipio de Matamoros, en la desembocadura del Río Bravo y cerca de la línea de costa del Golfo de México y en los alrededores de la Laguna Madre (ver la *Imagen 39*). (INEGI, 2013). En este suelo crecen plantas halófilas. Los suelos solonchak no son útiles en la práctica de la agricultura ni la ganadería. (INEGI, 1983). Los niveles freáticos someros menores a 1 metro combinados con el fenómeno de capilaridad deterioran las construcciones del oriente de la ciudad de Matamoros.

Este tipo de suelo es común hallarlo en las zonas costeras y en deltas de ríos que desembocan en el mar de las regiones áridas y semiáridas del norte de México donde las tasas de evapotranspiración son elevadas. (INEGI, 2014). También están distribuidos en manglares y en mezquitales. Cuando el suelo está seco las sales precipitan formando costras visibles en su superficie. (INEGI, 2024).

La salinidad de los suelos solonchak presentes en la zona expresada en conductividad eléctrica es superior a los 15 dS/m referida a una temperatura de 25°C. (INEGI, 2013).

Este suelo cubre el 19.0% del territorio municipal de Matamoros y está ausente en el territorio municipal de Valle Hermoso. (INEGI, 2010).

Este suelo recibe el calificativo de *gléyico* por estar saturado de agua debido a que permanentemente se encuentra en zonas de inundación o alrededor de los esteros y lagunas donde el fenómeno de capilaridad transporta el agua hacia el interior de la masa de este suelo. (INEGI, 2014). Además, la saturación de agua propicia la ocurrencia de condiciones reductoras en la estructura interna de este suelo. (INEGI, 1983).

- **Chernozem (CH)**

Las raíces etimológicas de esta palabra derivan del idioma ruso y significan “tierra negra”. Este suelo se encuentra muy extendido en las regiones de clima árido y semiárido del norte de México. Tiene una capa superficial de color negro muy rica en carbono orgánico. El suelo chernozem está muy extendido en la Llanura Costera Tamaulipeca, el horizonte superficial tiene un espesor superior a los 80 centímetros y es muy susceptible a la erosión. Se emplea en la agricultura de riego y de temporal, y también en el cultivo de pastizales. (INEGI, 2014), (INEGI, 2024).

El chernozem se extiende sobre el 71.5% del territorio municipal de Valle Hermoso y en el municipio de Matamoros se encuentra alrededor de sus colindancias con el municipio de Valle Hermoso cubriendo una superficie del 18.9%. (INEGI, 2010).

– Vertisol (VR)

Se trata de un suelo de origen aluvial de textura muy arcillosa con una alta capacidad de retener la humedad y de coloraciones gris oscura y negro. Este suelo es típico del sur de Texas y está presente en grandes porciones de la Llanura Costera Tamaulipeca. (INEGI, 1983), (INEGI, 2024).

Son suelos pesados que se originan bajo condiciones alternadas de saturación–sequía. Su contenido en arcillas expandibles es superior al 50% en todo el perfil. (INEGI, 1983), (INEGI, 2024). Estos suelos provienen de aluviones muy arcillosos. (INEGI, 1983).

Durante el estiaje, se produce el endurecimiento y se forman grietas de desecación con fisuras anchas y profundas en el suelo las cuales son muy visibles en las zonas agrícolas, mientras que en la ciudad durante la contracción y expansión de las arcillas contenidas en los vertisoles se producen agrietamientos de construcciones y formación de baches en pavimentos. Las obras de construcción asentadas sobre estos suelos deben tener especificaciones especiales para evitar daños. (INEGI, 2024). En temporada de lluvias, la hidratación de este suelo le confiere una alta plasticidad generando un comportamiento similar a un material “chiclosa”. El calificativo *pélico* hace referencia al color negro o café oscuro que adquiere este suelo en condiciones de humedad. (INEGI, 2014).

Cuando el suelo pierde humedad adquiere una dureza que dificulta su labranza por lo que se requiere del uso de maquinaria en las actividades agrícolas. (INEGI, 1983).

Este suelo es poco susceptible a la erosión. (INEGI, 2024). En estado natural, este suelo tiende a estar cubierto de pastizales y matorrales, razón por la cual los primeros colonos del noreste de Tamaulipas se asentaron en esta región para aprovechar estas tierras en las actividades pecuarias. Con un riego adecuado y un buen programa de labranza, se pueden obtener buenos cultivos de sorgo, maíz y frijol, y por esta razón, en el noreste de Tamaulipas se estableció el Distrito de Riego 025 “Bajo Río Bravo” en las áreas donde predominan los vertisoles pélicos y chernozem. (INEGI, 1983).

Al sur del municipio de Valle Hermoso se ha encontrado que el suelo de la zona tiene ciertas limitaciones para el desarrollo de algunos cultivos donde los valores de salinidad expresada en conductividad eléctrica están entre los 4– 8 dS/m referida a una temperatura de 25°C. El espesor promedio de la capa de suelo en esta área es de 80 centímetros. (INEGI, 1983).

Los porcentajes de sodio intercambiable presente en los vertisoles del noreste de Tamaulipas están en el rango de 15 a 40%. (INEGI, 1983).

La cubierta edáfica presente dentro del predio del relleno sanitario está conformada por suelos arcillosos de color café claro que, al saturarse de agua, se tornan plásticos y de tonalidades más oscuras.

Por sus características y alto contenido de arcilla, este suelo tiene una baja permeabilidad. Estas cualidades del suelo son ideales para construir proyectos como el Relleno Sanitario Regional de Matamoros.

En 2005, el INEGI realizó un análisis de muestras de suelos vertisoles recolectados dentro del Distrito de Riego “Bajo Río Bravo” y se reportaron los siguientes resultados (INEGI, 2013):

- Las muestras tienen un contenido de arcillas superior al 54%, un contenido de limos menor al 16% y un contenido de arenas de entre 22 y 38%.
- La conductividad eléctrica de las muestras es menor a 0.6 dS/m.

- El pH de las muestras se encuentra entre 8.5 y 8.7.
- El contenido de carbono orgánico es menor a 0.7, el cual fue determinado con el método de Walkley & Black.
- Algunas muestras de vertisoles contienen en promedio 26.5% de CaCO_3 mientras que otras muestras no contienen trazas de CaCO_3 , por lo que se diferencia dos grupos de vertisoles.
- En ninguna de las muestras se encontró presencia de CaSO_4 .
- Todas las muestras tienen una alta plasticidad.

Este suelo cubre una superficie del 28.5% en el territorio municipal de Valle Hermoso y el 35.8% del territorio municipal de Matamoros. (INEGI, 2010).

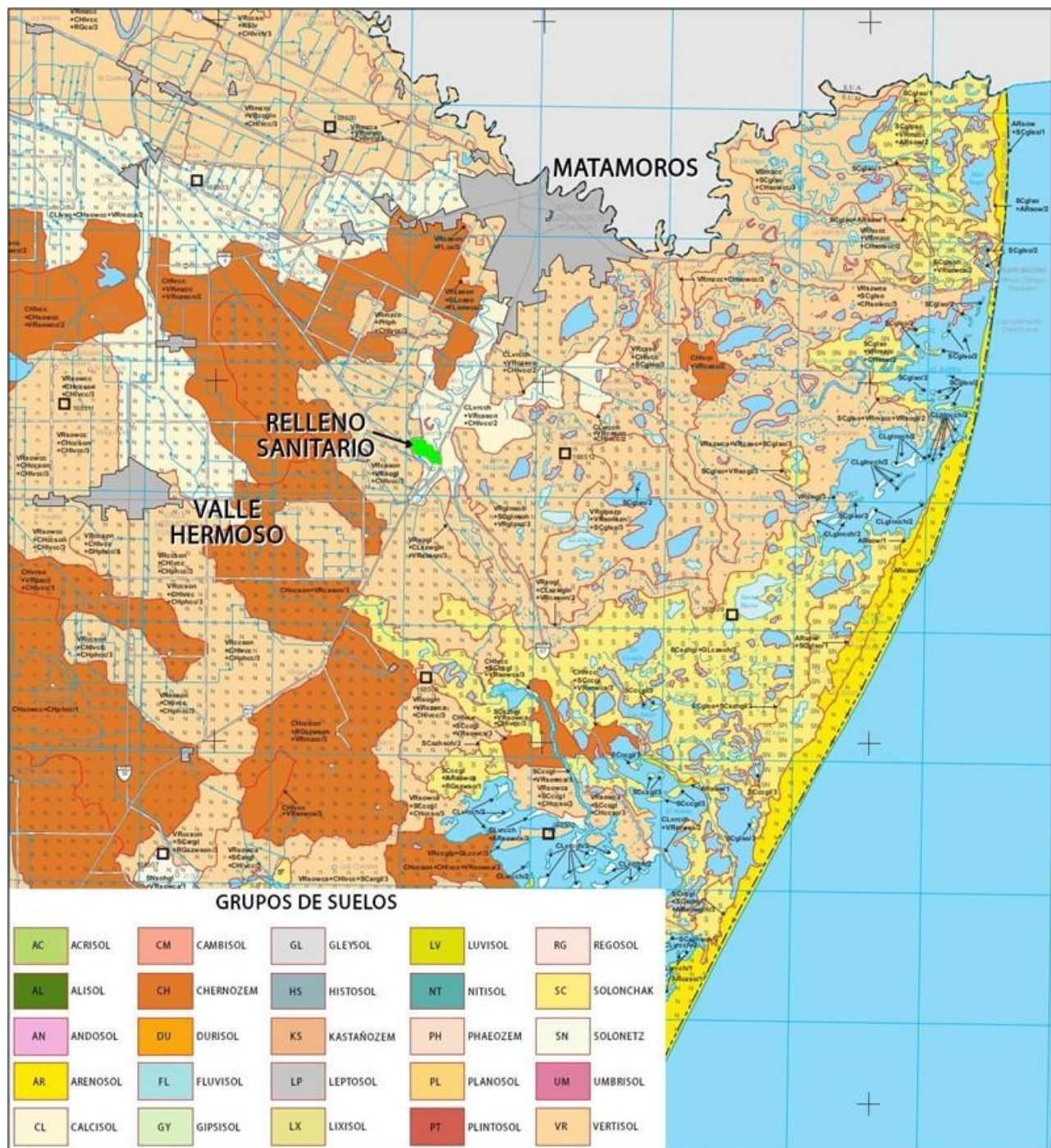


Imagen 39. Mapa Edafológico del noreste de Tamaulipas con el predio del Relleno Sanitario indicado en color verde.

Modificado de la Carta Edafológica Heroica Matamoros, G14-6-9-12.
(INEGI, 2013).

4.3.3 Mecánica de suelos

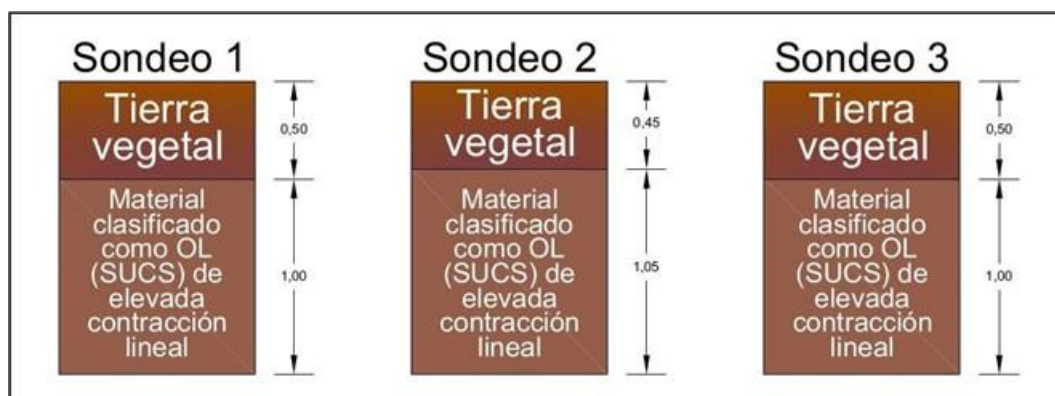
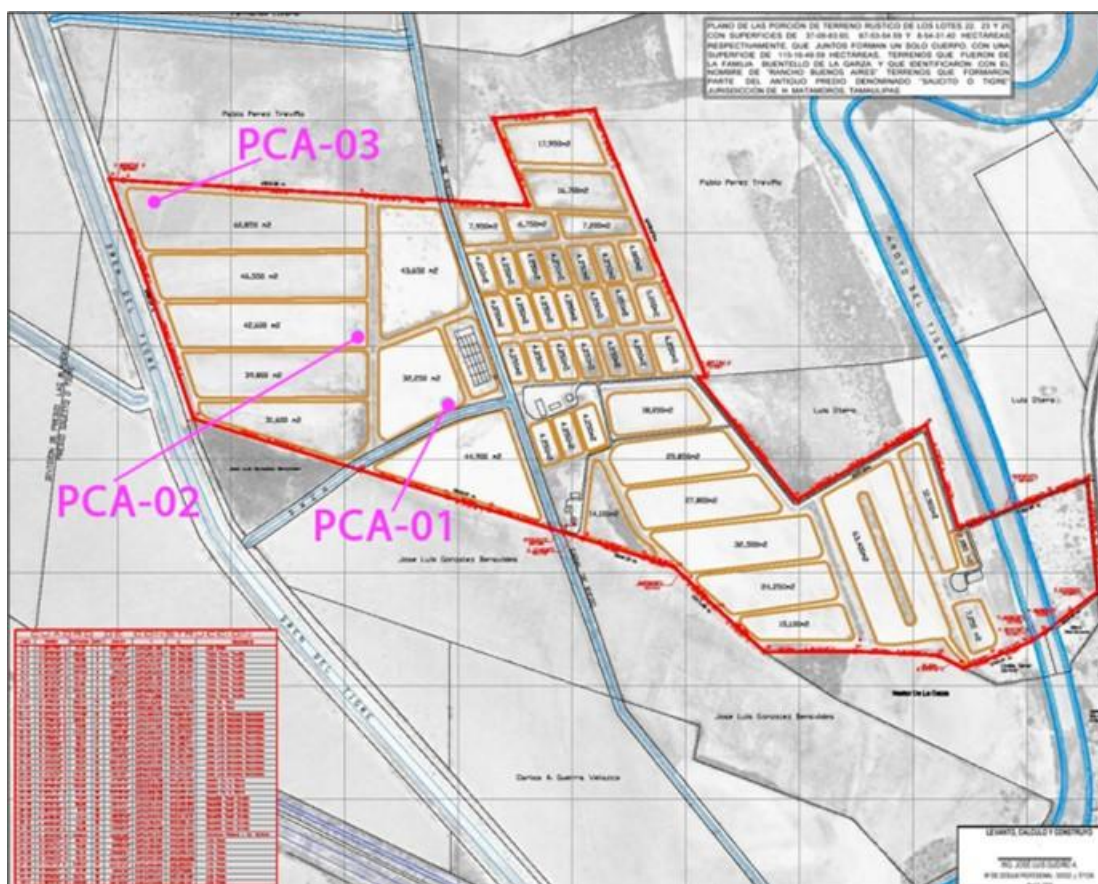
En años anteriores se realizaron estudios geotécnicos en sitios cercanos al Aeropuerto General Servando Canales, que se ubica a 12 kilómetros del relleno sanitario, y se encontraron valores de permeabilidad en el horizonte de materiales arcillosos de $K = 1 \times 10^{-9}$ cm/s los cuales tienen espesores mayores a 30 centímetros y se encuentran a partir de los 2 metros de profundidad. Estos materiales arcillosos tienen las mismas características que los materiales encontrados en profundidades mayores a 30 centímetros dentro del predio del relleno sanitario. (ETEISA, 2006).

En la etapa de construcción de las celdas del Relleno Sanitario Regional se excavaron tres pozos a cielo abierto (PCA) a una profundidad de 1.5 metros para analizar las propiedades del material donde se desplantarían todas las obras que conforman el sitio de disposición final (ver las *Imágenes 42, 43, 44 y 45*).

La ubicación de los pozos a cielo abierto donde se extrajeron muestras de suelo para los estudios geotécnicos se puede observar en la *Imagen 40* que se encuentra más adelante. (ETEISA, 2006). La norma oficial mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003 indica que deben realizarse estudios geotécnicos previo a la etapa de construcción de un sitio de disposición final. (SEMARNAT, 2004).

De estas pruebas se obtuvieron los siguientes resultados:

- Se tiene una capa inicial de tierra vegetal (despalme) con un espesor promedio de 0.5 metros (ver la *Imagen 41*).
- Inmediatamente después sigue un horizonte de limo orgánico de baja compresibilidad, mezclado con limo orgánico de baja plasticidad, arena y algunas gravas que de acuerdo con el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) le corresponde el símbolo OL.





*Imágenes del 42–45. Obtención de muestras de suelo mediante pozos a cielo abierto.
Imágenes cortesía del Ing. Magdaleno Rodríguez.*

4.4. Descripción de los rasgos hidrológicos e hidrogeológicos regionales

4.4.1 Hidrografía

A continuación, se describen los principales rasgos hidrológicos e hidrogeológicos encontrados en la literatura especializada. También los estudios de hidrología e hidrogeología tanto locales como regionales forman parte de la serie de requisitos contemplados en la NOM-083-SEMARNAT-2003.

El municipio de Matamoros se encuentra asentado en dos regiones hidrológicas: la Región Hidrológica No. 24 Río Bravo–Conchos y la Región Hidrológica No. 25 San Fernando–Soto La Marina. (INEGI, 2010). El 62% del territorio municipal, incluyendo el predio del relleno sanitario de Matamoros, se encuentra dentro de la Región Hidrológica No. 24 denominada Región Hidrológica Río Bravo–Conchos (ver la *Imagen 46*). El restante

38% del territorio municipal se encuentra en la Región Hidrológica No.25 San Fernando–Soto La Marina. (INEGI, 2010).



Imagen 46. Región Hidrológica No. 24 Río Bravo–Conchos indicada en color naranja.
Modificado de (CONAGUA, 2025).
(CONAGUA, https://sinav30.conagua.gob.mx:8080/Geovisores/RHA_VI/, 2025).

Dentro de la Región Hidrológica No. 24 se encuentra la Subregión Hidrológica 24–G “Bajo Río Bravo” que comprende toda la parte norte del estado de Tamaulipas y una pequeña porción del noreste del estado de Nuevo León (ver la *Imagen 47*), hasta las inmediaciones superiores de la Laguna Madre y abarca una superficie aproximada de 14,674 km² los cuales corresponden únicamente a la porción ubicada dentro del territorio tamaulipeco. (INEGI, 1983), (CONAGUA, 2024). Dicha zona comprende a los 10 municipios de la región fronteriza de Tamaulipas; así como también a cinco municipios del estado de Nuevo León los cuales son: Agualeguas, General Treviño, Los Aldamas, General Bravo y Doctor Coss. (CONAGUA, 2024).

Al interior de esta Subregión Hidrológica se encuentran los Distritos de Riego No. 25 “Bajo Río Bravo” y No. 26 “Bajo Río San Juan” (ver la *Imagen 47*). El Distrito de Riego No. 25 está situado sobre los municipios de Río Bravo, Valle Hermoso y Matamoros. Este distrito tiene cerca de 15 mil usuarios y una superficie de alrededor de 248,000 hectáreas. (CONAGUA, 2024).

La ubicación y extensión superficial de los Distritos de Riego se puede contemplar en la *Imagen 47*.

La precipitación media anual en el Distrito de Riego 025 es de 659.1 milímetros mientras que para la Región Hidrológica 024 Bravo–Conchos varía de 450 a 600 milímetros. La evaporación media anual en el Distrito de Riego 025 es de 1,748.9 milímetros mientras que para la Región Hidrológica es de 1,826 milímetros. En pocas palabras, la evaporación es mayor que la precipitación. (CONAGUA, 2024).

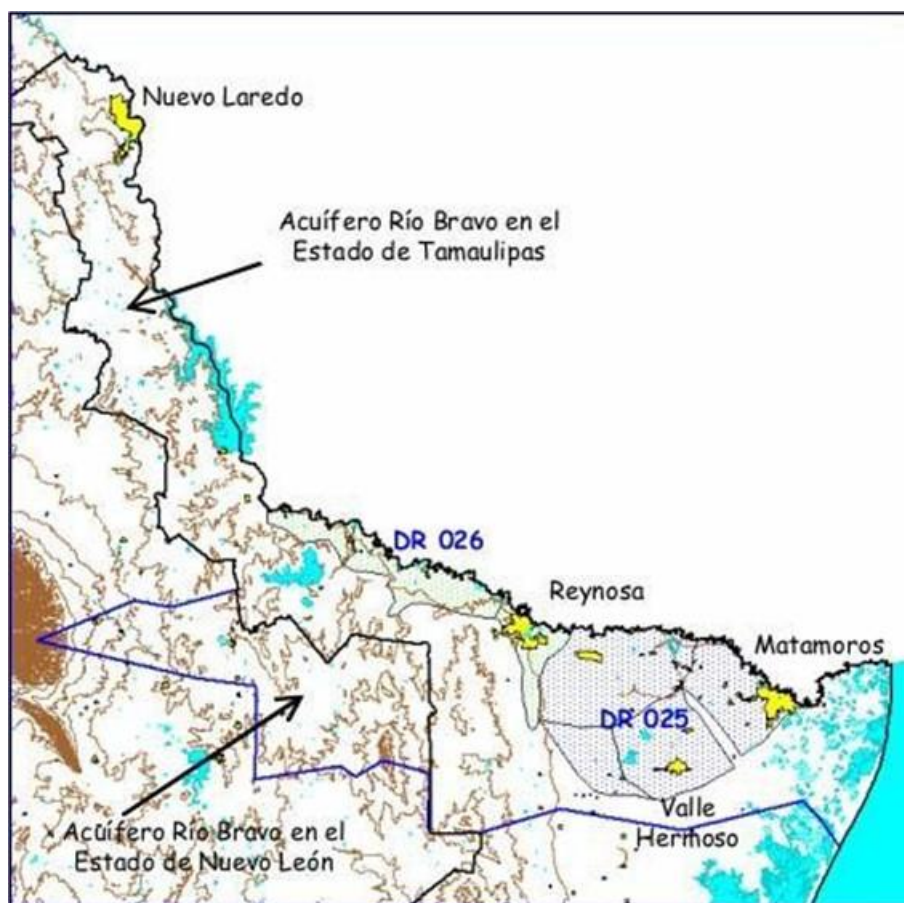


Imagen 47. Mapa del norte de Tamaulipas y noreste de Nuevo León con la Subregión Hidrológica 24–G y los Distritos de Riego 025 y 026 resaltados en la imagen. (CONAGUA, 2024).

Asimismo, dentro la Región Hidrológica No. 24 se encuentra la Cuenca RH24A “Río Bravo–Matamoros–Reynosa” la cual tiene una extensión de 8,580 km² dentro del territorio estatal. (INEGI, 1983).

Dentro de la Cuenca RH24A Río Bravo–Matamoros hay 3 subcuencas, las cuales son (INEGI, 1983):

- Subcuenca RH24AA “Río Bravo–Matamoros”
- Subcuenca RH24AB “Río Bravo–Reynosa”
- Subcuenca RH24AC “Río Bravo–Anzaldúas”

La Subcuenca RH24AA “Río Bravo–Matamoros” cuenta con un área aproximada de 1,584 km² y tiene como su principal corriente hídrica, la porción final del Río Bravo en su desembocadura con el Golfo de México (ver la Imagen 48). Se caracteriza por contener arroyos que atraviesan con sentidos y trayectorias erráticas y la proliferación de acumulaciones de aguas, tanto perennes como intermitentes con diversas formas y tamaños.

Las principales corrientes perennes de agua de esta Subcuenca son las siguientes (INEGI, 2010):

- Río Bravo
- Arroyo El Tigre
- Arroyo Cajas Pintas
- Arroyo del Diablo

Las principales corrientes intermitentes de agua de esta Subcuenca son las siguientes (INEGI, 2010):

- Arroyo La Pita
- Arroyo de En Medio

Las principales cuerpos de agua (lagunas) de la Subcuenca son los siguientes (INEGI, 2010):

- El Barril
- Mar Negro
- San Juan
- Los Pretiles
- Santa María
- Tío Castillo
- La Lobera
- Horcones
- Las Piedras de Alumbre
- Cinco de Mayo
- Media Luna
- Cabrito
- Rosario
- La Hormiga
- La India
- Las Cuatas
- Tres Mezquites
- La Palangana
- La Leona

Un aspecto importante que ha alterado el comportamiento hídrico natural de la Subcuenca RH24AA y cuya finalidad ha sido controlar las zonas inundables y desalojar las aguas residuales de la Ciudad de Matamoros es la construcción, presencia y geometría de los drenes de aguas pluviales y residuales.

Los drenes más importantes son los siguientes (CILA, 2021):

- Dren Principal
- Dren del Mar
- Dren 20 de noviembre
- Dren Las Vacas
- Emisor Pluvial
- Dren 32 Izquierdo

La red formada por estas obras de infraestructura hidráulica presenta una dirección de flujo dominante hacia el sur hasta desembocar en las lagunas cercanas a la costa del Golfo de México. El Dren del Mar, canal que recibe las aguas colectadas en la porción oriente de Matamoros, cambia en dirección hacia el sureste a la altura del Aeropuerto General Servando Canales y desemboca en la Laguna El Barril, muy cerca del Golfo de México. (INEGI, 2013).

El Dren Principal, por su parte, recibe las aguas pluviales y residuales del poniente de Matamoros, continúa en dirección sur hasta la Planta Tratadora de Aguas Residuales (PTAR Matamoros Oeste). Durante este trayecto el Dren Principal corre paralelamente a la Carretera Federal Matamoros–Cd. Victoria por su flanco derecho. (CILA, 2021). Una vez pasando la PTAR Matamoros Oeste el dren cambia de dirección hacia el sureste y cruza la carretera Matamoros–Cd. Victoria a la altura del kilómetro 22. Posteriormente, el dren continúa en dirección sureste con trayectoria semiparalela a la Carretera Estatal al Mezquital para finalmente desembocar en el Arroyo del Diablo a la altura del Ejido Buena Vista El Alto. Dicho arroyo continúa su cauce hasta la Laguna Saltillo, la cual regula el ingreso de agua a la Laguna Madre. (Servicio Geológico Mexicano, 2008).

4.4.2 Hidrogeología

Tradicionalmente toda el área comprendida por la Subregión Hidrológica 24–G ha sido considerada como una sola entidad acuífera conocida como Acuífero Bajo Río Bravo (ABRB) identificada con la clave 2801. Sin embargo, en diferentes sitios de este acuífero la calidad del agua es muy variable y las unidades litológicas que han sido perforadas con pozos de extracción son muy heterogéneas ya que existen cambios litológicos muy bruscos en cortas distancias, tanto horizontales como verticales. Estos cambios son producto de la compleja interestratificación de capas y lentes de arcillas, limo, arenas y gravas que se originaron en planicies de inundación, depósitos aluviales y fluviales del Río Bravo, y en paleodeltas y paleocauces del mismo río. Como consecuencia de esta compleja interestratificación se tiene un sistema acuífero semiconfinado. (CONAGUA, 2024).

Asimismo, existen estudios técnicos, realizados en las últimas cinco décadas, de esta Subregión Hidrológica que confirman la variabilidad de la calidad del agua y la heterogeneidad litológica ya mencionados.

Hasta ahora conocemos la geología local y regional de la zona, la estratigrafía, la geología estructural, así como la fisiografía, edafología, el clima, y otros aspectos geográficos del área donde se ubica el predio del relleno sanitario. Sólo queda describir los acuíferos que se encuentran en esta región sobre todo en la zona donde está ubicado el relleno sanitario tal y como lo exige la NOM–083–SEMARNAT–2003.

En el año 2006, CONAGUA definió los tipos de acuíferos que existen (ver la *Imagen 49*), en base a los resultados de los trabajos realizados dentro de la Subregión Hidrológica 24–G “*Bajo Río Bravo*”. Se definieron estas nuevas unidades hidrogeológicas en base a los siguientes criterios:

- características litológicas de las unidades productoras de agua subterránea
- parámetros físico–químicos del agua extraída
- estratigrafía de la zona
- volumen de producción de agua subterránea de la unidad hidrogeológica

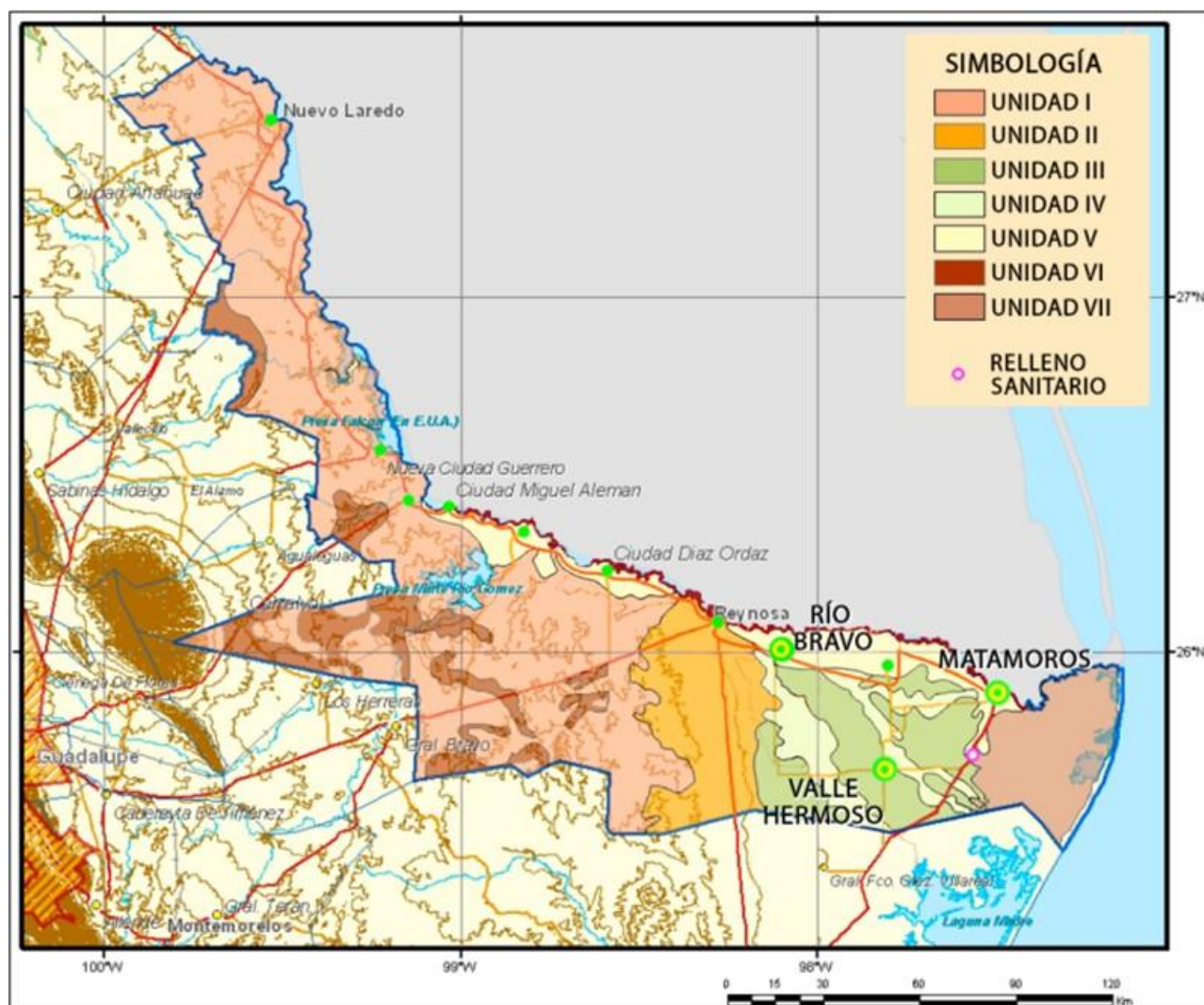


Imagen 49. Subregión Hidrológica 24–G con las unidades acuíferas definidas a partir del estudio realizado por CONAGUA en 2006. De acuerdo con la distribución de estas unidades acuíferas, el Relleno Sanitario de Matamoros está emplazado sobre la Unidad III muy cerca del contacto con la Unidad VII.
Modificado de (CONAGUA, 2024).

Con la aplicación de estos criterios se describen las siguientes unidades hidrogeológicas:

- **UNIDAD I.** Acuífero pobre a muy pobre con agua subterránea de mala calidad. Esta unidad hidrogeológica incluye a las formaciones geológicas del Paleógeno y Mioceno. Las formaciones geológicas de esta unidad hidrogeológica se caracterizan por estar inclinadas de forma suave hacia el centro de la Cuenca de Burgos (ver la Imagen 37). En consecuencia, en el municipio de Valle Hermoso se localiza a una profundidad superior a los 700 metros. (CONAGUA, 2024).

- **UNIDAD II.** Acuífero de potencialidad media con agua subterránea de calidad buena a regular. Esta unidad hidrogeológica está constituida por la Formación Goliad del Plioceno y la Formación Lissie del Pleistoceno (ver la *Tabla 8*). Las formaciones geológicas de esta unidad hidrogeológica se encuentran inclinadas hacia el centro de la Cuenca de Burgos (ver la *Imagen 37*). En el municipio de Valle Hermoso se encuentra cerca de los 300 metros de profundidad. (CONAGUA, 2024).
- **UNIDAD III.** Acuitardo con algunos horizontes acuíferos de baja potencialidad. Esta unidad hidrogeológica produce agua subterránea de muy mala calidad y está representada por la Formación Beaumont del Pleistoceno (ver la *Tabla 8*). (CONAGUA, 2024). Sobre esta unidad hidrogeológica se encuentran desplantadas las obras de infraestructura que conforman el relleno sanitario de Matamoros (ver la *Imagen 49*).
- **UNIDAD IV.** Acuífero de potencialidad media a baja y de poco espesor. Esta unidad hidrogeológica produce agua subterránea de baja calidad y está conformada por sedimentos cuaternarios acumulados en los paleocauces del Río Bravo. (CONAGUA, 2024).
- **UNIDAD V.** Acuífero de potencialidad media. Tiene agua de buena calidad y está constituido por sedimentos aluviales recientes del Río Bravo con espesores irregulares que varían de 200 metros a menos de 15. Esta unidad hidrogeológica está expuesta cerca del cauce actual del Río Bravo principalmente entre las ciudades de Reynosa y Matamoros. (CONAGUA, 2024).
- **UNIDAD VI.** Acuífero pobre a muy pobre. Tiene agua de calidad regular a muy baja y está constituido por sedimentos aluviales de poco espesor. (CONAGUA, 2024).
- **UNIDAD VII.** Acuitardo con agua de calidad mala a muy mala. Está emplazado en los depósitos lagunares y costeros que se ubican al oriente del municipio de Matamoros. (CONAGUA, 2024).

La información obtenida del estudio realizado por CONAGUA en 2006 indica que las unidades hidrogeológicas con enorme potencial de producción y con buena calidad de agua subterránea son las unidades hidrogeológicas II y V. A la unidad II se le denomina “Acuífero Sur de Reynosa” y a la unidad V se le denomina “Acuífero Reynosa–Matamoros”.

El Acuífero Sur de Reynosa se extiende al sur de la ciudad de Reynosa siguiendo la trayectoria de la Carretera Federal 97 conocida como carretera Reynosa–San Fernando llegando a distanciarse hasta 35 kilómetros hacia al poniente de la misma carretera. El Acuífero Reynosa–Matamoros se encuentra las ciudades de Reynosa y Matamoros y ocupa preferentemente la franja comprendida entre el Río Bravo y la Carretera Federal 2 Matamoros–Reynosa.

Estos dos sistemas acuíferos se encuentran separados por la unidad hidrogeológica III que se comporta como un acuitardo y sólo en sus horizontes más arenosos se comporta como acuífero de baja productividad con agua muy salada. A este sistema acuífero se le denomina “Acuitardo Beaumont”. (CONAGUA, 2024).

Los resultados del estudio hidrogeológico realizado por CONAGUA en 2006 arrojaron las siguientes conclusiones (CONAGUA, 2024):

- El agua subterránea de mejor calidad se puede extraer de los depósitos sedimentarios cercanos al cauce actual del Río Bravo.
- La salinidad del agua incrementa con la profundidad, por lo tanto, las aguas más salinas se encuentran a más de 150 metros de profundidad.
- La productividad de los pozos y la calidad del agua decrecen conforme aumenta la distancia al Río Bravo y se alejan de su área de influencia.
- El agua dulce y ligeramente salina se puede extraer a menos de 30 metros de profundidad y su distribución está concentrada principalmente en los acuíferos someros de las Formaciones Goliad y Lissie y en zonas cercanas al cauce actual del Río Bravo.
- El incremento de la salinidad con la profundidad está relacionado con procesos de disolución de minerales contenidos en los sedimentos.
- La mayor parte de los acuíferos de la Subregión Hidrológica 24–G “Bajo Río Bravo” está afectada por salinidad registrando concentraciones de STD que van desde los 600 mg/l hasta más de 11,000 mg/l siendo los iones cloruro y sodio los más abundantes.
- Existen lentes someros de poco espesor de sedimentos que se originaron de antiguos cauces abandonados (meandros) del Río Bravo. Sin embargo, al encontrarse desconectados del cauce actual su recarga con agua dulce está limitada únicamente a la lluvia local.

Con la información recopilada principalmente del estudio de CONAGUA por ser el más completo y más reciente se puede concluir que las operaciones del relleno sanitario de Matamoros no pueden afectar significativamente la calidad del agua del sistema acuífero subyacente. El Acuitardo Beaumont tiene una producción limitada de agua con una calidad muy baja. En el caso de una contingencia, por ejemplo, fuga de lixiviados o un derrame de sustancias químicas, la calidad del agua del subsuelo no se vería muy afectada ya que los resultados de los estudios de mecánica de suelos y la estratigrafía de la zona son muy favorables al proyecto. El suelo de la zona es muy arcilloso y tiene una permeabilidad inferior al 1×10^{-7} cm/s, cuyo valor está establecido en la NOM–083–SEMARNAT–2003. El espesor promedio de la capa de suelo arcilloso es de un metro y el agua extraída del Acuitardo tiene altos niveles de salinidad, una alta conductividad y una cantidad de STD muy elevado. La calidad del agua de este acuitardo no es apta para el consumo humano, ni para las actividades ganaderas y tampoco para el riego agrícola.

Durante los estudios de campo dentro del predio del relleno sanitario de Matamoros se pudo determinar la profundidad al nivel estático ubicándose entre los 2.5 y los 3.5 metros. (Banco de Desarrollo de América del Norte, 2007). Como medida preventiva, las celdas de disposición final cuentan con un aislamiento del suelo que consisten en geomembranas de polietileno de alta densidad termofusionadas para prevenir la infiltración de lixiviados y contaminantes en el subsuelo (ver las *Imágenes 13, 24 y 25*).

Si el sitio de disposición final se mantiene operando con eficiencia y apegado a los lineamientos establecidos en la NOM–083–SEMARNAT–2003, la supervisión de las actividades operativas es continua y el mantenimiento de las instalaciones es adecuado, entonces las situaciones donde podría ocurrir una contingencia como fugas, derrames o cualquier otro incidente de impacto ambiental sería durante la ocurrencia de fenómenos hidrometeorológicos como se explica a continuación.

4.5. Fenómenos hidrometeorológicos en la región

4.5.1 Tipos y probabilidad de ocurrencia

Los fenómenos hidrometeorológicos son los que más daños causan a la población. Entre el año 2000 y 2018, las dependencias federales emitieron declaratorias de desastre a 2,050 municipios del país. Los municipios resultaron afectados por fenómenos hidrometeorológicos en un 84.1% y por eventos geológicos en 15.9%. (ONU-Habitat, 2019).

Los municipios de Matamoros y Valle Hermoso únicamente son susceptibles de ser afectados por los fenómenos hidrometeorológicos (100%) mientras que el riesgo de ser afectados por eventos geológicos es nulo (0%).

Debido al impacto que pueden provocar a la infraestructura del relleno sanitario se deben conocer las vulnerabilidades de las instalaciones y estar preparados con planes de contingencia para que el servicio de disposición final no se vea interrumpido.

Los tipos de fenómenos hidrometeorológicos que pueden impactar en el noreste de Tamaulipas y, en consecuencia, las instalaciones del relleno sanitario son los siguientes:

- Los relacionados con precipitaciones atípicas como: lluvias torrenciales, tormentas y granizadas
- Los relacionados con el clima frío extremo como: heladas y nevadas
- Los ciclones tropicales (huracanes y tormentas tropicales)

4.5.2 Lluvias torrenciales, tormentas y granizadas

El clima que predomina en el municipio de Matamoros es semicálido subhúmedo con escasas lluvias, principalmente en verano. (INEGI, 2010). Las temperaturas en verano superan los 30°C y la precipitación media anual en el territorio municipal es de 500 a 700 mm anuales. (INEGI, 2010).

En la región noreste de Tamaulipas las lluvias torrenciales varían de 140 mm a 260 mm por día. En la porción noroeste del municipio de Matamoros hacia el límite con el municipio de Río Bravo se registran los niveles más bajos de precipitación torrencial mientras que en la porción sureste hacia el límite con el municipio de San Fernando se tienen valores de 260 mm por día. (Gobierno del Estado de Tamaulipas & Servicio Geológico Mexicano, Atlas de riesgo de los municipios de Matamoros y Valle Hermoso del Estado de Tamaulipas, S.F.).

En el noroeste del municipio el promedio anual de días con tormenta es de 2, el cual aumenta a 8 días hacia la región costera y sur del municipio y en la zona de la Laguna Madre. Los meses con más tormentas son noviembre y diciembre. (Gobierno del Estado de Tamaulipas & Servicio Geológico Mexicano, Atlas de riesgo de los municipios de Matamoros y Valle Hermoso del Estado de Tamaulipas, S.F.).

En los registros de CNA/CONAGUA para el periodo 1979–2008 no han ocurrido granizadas en el municipio.

4.5.3 Heladas y nevadas

Debido a que las estaciones climatológicas en la región noreste de Tamaulipas no cuentan con registros de heladas ni nevadas sólo se puede recurrir a información de otras fuentes de las cuales sólo se tiene registros de dos eventos de frío extremo que afectaron a los municipios de Matamoros y Valle Hermoso. La helada más reciente ocurrió en enero de 2010 y la nevada más reciente en diciembre de 2004. (Gobierno del Estado de Tamaulipas & Servicio Geológico Mexicano, Atlas de riesgo de los municipios de Matamoros y Valle Hermoso del Estado de Tamaulipas, S.F.).

4.5.4 Ciclones tropicales y huracanes

Los ciclones tropicales son monitoreados por el Centro Nacional de Huracanes de la NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) en Florida, Estados Unidos, quien a su vez manda información de la trayectoria y velocidad de desplazamiento del meteoro al Servicio Meteorológico Nacional de México el cual genera las alertas a la población de las zonas afectadas. (Gobierno del Estado de Tamaulipas & Servicio Geológico Mexicano, Atlas de riesgo de los municipios de Matamoros y Valle Hermoso del Estado de Tamaulipas, S.F.).

La temporada de ciclones tropicales y huracanes comienza en junio y termina en octubre y el noreste de Tamaulipas ha sido históricamente afectado por huracanes de diversa magnitud (ver *Imágenes del 51 al 60*).

Los huracanes pueden causar afectaciones severas debido a dos factores: el viento y la humedad. Los vientos más fuertes se presentan alrededor del ojo del meteoro y sus áreas de afectación son reducidas. (Capurro, 2001). El nivel de afectación generado por los vientos depende de la calidad de las construcciones y obras de infraestructura. El segundo factor, la humedad, es el que genera la afectación más extendida y provoca lluvias regionalmente fuertes ocasionando inundaciones. Las inundaciones producto de las tormentas tropicales y huracanes son las que más daños económicos generan y son responsables de tres cuartas partes del número de decesos registrados. (Capurro, 2001).

Durante el periodo 2000–2018, el 43.4% de las Declaratorias de Desastres emitidas en México corresponden a ciclones tropicales y huracanes. (ONU-Habitat, 2019).

En la literatura se menciona que el Huracán Beulah, de categoría 5, es el ciclón tropical que ha generado las afectaciones más fuertes en el norte de Tamaulipas. El 20 de septiembre de 1967, el ojo del huracán tocó tierra en las costas de Matamoros, específicamente al sur de Playa Bagdad muy cerca de la Laguna El Barril que se ubica entre la desembocadura del Río Bravo y la Laguna Madre (ver la *Imagen 51*). El huracán siguió su avance hasta cruzar a Texas ya como huracán categoría 3. (El Mañana, 2019).

La tormenta tropical es el tipo de ciclón tropical de mayor recurrencia con un promedio de 8.1 años y con un intervalo mínimo de 2 años y máximo de 36. El huracán categoría 1 es el segundo evento de mayor recurrencia con un promedio de 18.4 años mientras que el huracán categoría 2 presenta un promedio de 28.2 años. La depresión tropical y los huracanes categoría 3 y 4 son los tipos de ciclón tropical menos recurrentes (ver la *Imagen 50*). El Huracán Beulah, de categoría 5, es el único ciclón tropical de su tipo en

presentarse en el noreste de Tamaulipas. (Gobierno del Estado de Tamaulipas & Servicio Geológico Mexicano, Atlas de riesgo de los municipios de Matamoros y Valle Hermoso del Estado de Tamaulipas, S.F.).

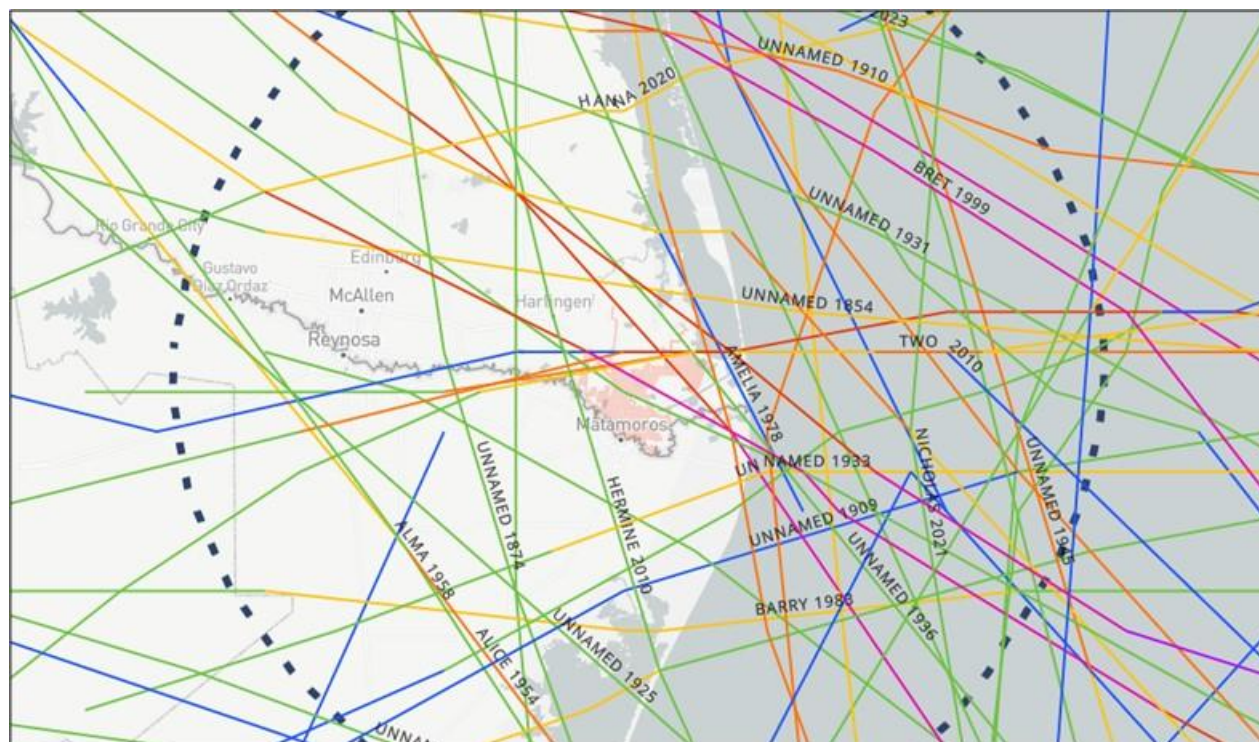


Imagen 50. Trayectorias, año y nombre de los principales ciclones tropicales que han azotado el noreste de Tamaulipas hasta el año 2024. Las trayectorias de las tormentas tropicales están indicadas en color verde.

Las trayectorias de las depresiones tropicales están indicadas en color azul. Las trayectorias de los huracanes categoría 1 están indicados en color amarillo. En color naranja están indicadas las trayectorias de los huracanes categoría 2. La trayectoria de los huracanes categoría 3 aparecen indicados en color rojo.

La trayectoria de los huracanes categoría 4 está indicado en color rosa. Finalmente, aparece en color púrpura la trayectoria de los huracanes categoría 5.

(National Oceanic and Atmospheric Administration, 2023)

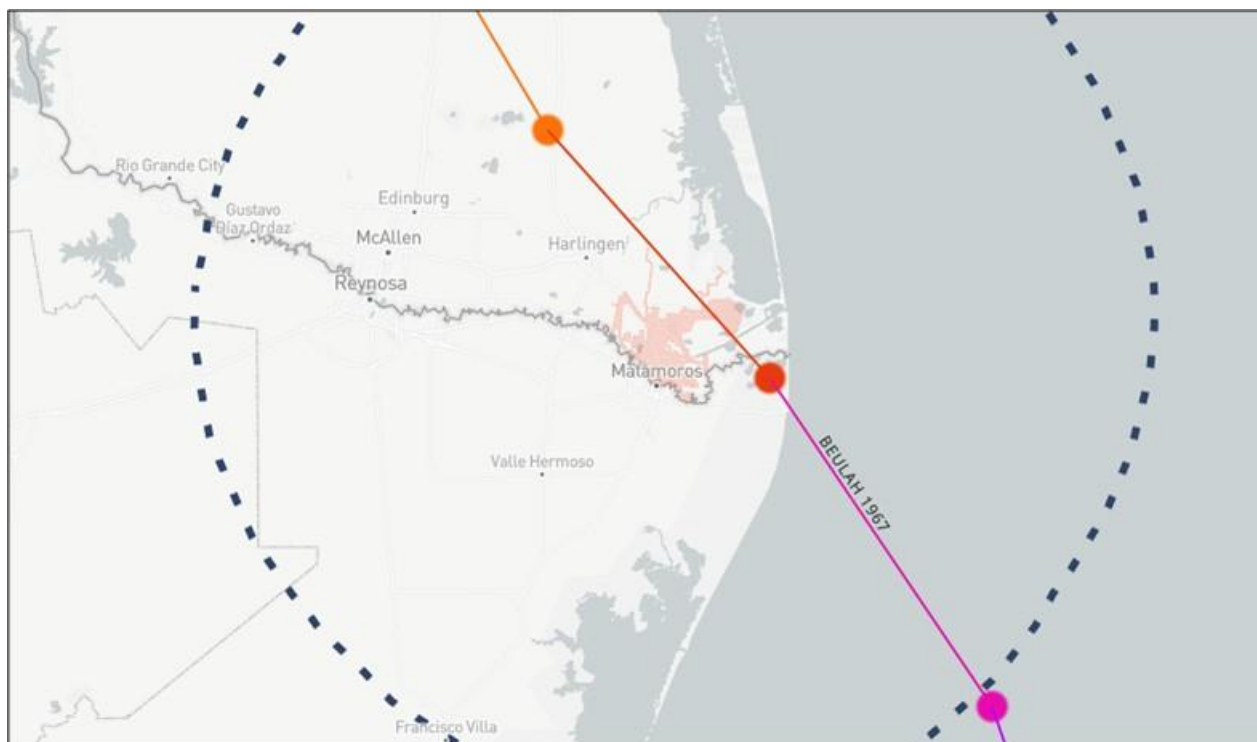


Imagen 51. Trayectoria del Huracán Beulah (1967) de categoría 5 al ingresar a territorio tamaulipeco. (National Oceanic and Atmospheric Administration, 2023).

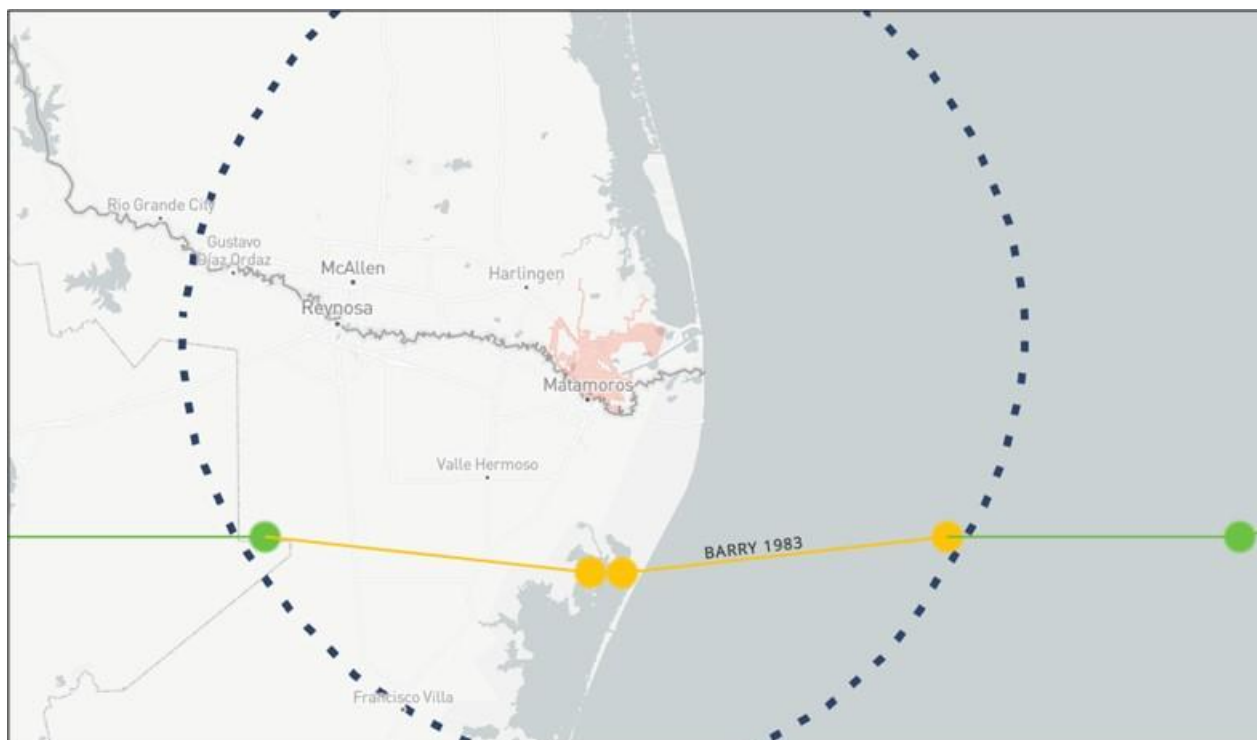


Imagen 52. Trayectoria del Huracán Barry (1983) de categoría 1 al ingresar a territorio tamaulipeco. (National Oceanic and Atmospheric Administration, 2023).

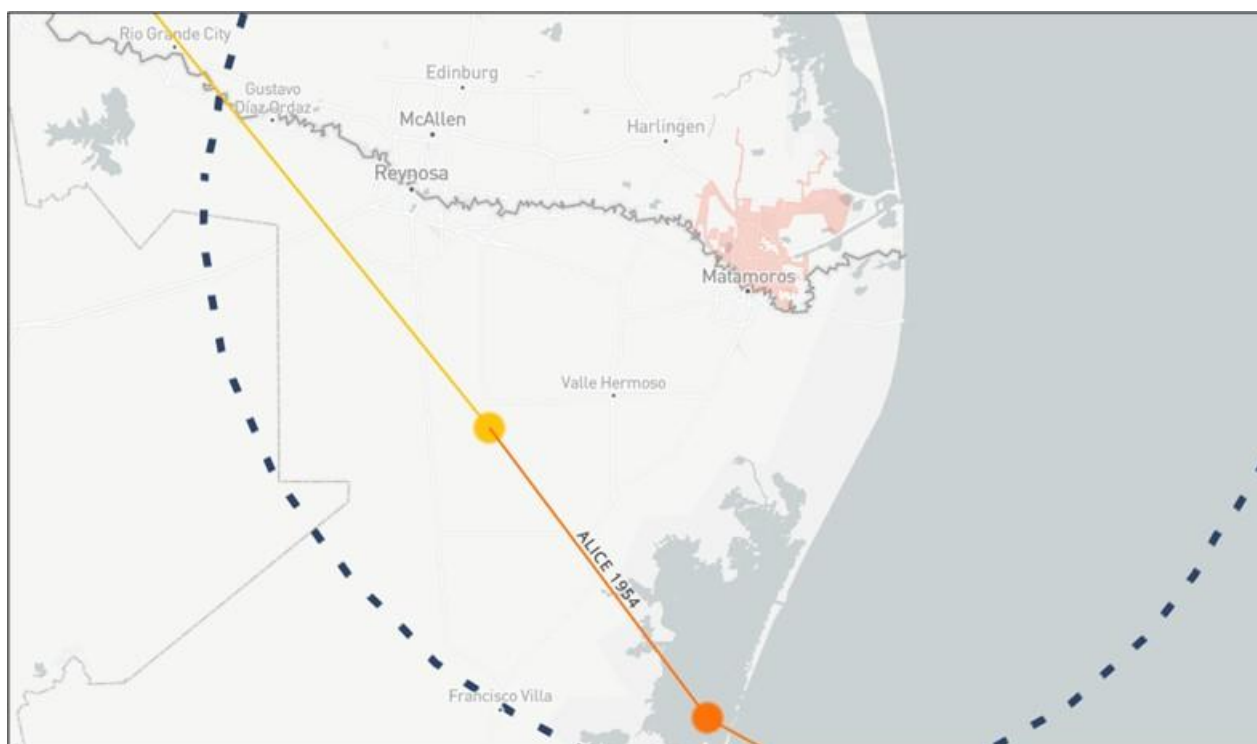


Imagen 53. Trayectoria del Huracán Alice (1954) de categoría 2 al ingresar a territorio tamaulipeco.
(National Oceanic and Atmospheric Administration, 2023).

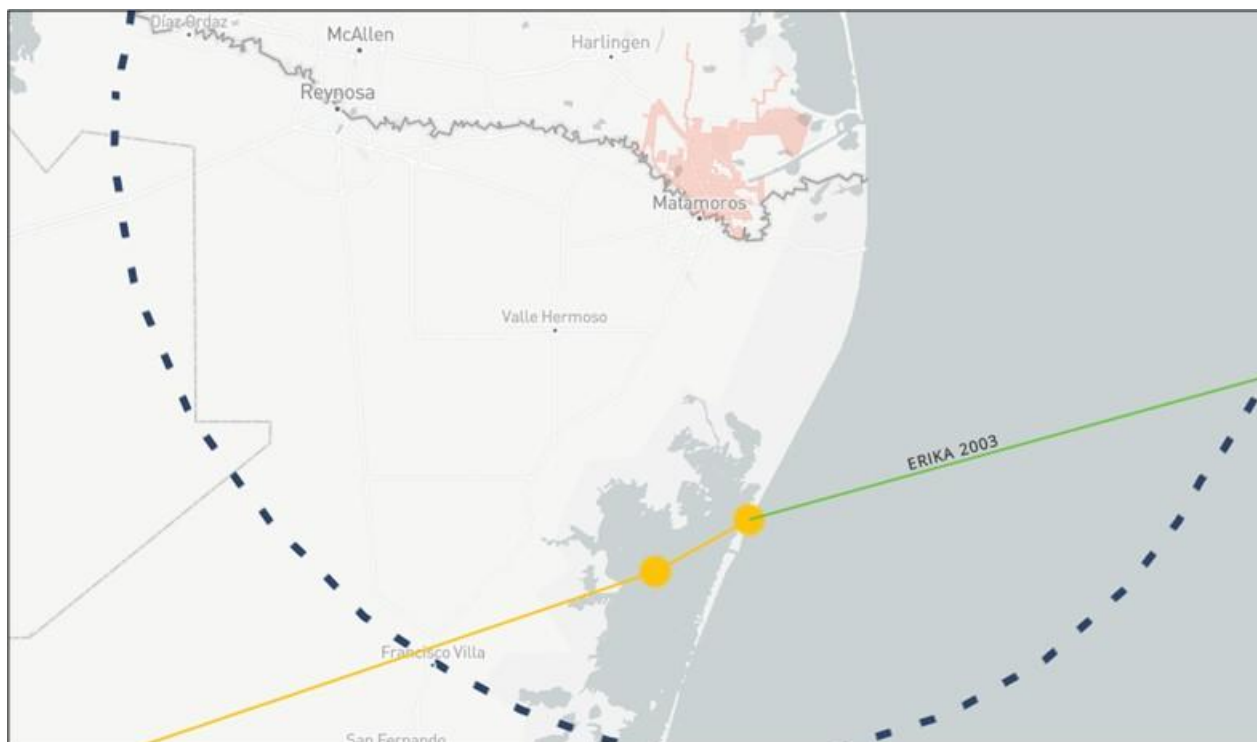


Imagen 54. Trayectoria del Huracán Erika (2003) de categoría 1 al ingresar a territorio tamaulipeco.
(National Oceanic and Atmospheric Administration, 2023).

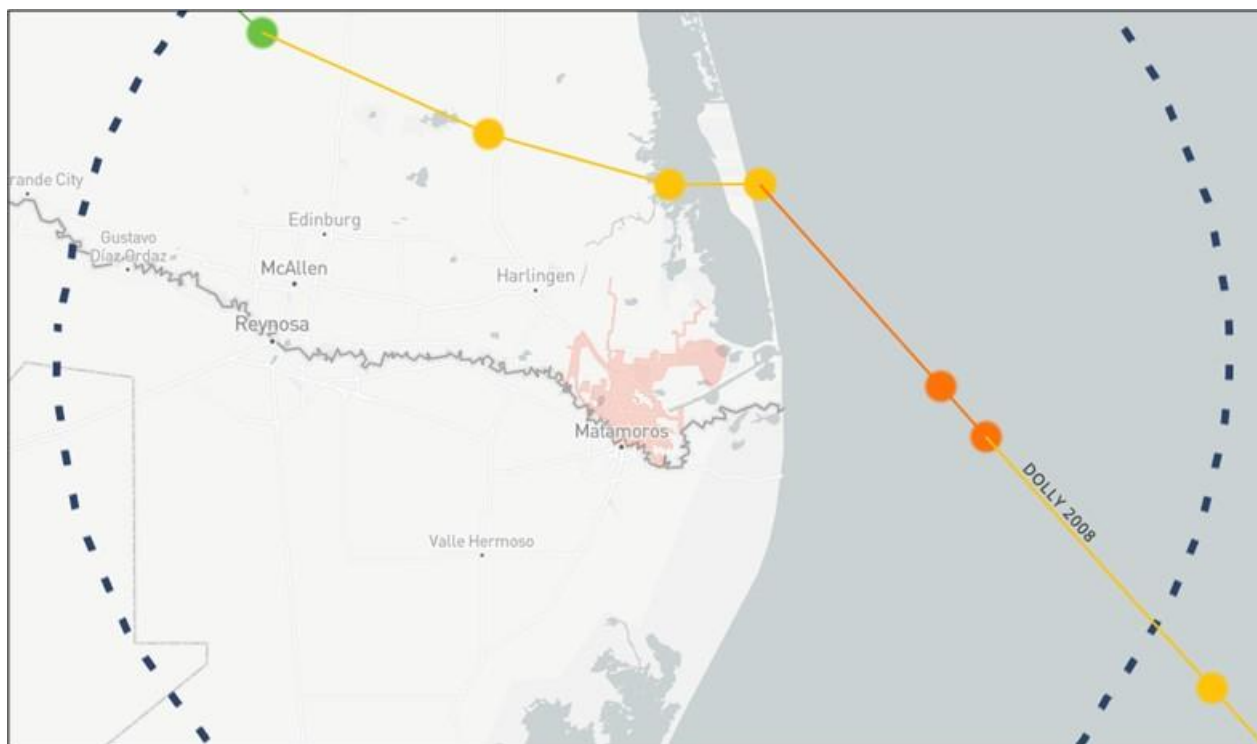


Imagen 55. Trayectoria del Huracán Dolly (2008) de categoría 2 al ingresar a territorio texano.
(National Oceanic and Atmospheric Administration, 2023).

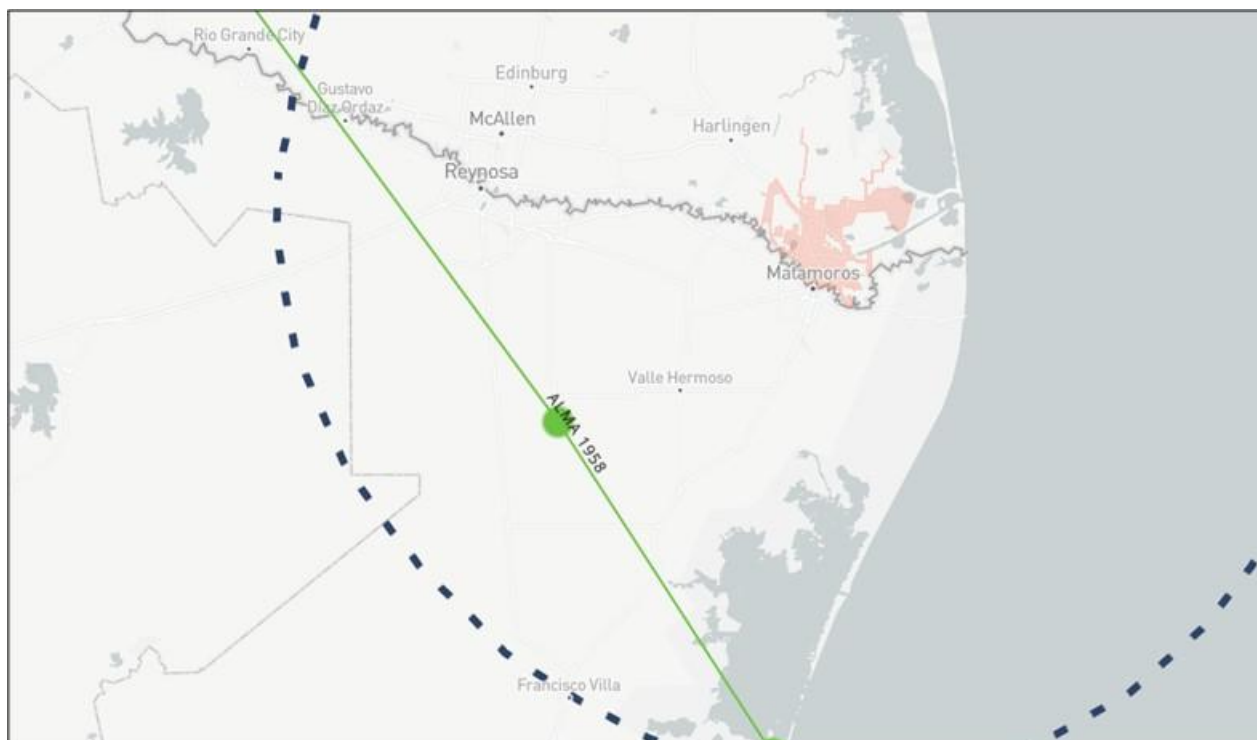


Imagen 56. Trayectoria de la Tormenta Tropical Alma (1958) al ingresar a territorio tamaulipeco.
(National Oceanic and Atmospheric Administration, 2023).

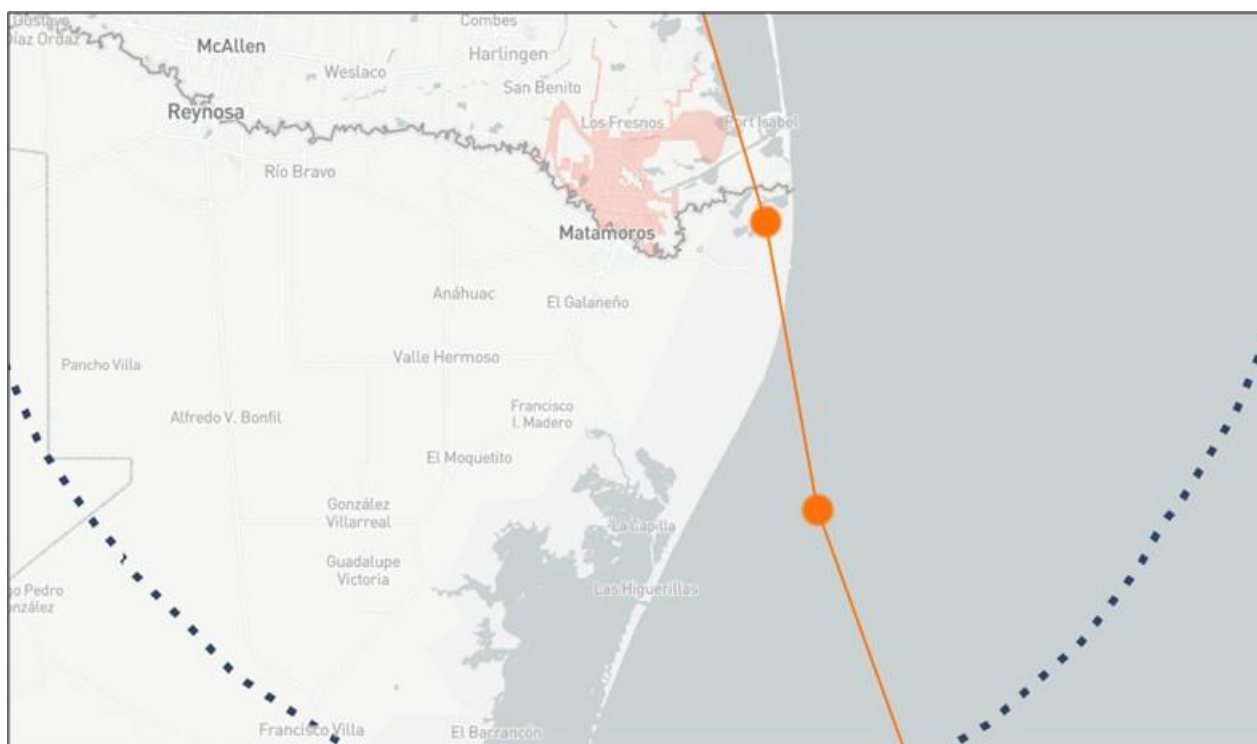


Imagen 57. Trayectoria de huracán sin nombre (1886) de categoría 2 al ingresar a territorio tamaulipeco. (National Oceanic and Atmospheric Administration, 2023).

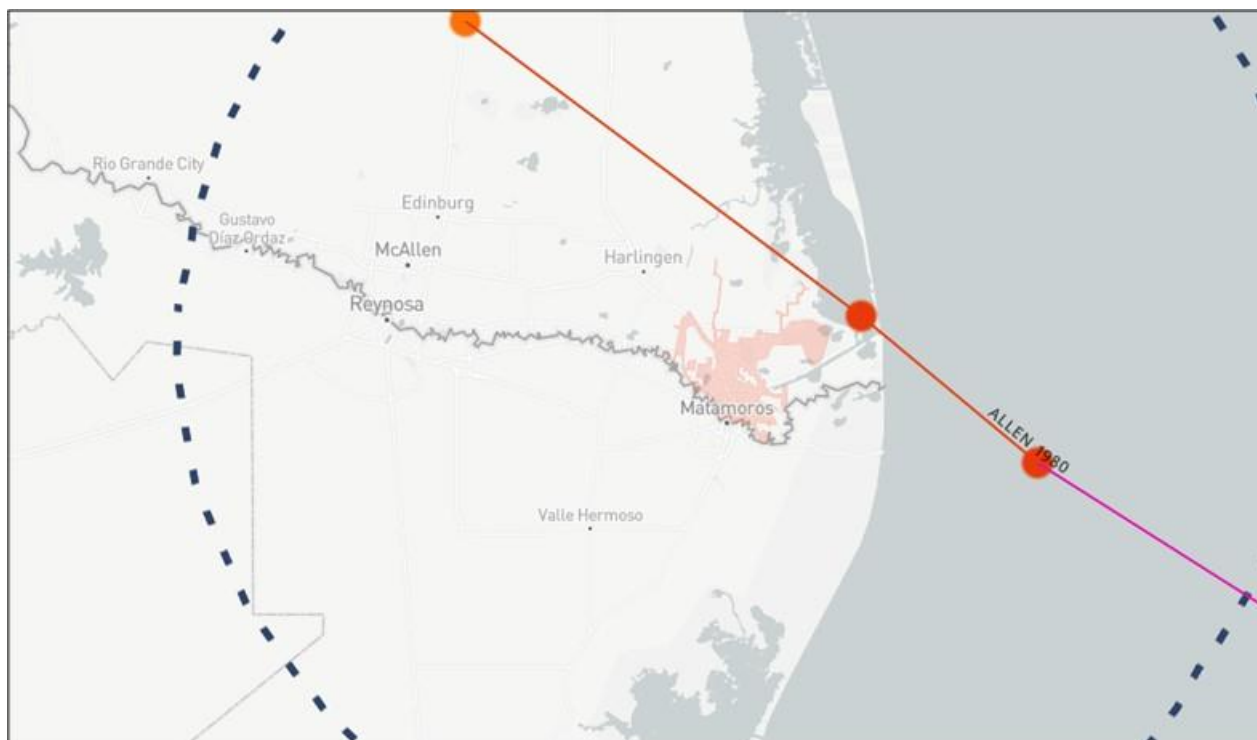


Imagen 58. Trayectoria del Huracán Allen (1980) de categoría 3 al ingresar a territorio texano. (National Oceanic and Atmospheric Administration, 2023).

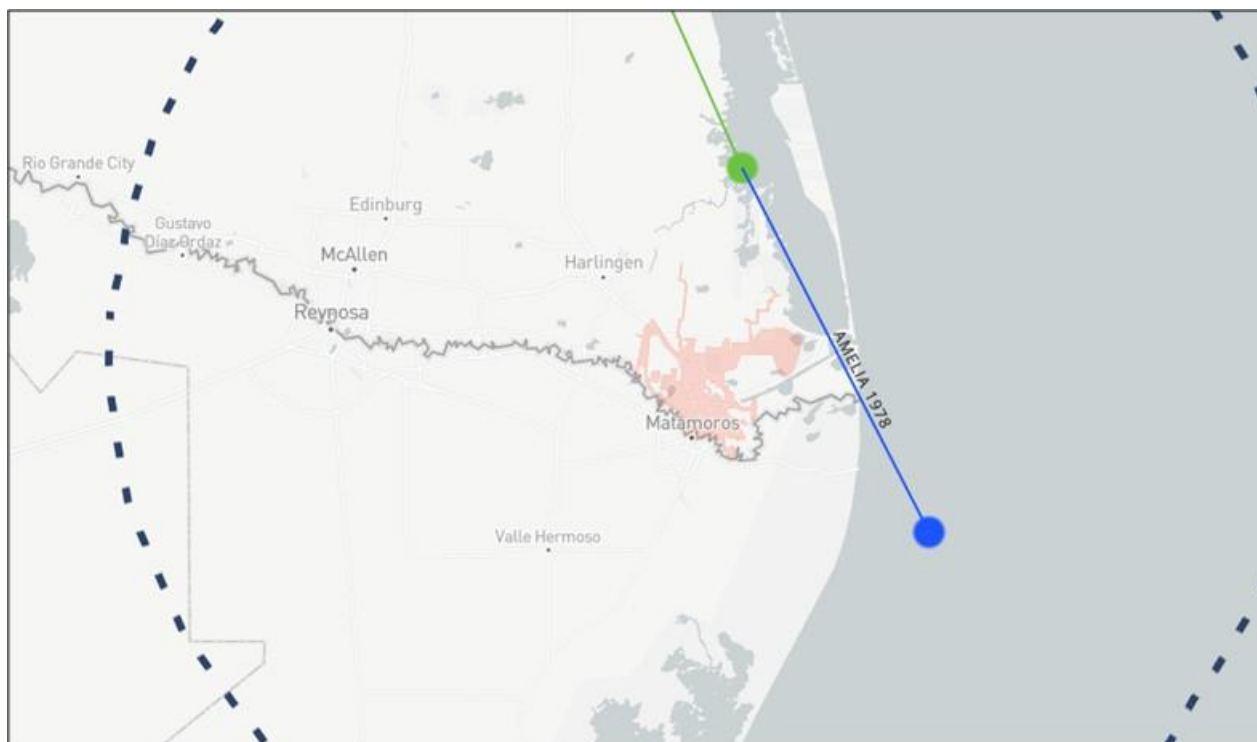


Imagen 59. Trayectoria de la Depresión Tropical Amelia (1978) frente a las costas de Matamoros.
(National Oceanic and Atmospheric Administration, 2023).

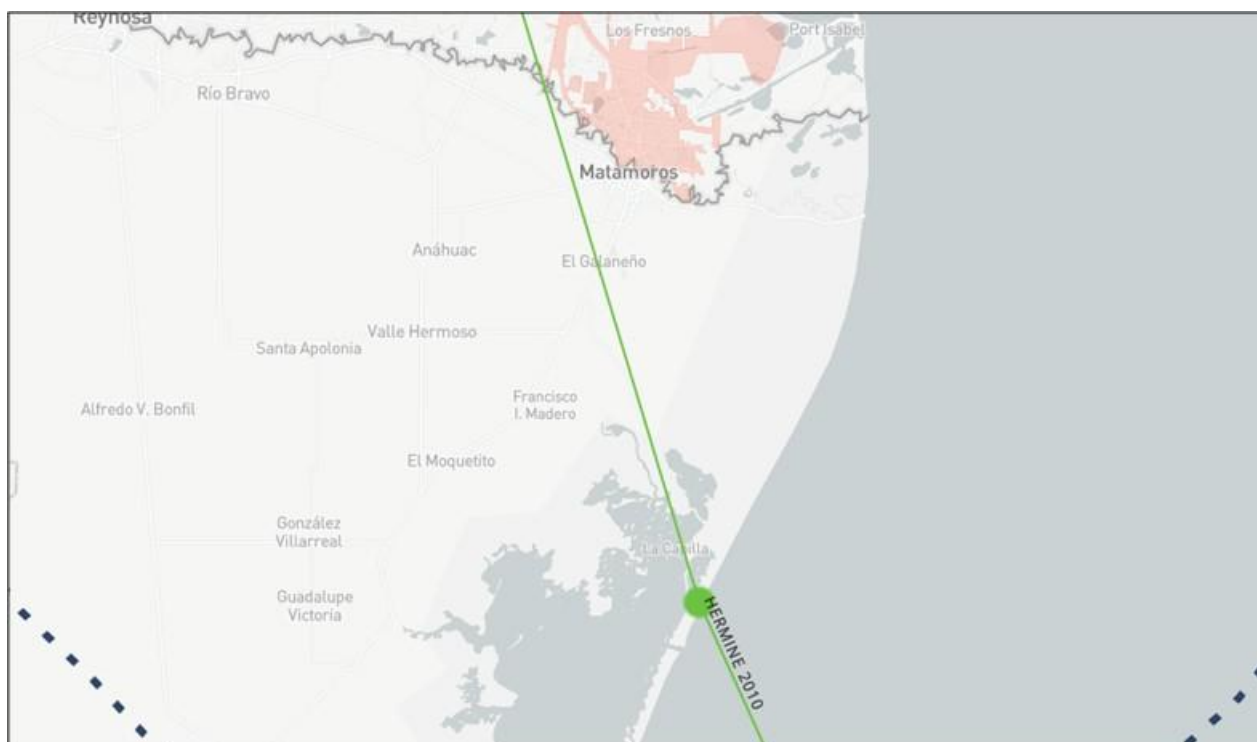


Imagen 60. Trayectoria de la Tormenta Tropical Hermine (2010) cerca de la ubicación del relleno sanitario.
(National Oceanic and Atmospheric Administration, 2023).

4.6. Riesgo geológico

4.6.1 Sismicidad

La probabilidad de que ocurran fenómenos geológicos que generen afectaciones en el noreste de Tamaulipas es prácticamente nula por las razones que se detallan a continuación.

La sismicidad es un fenómeno derivado de la dinámica interna de la Tierra que ha estado presente en la historia geológica del planeta y que se seguirá manifestando en el tiempo. (Gutierrez Martínez, y otros, 2021).

La interacción de las placas tectónicas origina rasgos geográficos y geomorfológicos tales como sierras, montañas y volcanes y también eventos sísmicos. La región noreste de Tamaulipas está asentada en la Cuenca de Burgos que tuvo muchos eventos geológicos en el pasado pero que actualmente ya cesaron. Las costas de Tamaulipas se ubican en una margen continental pasiva esto quiere decir que no ocurren eventos tectónicos ni sísmicos. (Eguiluz de Antuñano, 2011). A diferencia de lo que ocurre en las costas mexicanas del Pacífico donde existen límites de placas tectónicas tales como la Placa del Pacífico, Placa Norteamericana y la Placa de Cocos que interactúan entre sí desencadenando sismos y terremotos, en las costas del Golfo de México no se tienen esos rasgos tectónicos.

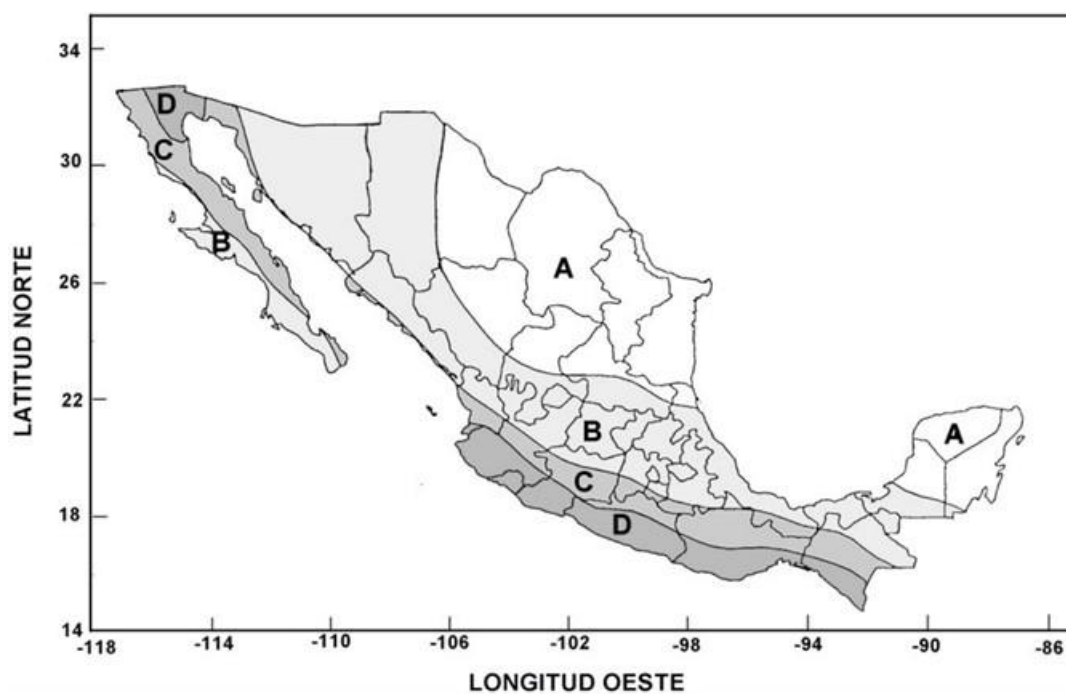
Con los avances más recientes en instrumentación sísmica y mayor cobertura geográfica con sismógrafos en diferentes regiones del país se han detectado microsismos apenas perceptibles en zonas donde no existían registros de sismicidad. En caso de presentarse uno, sería un sismo intraplaca apenas perceptible para la población.

El territorio nacional está dividido en 4 zonas según su nivel de peligro sísmico y se le conoce a esta clasificación como “regionalización sísmica”. (CFE, 1993). De acuerdo a esta clasificación existen las zonas A, B, C y D. La zona A corresponde a la zona de menor peligro, la zona B es de peligro medio–bajo, la zona C es de peligro medio–alto, y la zona D es la de mayor peligro.

A continuación, se explica con detalle las características de cada zona descrita en la regionalización sísmica:

- Zona A:** En esta zona no hay registros históricos de sismos y se espera que las aceleraciones del terreno sean menores al 10% de g .
- Zona B:** En esta zona el peligro sísmico es moderado.
- Zona C:** En esta zona el peligro sísmico es alto.
- Zona D:** En esta zona ocurren sismos de gran magnitud ($M > 7$) con frecuencia y se espera que las aceleraciones del terreno sean superiores al 70% de g .

Todo el territorio del Estado de Tamaulipas se encuentra dentro de la zona A (ver la *Imagen 61*) por lo que hay pocos riesgos asociados a la sismicidad que puedan representar una afectación a la población o causar daños severos a la infraestructura local. (Gobierno del Estado de Tamaulipas & Servicio Geológico Mexicano, Atlas de riesgo de los municipios de Matamoros y Valle Hermoso del Estado de Tamaulipas, S.F.).



*Imagen 61. Regionalización sísmica de México de acuerdo con la aceleración máxima esperada de las ondas sísmicas en la corteza terrestre.
(CFE, 1993)*

4.6.2 Actividad volcánica

No existen volcanes activos en el Estado de Tamaulipas.

4.6.3 Deslizamientos y remoción de masas

La inestabilidad de laderas sólo se presenta en zonas donde se tiene un relieve accidentado. El municipio de Matamoros está ubicado sobre una extensa llanura aluvial y sus pendientes son muy suaves. La altitud mínima en el municipio es al nivel del mar (0 metros) y su punto más alto es de 50 metros sobre el nivel del mar. (INEGI, 2010). En conclusión, no existe la probabilidad de que se presente este fenómeno en algún punto del municipio.

5. FLORA Y FAUNA

5.1. Vegetación típica del noreste de Tamaulipas

Como ya se mencionó en el subcapítulo 3.3.1, al interior del relleno sanitario se cuenta con vegetación secundaria como producto de las actividades acuícolas que previamente se habían desarrollado en este lugar y, en consecuencia, modificaron el ecosistema original del predio. Cabe resaltar que la cobertura vegetal nativa se encuentra perturbada debido al desarrollo de las actividades agrícolas y ganaderas que son el sustento económico de las comunidades rurales del noreste de Tamaulipas. A partir de la década de los años 40 del siglo pasado, la vegetación nativa dentro de la región que ocupa el Distrito de Riego 025 fue prácticamente arrasada para dedicar esas tierras a las actividades agrícolas. En ciertas áreas dentro de este Distrito de Riego y sus alrededores se encuentran terrenos dedicados al uso pecuario que están cubiertos con pastizales cultivados con numerosas especies introducidas para este fin. (INEGI, 1983).

A continuación, se va a mencionar las especies nativas de flora y fauna presentes en el noreste de Tamaulipas antes de proceder a un análisis acerca de los cambios en la cobertura vegetal y en las conductas de la fauna relacionadas con las actividades humanas y las actividades operativas del relleno sanitario.

5.1.1 Tipos de vegetación

Las comunidades vegetales predominantes alrededor del relleno sanitario consisten en dos tipos: pastizales y matorral espinoso tamaulipeco que a continuación se describen más adelante.

5.1.2 Pastizales

Se le conoce como pastizal o zacatal a toda la vegetación que abarca principalmente a las gramíneas, que crecen de forma silvestre, usualmente llamadas pastos o zacates. Comúnmente los pastizales se encuentran invadidos por matorrales espinosos y maleza indeseable. (Guzmán Lucio, 2016).

Las especies de gramíneas más comunes están enlistadas en la *Tabla 9* que aparece a continuación:

Nombre científico	Nombre común	Altura promedio (m)
<i>Aristida purpurea</i>	Tres aristas mexicano	0.3
<i>Sporobolus pyramidatus</i>	Zacatón piramidal	0.3
<i>Aristida pansa</i>	Tres aristas perenne	0.2
<i>Bouteloua trifida</i>	Navajita roja	0.3
<i>Tridens eragrostoides</i>	Tridente fino	0.9
<i>Tridens texanus</i>	Tridente texano	0.8
<i>Setaria texana</i>	Pajita texana	0.7
<i>Eragrostis intermedia</i>	Zacate llanero	0.9

Tabla 9. Especies de pastizales nativos encontrados en el noreste de Tamaulipas.
(Guzmán Lucio, 2016) & (Peterson, 2021).

El zacate Bermuda o también conocido con los nombres de grama común y césped (*Cynodon dactylon*) es uno de los pastizales más abundantes en la región. Se reproduce por medio de semillas, estolones y rizomas, y produce una inflorescencia en forma de estrella cuya disposición de sus espigas asemejan los dedos de una mano. Esta especie tiene un alto valor forrajero, puede crecer en sitios con alto grado de perturbación y puede resistir las temperaturas extremas de la región y las sequías. (GISD, 2010). A pesar de estas cualidades, se trata de una especie invasora introducida en los ecosistemas mexicanos. Además del zacate Bermuda existen otras especies exóticas introducidas en el norte de Tamaulipas. Las especies introducidas son las siguientes:

- Zacate buffel (*Cenchrus ciliaris*)
- Pasto pangola (*Digitaria decumbens*)
- Zacate guinea (*Panicum maximum*)
- Zacate Rhodes (*Chloris gayana*)

Los pastizales mencionados arriba se aprovechan como forraje para ganado bovino y equino. (INEGI, 1983).

La presencia de abundante maleza (ver la *Imagen 62*) en toda la región es una consecuencia directa de las actividades agrícolas que se han desarrollado a partir del establecimiento de los Distritos de Riego en 1942, los cuales han modificado las condiciones originales del lugar. Asimismo, el sobrepastoreo también ha contribuido a degradar la cobertura vegetal nativa.



Imagen 62. Muchas plantas catalogadas como maleza causan problemas de salud en el ganado que accidentalmente las ingiere. En esta imagen se puede observar que la cobertura vegetal que se hallaba alrededor de estas plantas (maleza) ha desaparecido indicando su carácter agresivo para competir por los nutrientes del suelo y exterminar a toda la vegetación circundante liberando toxinas en sus proximidades.

Fotografía tomada en la entrada del relleno sanitario.

Imagen propia.

5.1.3 Matorral espinoso tamaulipeco

Un matorral es una comunidad vegetal o asociación de plantas en las que sobresalen los arbustos y árboles pequeños con alturas menores a los 4 metros. (Molina Guerra, et al., 2019). Estas especies prosperan en climas secos y en condiciones desérticas y su composición cambia con la región. Existen diferentes variantes de matorrales dependiendo del grupo de especies más abundante. En algunos matorrales predominan las especies suculentas, mientras que en otros pueden predominar las especies espinosas con hojas pequeñas. Algunos ejemplos de matorrales son los siguientes: matorral submontano, matorral sarcocaula, vegetación halófila, matorral desértico rosetófilo, matorral espinoso tamaulipeco, matorral desértico micrófilo, matorral crasicaule, matorral subtropical, etc. (CONABIO, 2021).

El matorral espinoso tamaulipeco es un tipo de matorral que cubre una extensión de 25,569 km² y ocupa el 1.30% de la superficie del país. (CONABIO, 2021).

El matorral espinoso tamaulipeco se caracteriza por sus arbustos espinosos (ver las *Imágenes 63 y 64*) y lo componen principalmente los siguientes géneros: *Acacia*, *Cercidium*, *Leucophyllum*, *Opuntia*, *Prosopis*, *Castela*, *Cordia*, y *Celtis*. Se distribuye desde el sur de Texas hasta el noreste de México abarcando diversos municipios de Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas. (Molina Guerra, et al., 2019). Esta comunidad vegetal se desarrolla en terrenos planos y lomeríos, sobre suelos arcillosos profundos conocidos como vertisoles, casi desde el nivel del mar hasta los 800 metros de elevación y bajo la influencia de climas secos y semicálidos. (INEGI, 1983).

A continuación, se describen las especies vegetales más representativas del matorral espinoso tamaulipeco en la *Tabla 10*.

Nombre científico	Nombre común	Descripción y uso empleado
<i>Acacia berlandieri</i>	Huajillo	Arbusto de 1 a 2.5 metros de alto. El tallo está ramificado desde la base. Sus espinas son rectas y pequeñas. Tiene hojas compuestas con folíolos pequeños. Sus inflorescencias son blancas de forma esférica. Su vaina es de 7 a 12 centímetros de largo, elongada, recta o ligeramente curvada. Este arbusto es usado para leña y sus hojas y frutos tiernos son tóxicos al ganado. Florece de febrero hasta abril.
<i>Acacia farnesiana</i>	Huizache	Arbusto o árbol pequeño de 3 a 6 metros de alto, con estípulas rectas agrupadas en pares a lo largo de las ramas, de hojas compuestas bipinnadas y con numerosos folíolos. Se encuentran en altitudes inferiores a los 2,000 msnm y forma parte de la vegetación primaria. El tallo es usado como leña, carbón, y en la construcción rural. El fruto es una vaina subcilíndrica de 4 a 6 centímetros de largo que termina en punta aguda. Las flores de este arbusto son amarillas, esféricas y melíferas, y las hojas se emplean como forraje. Tiene uso medicinal diverso.
<i>Acacia greggii</i>	Uña de gato	Arbusto de 2 a 4 metros de altura. Tiene hojas compuestas con folíolos pequeños. El fruto de este arbusto es una legumbre elongada, de color café claro

		frecuentemente con tonos rojizos, que contiene semillas duras de color marrón oscuro. El tallo se utiliza como leña y en la construcción rural. Su nombre proviene de la forma curvada que adoptan sus espinas que se encuentran en las ramas. Florece de marzo a noviembre.
<i>Ebenopsis ebano</i>	Ébano	Árbol mediano de 3 a 12 metros de altura. Tiene espinas pareadas de 2 a 10 milímetros de largo en las ramas, sus hojas son compuestas y con folíolos pequeños. El tallo se emplea en la elaboración de carbón vegetal de buena calidad. El fruto de este árbol es una legumbre oblonga, recta a curvada, de 6 a 18 centímetros de largo. Las semillas de este árbol son obladas semi-redondas de color café oscuro. En algunas regiones se cultivan como ornamentales y para brindar sombra. Esta especie es muy abundante en esta región de Tamaulipas.
<i>Parkinsonia aculeata</i>	Retama	Árbol espinoso de 2 a 8 metros de altura. Su tronco es verde y liso cuando es joven y se vuelve rugoso y se oscurece durante la madurez. Sus ramillas tienen espinas de 7 a 12 milímetros de largo. Sus hojas son compuestas, finas y achatadas con folíolos pequeños y caedizos. El fruto de este árbol es una legumbre de coloración pardo claro al madurar, de 5 a 20 centímetros de largo. Florece de marzo a junio.
<i>Prosopis glandulosa</i>	Mezquite	Árbol mediano de 5 a 9 metros de altura que puede llegar a medir hasta los 14 metros de altura. Tiene pares de espinas rectas en las ramas, con hojas alternas, compuestas y folíolos pequeños. Se desarrolla en altitudes desde cero hasta 2,000 msnm. Se cultiva con frecuencia como árbol de sombra. Sus frutos son dulces y comestibles, que en conjunto con sus hojas se usan como forraje. Su madera es de magnífica calidad para la construcción, ebanistería, leña y carbón. Florece de marzo a septiembre y sus flores son melíferas. Se le atribuye propiedades medicinales (ver las <i>Imágenes</i> 65 y 66).
<i>Celtis pallida</i>	Granjeno	Arbusto o árbol pequeño de hasta 4 metros de alto. Su tronco es leñoso y sus ramas son espinosas y crecen en forma de zig-zag y sus hojas tienen forma ovoide con bordes aserrados. Los tallos de este árbol son usados como leña y sus frutos maduros son comestibles para el humano y fauna silvestre.
<i>Cordia boissieri</i>	Anacahuita	Arbusto o árbol pequeño que puede alcanzar una altura hasta de 8 metros. Se considera una especie ornamental, ya que es común verla en calles, parques y espacios públicos al aire libre. Esta especie es muy apreciada por sus abundantes flores blancas que contrastan con el color de su follaje. Esta especie florece de mayo a septiembre.
<i>Yucca filifera</i>	Palma china	Árbol que alcanza los 9 metros de altura con el tallo simple ramificados de una a tres veces en el ápice. En la cima del tallo posee hojas duras y puntiagudas de

		alrededor de 40 centímetros de largo que cuelgan y apuntan hacia todas direcciones y en varios ángulos. Esta planta es muy apreciada porque produce flores de color crema conocidas como chochas o flor de izote que son muy representativas de la gastronomía tamaulipeca. Durante el periodo de floración, la gente recolecta sus flores para elaborar una diversidad de platillos de temporada. Otro uso de esta especie es como planta ornamental por su estética.
<i>Opuntia engelmannii</i>	Nopal cuijo	Especie de la familia de las cactáceas. Este arbusto espinoso y ramificado llega a crecer hasta 2.5 metros de alto en la región. Sus cladodios, de color verde a verdeazulado, llegan a crecer de 20 a 30 centímetros de largo y de 12 a 20 centímetros de ancho con 2 centímetros de grosor. Las pencas y frutos de esta cactácea sirve de alimento para el ganado, fauna silvestre y al ser humano (ver la <i>Imagen 70</i>).
<i>Acanthocereus tetragonus</i>	Jacube (cruceta)	Especie de cactácea de morfología columnar con sección transversal con forma de cruz. Los brotes tiernos de la planta y su fruto dulce sirven de alimento para el ganado, fauna silvestre y al ser humano. Esta cactácea es parte de la gastronomía típica tamaulipeca. Los tallos de esta planta son fáciles de recolectar y preparar en guisados. Otros nombres para el jacube son: cruceta y nopal de cruz. Además del uso culinario esta cactácea tiene usos ornamentales y también se agrupan varios ejemplares para usarlos como cerca viviente (ver la <i>Imagen 67</i>).

Tabla 10. Especies principales del matorral espinoso tamaulipeco y su aprovechamiento por la población local.

(Molina Guerra, et al., 2019)





Imágenes 63 y 64. La característica común de los árboles y arbustos de esta región de clima semidesértico es que tienen muchas espinas. Algunos arbustos tienen hojas abundantes, sin embargo, la mayor parte de la vegetación tiene hojas pequeñas y escaso follaje. Fotografías tomadas al interior del Relleno Sanitario. Imágenes propias.

La vegetación predominante en la zona urbana de Matamoros y áreas periféricas la componen los árboles y arbustos como el mezquite (*prosopis glandulosa*), huizache (*acacia farnesiana*), huajillo (*acacia berlandieri*) y retama (*parkinsonia aculeata*). Los rasgos morfológicos comunes de estas especies vegetales consisten en la presencia de hojas compuestas y folíolos pequeños, así como la abundancia de espinas en las ramas y sus frutos ocurren en forma de vaina que contienen semillas semiesféricas y obladas, de color marrón oscuro. Las cactáceas generalmente se encuentran asociadas con los mezquites (ver las *Imágenes 67, 68, 69 y 70*).

El mezquite es una especie importante de la flora nacional, siendo predominante en ciertas regiones en donde las actividades antropogénicas han deteriorado notablemente sus poblaciones naturales (ver las *Imágenes 65 y 66*). Esta especie vegetal tiene una gran importancia en las cadenas tróficas de los ecosistemas donde se distribuye, sirviendo de alimento y resguardo de la fauna silvestre, como estabilizador del suelo y protector de las cuencas hidrográficas. Sin embargo, como ocurre con el resto de las especies de flora silvestre propias de esta región, no ha recibido la importancia que se merece.

En esta región, el mezquite es tan importante que los pobladores lo han aprovechado intensivamente para sobrevivir, siendo además una de las especies más ampliamente utilizadas y en muchos casos sobreexplotadas.



Imágenes 65 y 66. El árbol de mezquite (Prosopis glandulosa) es la especie vegetal más abundante en el norte de México y sur de Estados Unidos. En el municipio de Matamoros se le puede encontrar dentro del área urbana y en las zonas rurales. En las dos imágenes aparecen árboles de mezquite en las riberas del Río Bravo. Imágenes propias.



Imagen 67. Planta de jacube (Acanthocereus tetragonus), fotografía de la izquierda, es común encontrar esta planta en calles y mercados siendo comercializadas para su consumo. Imagen propia.

*Imágenes 68 y 69. Fotografías de la derecha, un par de biznagas chinas (Mammillaria heyderi).
Fotografías tomadas al interior del Relleno Sanitario.
Imágenes propias.*



*Imagen 70. Nopal con flores (Opuntia spp). Fotografía tomada al interior del Relleno Sanitario.
Imagen propia.*

5.2. Fauna de la región

5.2.1 Clase anfibia

El estado de Tamaulipas está incluido dentro de las dos grandes regiones biogeográficas, la Neártica y la Neotropical. El predio del relleno sanitario de Matamoros se encuentra dentro de la región denominada como Neártica. Las especies principales de anfibios que habitan en el noreste de Tamaulipas aparecen en la *Tabla 11* que se encuentra a continuación:

Familia	Nombre científico	Nombre común
Bufonidae	<i>Incilius valliceps</i>	Sapo costero (ver las Imágenes 71 y 72)
Ranidae	<i>Lithobates berlandieri</i>	Rana leopardo

*Tabla 11. Especies principales de anfibios encontrados en Matamoros.
(CONABIO, Enciclovida, 2025).*



Imágenes 71 y 72. Durante la temporada de lluvias es común encontrar sapos y ranas en el relleno sanitario y también en las colonias de la ciudad de Matamoros. Par de Fotografías tomadas al interior del Relleno Sanitario Regional. Este ejemplar corresponde a un sapo costero (Incilius valliceps). Imágenes propias.

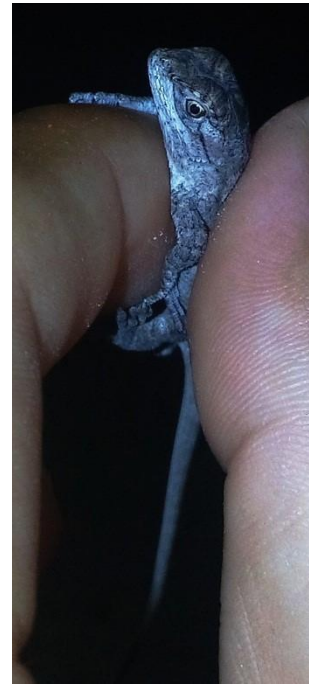
5.2.2 Clase reptilia

Las principales especies de reptiles que se encuentran en la zona del predio del relleno sanitario corresponden a serpientes (ver la *Imagen 82*) y lagartos. Hay una gran variedad de reptiles habitando el matorral espinoso tamaulipeco (ver la *Tabla 12*).

Dentro del relleno sanitario se han visto reptiles de hábitos diurnos y también de hábitos nocturnos (ver las *Imágenes 73, 74, 76 y 81*).

Familia	Nombre científico	Nombre común
Scincidae	<i>Plestiodon tetragrammus</i>	Eslizón de 4 líneas
Phrynosomatidae	<i>Phrynosoma cornutum</i>	Lagartija cornuda (ver las <i>Imágenes 78, 79 y 80</i>)
	<i>Sceloporus variabilis</i>	Lagartija espinosa vientre rosado
Viperidae	<i>Crotalus atrox</i>	Víbora de cascabel
Elapidae	<i>Micrurus tener</i>	Coralillo
Colubridae	<i>Coluber constrictor</i>	Culebra corredora
	<i>Oxybelis aeneus</i>	Bejuquillo

Tabla 12. Especies principales de reptiles nativos encontrados en Matamoros. (Comisión de Parques y Biodiversidad de Tamaulipas, 2023) & (CONABIO, 2023).



Imágenes 73 y 74. Ejemplar de gecko casero tropical (Hemidactylus mabouia), especie proveniente de África, que se ha adaptado muy bien al matorral espinoso tamaulipeco llegando a convertirse en especie invasora. (iNaturalistMX, 2025). Imagen propia.

Imagen 75. Ejemplar de abaniquillo verde del noreste (Anolis carolinensis). Esta especie no es nativa de México, sin embargo, se han avistado poblaciones importantes de esta especie en Matamoros. (iNaturalistMX, 2025). Imagen propia.

Imagen 76. Ejemplar de lagartija encontrada en la noche buscando alimentarse dentro de las instalaciones del relleno sanitario de Matamoros. Imagen propia.



Imagen 77. Fotografía de la izquierda, un abaniquillo verde del noreste (Anolis carolinensis) capturado dentro de un hogar en la ciudad de Matamoros. Imagen propia.

Imagen 78. Fotografía de la izquierda, se trata de una lagartija cornuda adulta (Phrynosoma cornutum) capturada al interior del relleno sanitario de Matamoros. Imagen propia.



Imágenes 79 y 80. Fotografías de una lagartija cornuda juvenil (Phrynosoma cornutum) capturada al interior del relleno sanitario de Matamoros. Imágenes propias.

Imagen 81. Fotografía de una lagartija buscando alimento durante la noche dentro del relleno sanitario de Matamoros. Imagen propia.



Imagen 82. Fotografía de una serpiente capturada al interior del Relleno Sanitario. Imagen cortesía del Ing. Magdaleno Rodríguez.

5.2.3 Clase aves

En el relleno sanitario llegan aves migratorias (ver la *Imagen 87*) que aprovechan los estanques piscícolas para reposar, refrescarse y alimentarse. Anteriormente, en este lugar estuvo en operaciones una granja acuícola que después fue abandonada y posteriormente fue acondicionada para funcionar como relleno sanitario (ver el *Subcapítulo 3.3.1*). Asimismo, las aves carroñeras aprovechan las instalaciones para consumir los desperdicios de comida que encuentran entre la basura (ver la *Imagen 84*). Dentro del relleno sanitario aún existen áreas verdes que no han sido alteradas por lo que es frecuente encontrar nidos de aves nativas (ver la *Imagen 83*).

La operación del relleno sanitario ha generado cambios profundos en el comportamiento de la avifauna local, como se describe a continuación.

La cercanía del mar respecto al relleno sanitario ha provocado un desplazamiento masivo de gaviotas (ver la *Imagen 88*). Estas aves viven en las zonas costeras y su alimentación se basa en la ingesta de peces y mariscos, sin embargo, han modificado sus hábitos alimenticios y aprovechan la facilidad que tienen para conseguir alimento entre la basura sin ningún esfuerzo. Estas aves sólo van al relleno sanitario a alimentarse

durante el día y se retiran al atardecer. Los zopilotes (ver la *Imagen 84*) y gavilanes también aprovechan la oportunidad para poder alimentarse en el frente de tiro del relleno sanitario.

Cuando un camión recolector se aproxima al frente de tiro, las aves comienzan a acercarse para ser las primeras en alimentarse y cuando el camión levanta la tapa y comienza a disponer los desechos, las aves comienzan a hacer ruidos muy fuertes llamando la atención de las demás que también buscan su oportunidad de alimentarse. En ocasiones ocurren connatos de pelea entre las aves cuando están disputando el alimento y también se dan persecuciones aéreas cuando alguna gaviota consigue un trozo muy grande de alimento y es sorprendida por otras aves (ver la *Imagen 85*). Al atardecer se retiran las aves de hábitos diurnos y la tranquilidad regresa en el frente de tiro.

La mayoría de las aves que visitan el relleno sanitario son de hábitos diurnos, a excepción, de la lechuza de campanario (*Tyto alba*), que es de hábito nocturno (ver la *Imagen 89*).

Al anochecer entran en acción los roedores que salen a alimentarse de los desperdicios de comida que encuentran en el frente de tiro. Los roedores son las presas principales de las lechuzas de campanario y aprovechan la oscuridad para cazarlos y alimentarse de ellos. Estas aves han mantenido la población de roedores bajo control.



Imagen 83. Fotografía de un nido de ave derribado al suelo durante el arribo de una masa de aire polar ártico conocida coloquialmente como “norte”.

Imagen propia.

En la *Tabla 13* aparecen enlistadas las especies de aves nativas y migratorias avistadas en Matamoros.

Familia	Nombre científico	Nombre común
Ardeidae	<i>Ardea ibis</i>	Garza ganadera
Anatidae	<i>Dendrocygna autumnalis</i>	Pijije ala blanca
Tytonidae	<i>Tyto alba</i>	Lechuza de campanario
Pelecanidae	<i>Pelecanus erythrorhynchos</i>	Pelícano blanco americano
Cathartidae	<i>Cathartes aura</i>	Zopilote aura
	<i>Coragyps atratus</i>	Zopilote negro
Falconidae	<i>Falco sparverius</i>	Cernícalo americano
	<i>Caracara plancus cheriway</i>	Caracara quebrantahuesos
Cracidae	<i>Ortalis vetula</i>	Chachalaca vetula
Rallidae	<i>Fulica americana</i>	Gallareta americana
Columbidae	<i>Columbina inca</i>	Tortolita cola larga
	<i>Columbina passerina</i>	Tortolita pico rojo
	<i>Zenaida macroura</i>	Paloma huilota
Tyrannidae	<i>Pitangus sulphuratus</i>	Bienteveo común
	<i>Pyrocephalus rubinus</i>	Mosquero cardenal
	<i>Sayornis phoebe</i>	Papamoscas fibí
	<i>Tyrannus melancholicus</i>	Tirano tropical
Cuculidae	<i>Geococcyx californianus</i>	Correcaminos norteño
Corvidae	<i>Cyanocorax yncas</i>	Chara verde
Mimidae	<i>Mimus polygottos</i>	Cenzontle
Laniidae	<i>Lanius ludovicianus</i>	Verdugo americano
Psittacidae	<i>Amazona viridigenalis</i>	Loro tamaulipeco
Laridea	<i>Leucophaeus atricilla</i>	Gaviota reidora
Icteridae	<i>Agelaius phoeniceus</i>	Tordo sargento
	<i>Euphagus cyanocephalus</i>	Tordo ojos amarillos
	<i>Icterus gularis</i>	Bolsero de Altamira
	<i>Molothrus aeneus</i>	Tordo ojos rojos
	<i>Molothrus ater</i>	Tordo cabeza café
	<i>Quiscalus mexicanus</i>	Zanate mexicano
	<i>Sturnella magna</i>	Pradero tortillaconchile
	<i>Xanthocephalus xanthocephalus</i>	Tordo cabeza amarilla
Cardinalidae	<i>Cardinalis cardinalis</i>	Cardenal rojo
	<i>Passerina caerulea</i>	Picogrueso azul

Tabla 13. Especies principales de aves encontrados en Matamoros.
(CONABIO, 2024) & (Comisión de Parques y Biodiversidad de Tamaulipas, Aves, 2024)



Imagen 84. En la fotografía de la izquierda se observa una parvada de zopilotes negros (*Coragyps atratus*) alimentándose de desperdicios de comida en el frente de tiro. Imagen propia.



Imagen 85. En la fotografía de la derecha se observa a un caracara (*Caracara plancus cheriway*) ahuyentando a un grupo de gaviotas que compiten por alimentarse en el frente de tiro. Imagen propia.



Imagen 86. En la fotografía de la izquierda se observa a un tirano tropical (*Tyrannus melancholicus*) reposando entre las ramas de una árbol. Imagen propia.



Imagen 87. En la fotografía de la derecha se observa a un grupo de pelícanos (*Pelecanus erythrorhynchos*) reposando en un cuerpo de agua cercano al predio del relleno sanitario de Matamoros. Imagen propia.



*Imagen 88. En esta fotografía se aprecian diferentes grupos de aves reposando a un costado de un cuerpo de agua ubicado en el centro de la ciudad de Matamoros. Destacan las gaviotas reidoras (*Leucophaeus atricilla*) que se encuentran sobre los postes y barandales. Imagen propia.*



*Imagen 89. En esta fotografía se aprecian un par de lechuzas de campanario (*Tyto alba*) que fueron encontradas y reubicadas durante las actividades de mantenimiento en el interior del relleno sanitario. Imagen propia.*

5.2.4 Clase mammalia

La mayoría de los mamíferos de esta región son de hábitos nocturnos y durante el día se resguardan en sus madrigueras. En la noche es común encontrar armadillos, murciélagos, jaguarundis, jabalíes, tlacuaches y zorrillos (ver las *Imágenes 90 y 91*) desplazándose sigilosamente en el interior de las instalaciones del relleno sanitario.

Muchas especies de mamíferos han modificado sus hábitos alimenticios y se desplazan al frente de tiro en busca de alimento. Cerca del frente de tiro se han visto tlacuaches, murciélagos, zorrillos, ratas y ratones.

En la *Tabla 14* que aparece a continuación se enlistan las especies de mamíferos que habitan el noreste de Tamaulipas.

Familia	Nombre científico	Nombre común
Didelphidae	<i>Didelphis virginiana</i>	Tlacuache nortño (zarigüeya)
Felidae	<i>Herpailurus yagouaroundi</i>	Jaguarundi
Dasypodidae	<i>Dasypus novemcintus</i>	Armadillo nueve bandas
Leporidae	<i>Lepus californicus</i>	Liebre cola negra
	<i>Sylvilagus floridanus</i>	Conejo serrano
Muridae	<i>Mus musculus</i>	Ratón casero eurasiático
	<i>Rattus rattus</i>	Rata negra
Cricetidae	<i>Neotoma micropus</i>	Rata cambalachera de pradera
	<i>Reithrodontomys Sp.</i>	Ratas y ratones del continente americano agrupados en la familia Cricetidae
	<i>Peromyscus leucopus</i>	Ratón de patas blancas
Procyonidae	<i>Procyon lotor</i>	Mapache
Canidae	<i>Canis latrans</i>	Coyote
Mustelidae	<i>Mephitis mephitis</i>	Zorrillo listado nortño

Tabla 14. Especies principales de mamíferos encontrados en Matamoros, Tamaulipas. (CONABIO, Enciclovida, 2022).



*Imágenes 90 y 91. Zorrillo listado nortero (Mephitis mephitis).
Fotografías tomadas cerca del frente de tiro del relleno sanitario durante la noche.
Imágenes propias.*

5.2.5 Invertebrados

Los animales invertebrados más importantes observados dentro del Relleno Sanitario Regional son los artrópodos y en menor medida lo representan los moluscos como los caracoles terrestres y babosas.

Los artrópodos son más activos durante la noche y por consecuencia muchos reptiles, anfibios y mamíferos están al acecho buscando alimentarse de ellos.

Los artrópodos más comunes que se pueden encontrar son los insectos, arácnidos y miriápodos.

A continuación, se presenta una pequeña galería fotográfica (ver de la *Imagen 92 a la Imagen 103*) con los artrópodos más comunes observados en el interior del Relleno Sanitario Regional.



Imagen 92. Fotografía de la izquierda. Tarántula vista al interior de las oficinas administrativas del relleno sanitario de Matamoros. Imagen propia.

Imagen 93. Fotografía de la derecha. Araña tejedora espinosa (Gasteracantha cancriformis) elaborando su trampa de telaraña durante la noche. Imagen propia.



Imágenes 94 y 95. Fotografías de dos arácnidos. La fotografía de la izquierda corresponde a una tarántula. Imágenes propias.



*Imágenes 96 y 97. La fotografía de la izquierda corresponde a un alacrán rayado (*Centruroides vittatus*) mientras que la fotografía de la derecha corresponde a una cigarra o cicada (*Quesada gigas*). Imágenes propias.*



*Imágenes 98 y 99. La fotografía de la izquierda corresponde a una cicada o cigarra (*Quesada gigas*) mientras que la fotografía de la derecha corresponde a una escolopendra de cabeza roja (*Scolopendra heros castaneiceps*). Imágenes propias.*



Imágenes 100 y 101. La fotografía de la izquierda corresponde a una falsa viuda negra (Steatoda grossa) mientras que la fotografía de la derecha corresponde a un saltamontes. Imágenes propias.



Imágenes 102 y 103. La fotografía de la izquierda corresponde a una escolopendra de cabeza roja (Scolopendra heros castaneiceps) mientras que la fotografía de la derecha corresponde a un alacrán rayado (Centruroides vittatus) capturado al interior de la oficina administrativa del relleno sanitario de Matamoros. Imágenes propias.

6. ASPECTOS SOCIALES Y URBANOS DEL MUNICIPIO DE MATAMOROS

A continuación, se proporciona una breve reseña histórica de la evolución demográfica y socioeconómica de Matamoros, Tamaulipas.

La ciudad era pequeña, demográficamente hablando, y económicamente dependiente de las actividades agrícolas y ganaderas y del comercio. Sin embargo, hace 8 décadas la ciudad experimentó un crecimiento demográfico sin precedentes (ver la *Tabla 15*) y a partir de los años 90 tuvo una transformación económica muy vertiginosa que no permitió el desarrollo de una adecuada planeación urbana.

El proceso de transformación del municipio de Matamoros comenzó a partir de las primeras décadas del siglo XX. En el año 1953, los límites territoriales de Matamoros cambiaron porque una porción de su territorio fue cedida para la fundación del municipio de Valle Hermoso. Posteriormente, durante la década siguiente, la población urbana superó por primera vez a la población rural, este fenómeno demográfico fue favorecido por la migración y mejores oportunidades laborales encontradas en la ciudad.

Desde los años 70 hasta el año 2000, la tasa de crecimiento anual fue de alrededor del 4%. Para el año 2010 se detectó que la tasa de crecimiento anual había disminuido cerca del 2%. (Laguna Ortiz, 2014).

En años recientes el crecimiento demográfico se ha desacelerado llegando apenas al 2% anual.

Para entender mejor como se ha ido desarrollando la evolución demográfica y económica del municipio y de la ciudad de Matamoros se proporciona un resumen con los eventos más relevantes en los siguientes subcapítulos.

6.1. Reseña histórica de los primeros asentamientos

No existe suficiente información acerca de los habitantes nativos en la región que ocupa Matamoros, sólo se conoce que la zona era habitada por indios carrizos los cuales eran nómadas dedicados a la caza y pesca.

En el año 1519, el capitán Alonso Álvarez de Pineda realizó una breve expedición en el norte de Tamaulipas, donde se nombró al actual Río Bravo como Río de las Palmas.

Oficialmente comienza la exploración de Matamoros en 1686, cuando el Gral. Alonso de León exploró la zona y concluyó que el Río Bravo era una excelente ruta para la navegación y el área de Matamoros el lugar idóneo para criar ganado.

En el año 1749, Don Matías de los Santos Coy estableció un rancho ganadero llamado “San Juan de los Esteros Hermosos”, el cual tuvo que abandonar debido a los ataques frecuentes de los nativos.

En el año 1774, colonos provenientes de Camargo y de Reynosa decidieron fundar una congregación llamada “San Juan de los Esteros Hermosos”. Los colonos se establecieron en los terrenos que había ocupado Don Matías de los Santos Coy. (Ayuntamiento de Matamoros, Tamaulipas, 2018).

En el año 1793, llegaron a la Congregación dos frailes franciscanos del Colegio Apostólico de Guadalupe, Zacatecas. Fundaron una parroquia y la nombran como “Congregación de Nuestra Señora del Refugio”.

Para el año 1800, el lugar empezó a ser conocido como “El Refugio” y había crecido significativamente. La población elige como alcalde a Don Cayetano Girón quien da inicio a la construcción del edificio de la Presidencia Municipal y de la Plaza de Armas. (Periódico Frontera de Tamaulipas, 2013).

El 7 de octubre de 1814, los pobladores de la Congregación del Refugio realizan una petición al gobernador de la provincia de Nuevo Santander para mudarse más al sur debido a las frecuentes inundaciones y se empezó una nueva traza urbana partir de la plaza principal considerado el lugar más alto para la población. (Laguna Ortiz, et al., 2018), (Periódico Frontera de Tamaulipas, 2013).

El 28 de enero de 1826, el gobernador del Estado de Tamaulipas, Don Lucas Fernández, expidió el Decreto no. 12 el cual fue avalado por la Primer Legislatura del Congreso del Estado de Tamaulipas, donde concede a la Congregación del Refugio la categoría de villa con el nombre de Matamoros. Se eligió este nombre para la villa en honor al sacerdote y caudillo militar Mariano Matamoros Guridi, que se unió a las filas del ejército insurgente durante la Guerra de Independencia. (Fernández L. , 1826).

En el año 1834, la Villa de Matamoros es elevada a la categoría de Ciudad y conserva ese nombre hasta la época actual.

En el año 1836, se construyó el Fortín Paredes ante la inminencia del conflicto con Texas y sus intenciones independentistas.

En el año 1840 se construye el Fortín Redondo y en 1846 el Fortín Escondido.

El 2 de febrero de 1848 se firma el Tratado de Guadalupe Hidalgo entre México y los Estados Unidos de América. En la redacción de este documento se estipula que el gobierno mexicano cede más de la mitad de su territorio a los Estados Unidos. A raíz de este evento histórico, el municipio de Matamoros pasa a compartir fronteras con Texas a través del río Bravo. (Trist, Couto, Atristain, & Gonzaga Cuevas, 1848).

En 1854, se estableció el primer paso fronterizo oficial entre los Estados Unidos de América y México sobre la nueva frontera definida por el Tratado Guadalupe Hidalgo. Este paso fronterizo fue instalado entre las ciudades de Matamoros y Brownsville en Texas. El día 4 de febrero de ese año, se emitió un bando firmado por Antonio Longoria Guerra, alcalde de Matamoros, el cual decreta que el vado ubicado en el poblado de Santa Cruz sería el punto de entrada y salida principal entre las ciudades de Brownsville y Matamoros. A partir de ese decreto se construye una aduana conocida como Garita de Santa Cruz siendo la primera garita de la frontera. (Periódico Frontera de Tamaulipas, 2013).

En el año 1865, concluye la construcción del Fuerte Casamata (único fuerte que se conserva en la actualidad, hoy convertido en museo) cuya construcción había iniciado en 1845. (Rivera Salazar, 2012).

El Puerto Bagdad, fue un pueblo ubicado en la desembocadura del río Bravo y fue el motor económico en la región durante el siglo XIX. Debido a la importancia económica de Matamoros y del Puerto Bagdad, el emperador Maximiliano envía una división de soldados mexicanos para controlarlas.

El general imperialista Tomás Mejía tomó el control de la ciudad Matamoros de 1864 a 1866. Para la defensa de Matamoros, Mejía ordenó reconstruir todas las fortificaciones que circundaban la ciudad. Estas

fortificaciones son: Paredes, Bravo, Monterrey, Iturbide, Hidalgo, San Fernando, Matamoras, Puertas Verdes, Estero, Independencia y Casamata.

El 16 de junio de 1866 se libra una batalla en Santa Gertrudis, con el Gral. Mariano Escobedo al mando de las fuerzas republicanas logrando una victoria crucial contra las tropas del emperador Maximiliano (ver la *Imagen 104*). La tropa conocida como el Ejército del Norte derrota a las tropas del ejército imperialista compuesto por soldados austriacos y conservadores mexicanos. Como resultado de esta victoria, el día 23 de junio se recuperó la ciudad de Matamoras y el Puerto Bagdad. (Laguna Ortiz, et al., 2018).

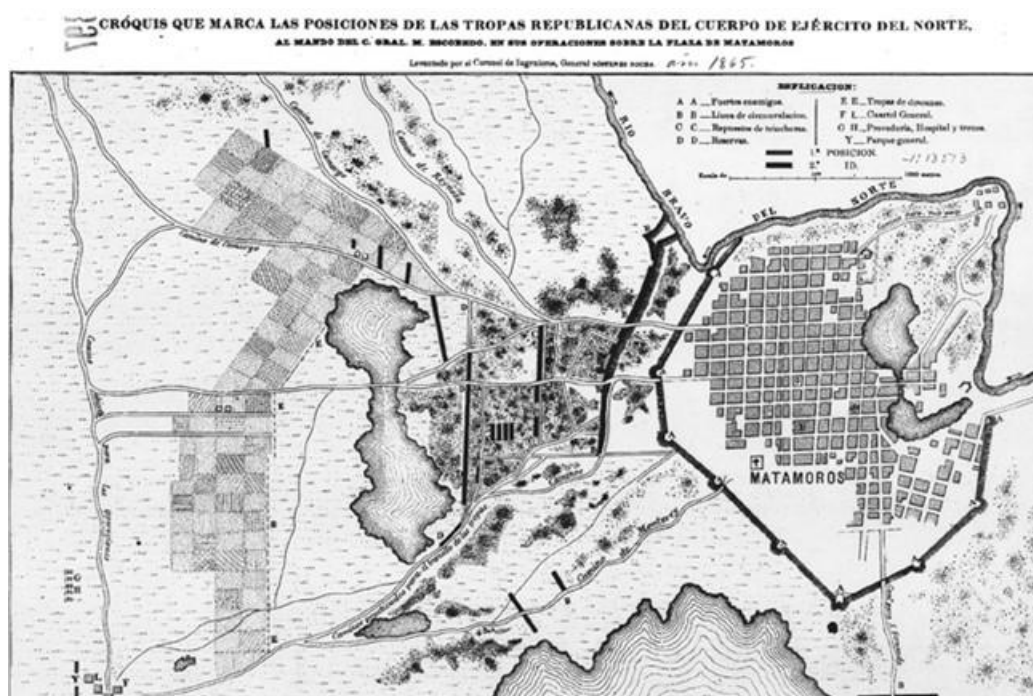


Imagen 104. Plano antiguo de la ciudad de Matamoras con las posiciones de las tropas republicanas del Ejército del Norte al mando del Gral. Mariano Escobedo durante la recuperación de la ciudad.
(Dirección del Archivo Histórico de Matamoras, 2016).

En 1871, el gobierno del Estado de Tamaulipas autoriza a una empresa particular la construcción de un tranvía que conectaría el centro de la ciudad de Matamoras con la Garita de Santa Cruz denominándose “servicio de tranvía Matamoras–Santa Cruz”, el cual fue inaugurado el 16 de marzo de 1873. (Periódico Frontera de Tamaulipas, 2013)

Para llegar al poblado de Santa Cruz, los habitantes de Matamoras debían utilizar el tranvía tirado por mulas el cual recorría el centro de la ciudad y rodeaba la plaza principal y también pasaba a un lado del mercado hasta llegar al “muelle” de Santa Cruz. Este sistema de transporte recorría las calles principales del Centro Histórico de la ciudad y contaba con aproximadamente 3 kilómetros de longitud (ver la *Imagen 105*).

En el “muelle” de la Garita de Santa Cruz, se abordaban embarcaciones para cruzar el río Bravo y llegar a Brownsville. Gracias a la disponibilidad de este servicio de transporte entre la ciudad de Brownsville y el poblado de Santa Cruz, el flujo de personas en ambos lados de la frontera era constante y se establecieron cantinas y centros de diversión nocturnos en Santa Cruz que fueron frecuentados por los habitantes de la ciudad texana. (Periódico Frontera de Tamaulipas, 2013).

6.2. Desarrollo demográfico y crecimiento económico en el siglo XX

El 12 de diciembre de 1910, entró en operaciones el primer puente internacional que conecta a las ciudades de Matamoros y Brownsville facilitando el transporte de mercancías en ambos lados de la frontera (ver la *Imagen 105*). En los Estados Unidos este puente recibe el nombre de “Matamoros and Brownsville International Bridge” o “B&M International Bridge” mientras que del lado mexicano se le conoce como “Puente Viejo” por ser el primero de varios puentes que se construyeron años después. (Parra, 2018).

A pesar de contar con esta importante vía de comunicación, la población de ambas ciudades fronterizas aún cruzaba el río Bravo a través de las embarcaciones que abordaban en la Garita de Santa Cruz. El puente “B&M International Bridge” pronto resultó ser insuficiente para atender la demanda de los pasajeros ya que los automóviles, carretas, peatones y trenes tenían que compartir el cruce lo que generaba muchos problemas de tráfico. (Parra, 2018).

En 1913, durante el desarrollo de la Revolución Mexicana, los ejércitos revolucionarios llegan a Matamoros y realizan el primer reparto agrario de tierras en el país. El reparto agrario estuvo a cargo del Gral. Lucio Blanco y se llevó a cabo el día 6 de agosto. (INEHRM, 2014).

El 4 de julio de 1928, entró en operaciones otro puente internacional conocido en Estados Unidos como “Gateway International Bridge” y en México como “Puente Nuevo”. A diferencia del “Puente Viejo” el nuevo puente está diseñado exclusivamente para el tránsito de vehículos, carretas y peatones. La construcción del “Puente Nuevo” significa la suspensión definitiva del servicio de transporte en embarcaciones que cruzaban el río Bravo y la demolición de la Garita de Santa Cruz.

En 1935, la Secretaría de Comunicaciones y Obra Pública (SCOP) encomienda al Ing. Eduardo Chávez la planeación y construcción de obras de defensa de la ciudad de Matamoros contra las inundaciones y desbordamientos del río Bravo. Bajo la administración del Ing. Chávez se construyen los bordos de defensa de la ciudad. (Alanis Enciso, 2003).

El 1 de enero de 1936, el Ing. Chávez comienza con la construcción de la obra más trascendental del noreste mexicano, el Sistema de Riego de Matamoros también conocido como “El Retamal” que deriva las aguas del río Bravo para su aprovechamiento en la agricultura. (Alanis Enciso, 2003).

El 1 de mayo de 1936 es inaugurada la toma y el canal “El Retamal”. Por primera vez las aguas del río Bravo riegan los campos de cultivo ubicados en el interior del municipio. (Alanis Enciso, 2003).

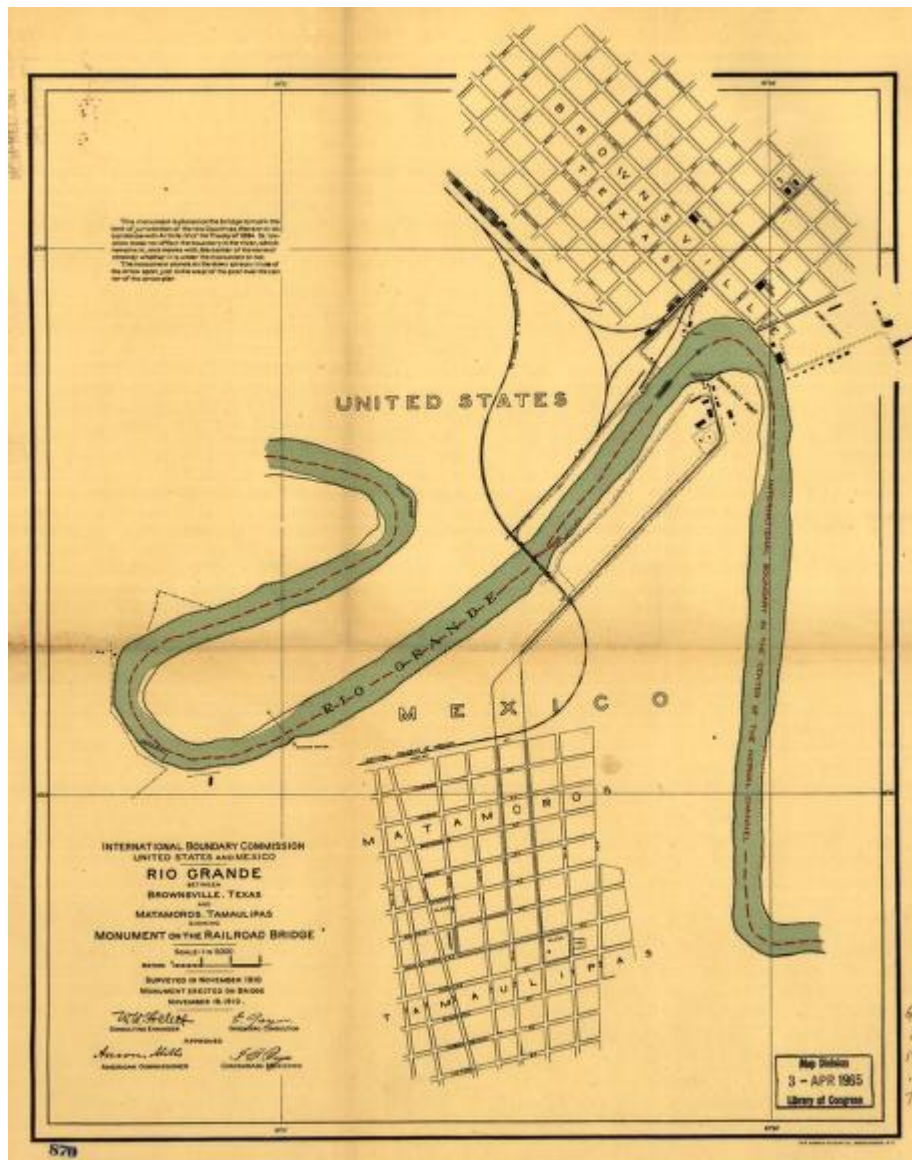


Imagen 105. Mapa de las ciudades de Matamoros, Tamaulipas y Brownsville, Texas con fecha de noviembre de 1910. Al norte de la ciudad de Matamoros aparece cartografiado el primer puente internacional que conecta a ambas ciudades conocido como "Brownsville and Matamoros Bridge" o también coloquialmente llamado "Puente Viejo".

La traza urbana de Matamoros que viene dibujada en este mapa, corresponde al actual centro histórico de la ciudad antes de que comenzara la explosión demográfica ocurrida a partir la década de los años 40. Al noreste de la ciudad de Matamoros frente al río Bravo se alcanza a apreciar una pequeña comunidad que corresponde al extinto poblado de Santa Cruz.

(International Boundary Comission, United States and Mexico, 1910)

A partir de entonces el gobierno federal encabezado por el Gral. Lázaro Cárdenas comienza a brindar apoyo económico a los campesinos y jornaleros para que lleven a cabo los trabajos de desmonte en toda el área del Valle del Bajo Río Bravo. (Alanis Enciso, 2003). Por consecuencia, comienza la desaparición del matorral espinoso tamaulipeco para dar paso a más tierras de cultivo.

Con el visto bueno del presidente Lázaro Cárdenas y del Ing. Chávez se prioriza el cultivo del algodón en las tierras desmontadas. (Alanis Enciso, 2003).

La migración hacia el Valle del Bajo Río Bravo inició cuando el gobierno del Gral. Lázaro Cárdenas del Río puso en marcha las obras de defensa de la ciudad de Matamoros y el Ing. Chávez completó la construcción y operación de las obras de irrigación de “El Retamal” las cuales dieron un impulso a la producción agrícola local. Esto desencadenó una ola de migraciones hacia el Distrito de Riego de personas procedentes del estado de Nuevo León, la región de la Laguna y de la región de La Chontalpa quienes fueron los primeros en establecerse y fundaron los primeros asentamientos como la Colonia Anáhuac. Posteriormente se le unieron varios contingentes de mexicanos procedentes de Estados Unidos que fueron atraídos por el programa de repatriación voluntaria promovida por los funcionarios del gobierno cardenista (Alanis Enciso, 2003).

A finales de abril de 1939, inicia la repatriación de mexicanos procedentes de Texas. Gran parte de este flujo migratorio tenía como destino la colonia agrícola 18 de marzo que posteriormente se convertiría en la cabecera municipal de un nuevo municipio (Valle Hermoso). Cada familia repatriada recibió una parcela de 12.5 hectáreas y un pago de 65 pesos por cada hectárea de tierra que hubieran desmontado (desenraice). (Alanis Enciso, 2003).

En 1942 el Distrito de Riego 025 (Valle del Bajo Río Bravo) es creado mediante decreto presidencial. El decreto se publica en el Diario Oficial de la Federación el día 27 de junio. (Secretaría de Gobernación, 1942).

A consecuencia de su gran bonanza agrícola algodонера y su condición de municipio fronterizo, Matamoros experimenta una explosión demográfica sin precedentes. En la *Tabla 15*, que aparece a continuación, se puede observar la evolución demográfica municipal.

Año	Población urbana	Población rural	Población total
1930	9,733	15,222	24,955
1940	15,699	38,437	54,136
1950	45,846	82,501	128,347
1960	92,327	50,716	143,043
1970	137,749	48,397	186,146
1980	188,745	50,095	238,840
1990	266,055	37,338	303,393
2000	376,279	41,862	418,141
2010	446,769	42,424	489,193

Tabla 15. Crecimiento de la población del municipio de Matamoros, Tamaulipas.
(Laguna Ortiz, 2014).

A partir de la década de los 40, estos eventos detonaron el crecimiento de la mancha urbana que anteriormente sólo se concentraba en el centro histórico de la ciudad (ver la *Imagen 107*).

En 1945, el poblado de Santa Cruz desaparece para dar lugar a la colonia Jardín que quedó incorporada completamente a la traza urbana de la ciudad de Matamoros. (Parra, 2018). La ruta del tranvía que conectaba la Garita de Santa Cruz con el centro histórico de Matamoros desapareció para dar lugar a la avenida Álvaro Obregón.

El 4 de marzo de 1953 se erige el municipio de Valle Hermoso con lo que el municipio de Matamoros pierde una parte de su territorio y población. (Administración Pública Municipal de Valle Hermoso, 2013).

En 1954 termina la primera sequía registrada en la Región Hidrológica 024 la cual comenzó desde 1948. (CONAGUA, 2014), (Fernández, 2020).

Con la creación del predio “Casa Colorada” en 1949 (ver la *Imagen 106*) y de las colonias Treviño Zapata y Popular en 1957, la ciudad se expandió fuera de los límites de la línea imaginaria que señalaban los fortines del siglo XIX, cuyo único vestigio es lo que hoy se conoce como Museo Casamata (antiguo Forte Casamata). (Ayuntamiento de Matamoros, Tamaulipas, 2018).

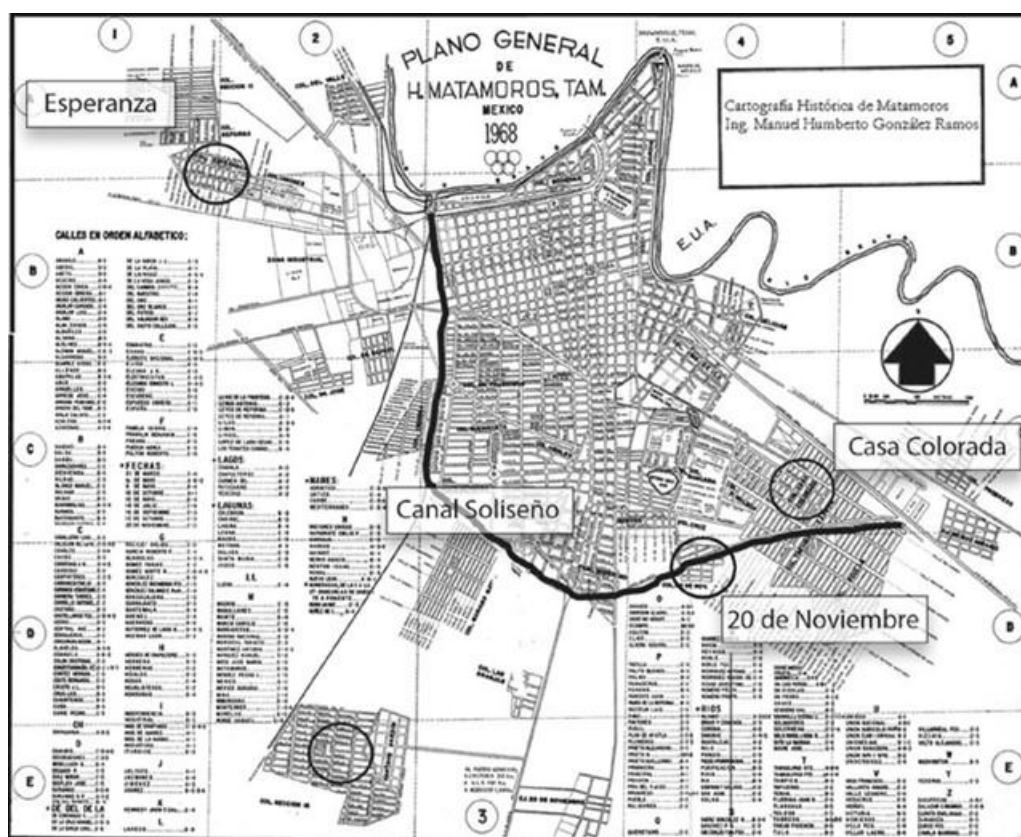


Imagen 106. Mapa del año 1968 de la ciudad de Matamoros expandiéndose fuera de los límites de la línea imaginaria trazada siguiendo la ubicación de los antiguos fortines del siglo XIX.
(Laguna Ortiz, et al., 2018).

En 1960 se registra otra sequía en la Región Hidrológica que dura 4 años. (CONAGUA, 2014), (Fernández, 2020).

En 1962 se siembra el último cultivo de algodón en el Distrito de Riego 025.

En 1968 ocurre otro momento importante en la expansión territorial de la ciudad, se crea la colonia “El Milagro” o Ejido 20 de noviembre (ver la *Imagen 106*) en tierras ejidales. (Laguna Ortiz, et al., 2018).

En 1975 inició operaciones la empresa Química Flúor (hoy Mexichem), al poniente de la ciudad y sobre la carretera a Reynosa, la cual ha funcionado como una barrera al crecimiento urbano. (Ayuntamiento de Matamoros, Tamaulipas, 2018).

En 1993 comenzó la sequía más extensa en la Región Hidrológica que se prolongó hasta el año 1996. (CONAGUA, 2014). Por estos factores, la disponibilidad de agua es limitada, por lo tanto, el cultivo predominante es el sorgo porque otros cultivos el maíz o el algodón requieren más agua.

El crecimiento de la ciudad hasta los primeros años del nuevo milenio se dirigió al oriente, en condiciones precarias (ver la *Imagen 107*).

En los años 90, con el inicio del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN), la inversión extranjera se multiplicó en Matamoros, resultando en gran crecimiento de la población con habitantes que provenían en su mayoría, de los estados de San Luis Potosí y Veracruz. (Ayuntamiento de Matamoros, Tamaulipas, 2018).

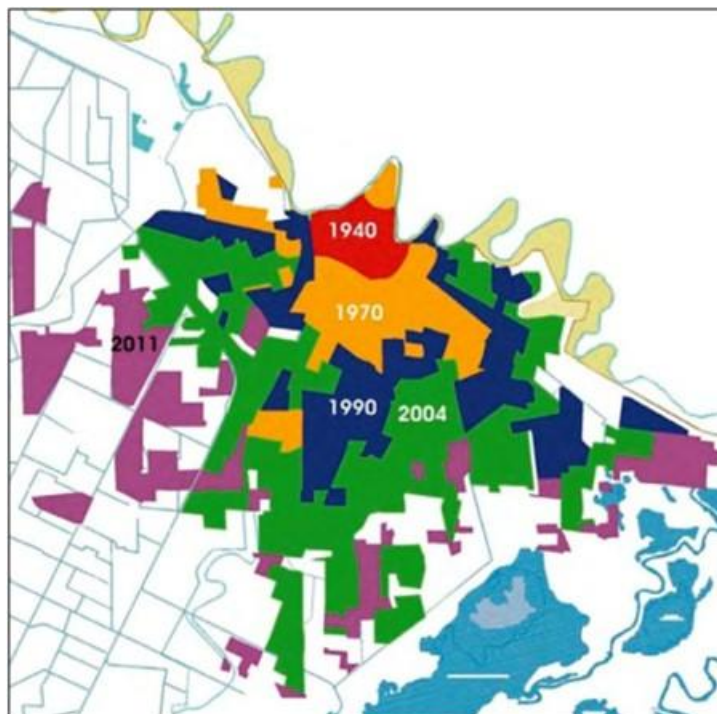


Imagen 107. Expansión territorial de la ciudad de Matamoros.
(Laguna Ortiz, 2014).

6.3. Indicadores demográficos recientes

En la década de los 60, posterior a la emancipación del municipio de Valle Hermoso (ocurrida en 1953), la cifra de habitantes se contó en 143,043 (ver la *Tabla 15*). En el censo de 1970 la población se registró en 186,146 personas y 10 años más tarde en 238,840 habitantes.

A partir de la década de los años 60, el gobierno federal mexicano preocupado por la enorme tasa de desempleo registrada en las ciudades fronterizas decide tomar iniciativa y lanza el Plan Nacional Fronterizo enfocado en la mejora de la infraestructura urbana y la instalación de nuevas fuentes de empleo. Se aprovecharon diferentes circunstancias tales como: el encarecimiento de la mano de obra en Japón y en los Estados Unidos, la abundante mano de obra en las ciudades fronterizas y el fin del Programa Bracero, el cual brindaba la oportunidad de trabajar legalmente a los campesinos y jornaleros mexicanos en el sector agrícola de los Estados Unidos.

Con el establecimiento del Plan Nacional Fronterizo en los años 60, la industria maquiladora logra instalarse exitosamente en esta ciudad fronteriza consolidándose como una alternativa a las fuentes de empleo tradicionales. Gracias a esta iniciativa, Matamoros experimenta un acelerado desarrollo socioeconómico el cual se ve reflejado en la evolución demográfica descrita en la *Tabla 15* y la expansión de la mancha urbana. A partir de entonces, el crecimiento demográfico de Matamoros ya no depende exclusivamente del sector agropecuario, pesca y comercio.

Hasta marzo de 2015, la población total del municipio era de 520,367 habitantes (ver la *Tabla 16*), de los cuales 267,136 eran mujeres y 253,231 eran hombres. (INEGI, 2017).

La ciudad de Matamoros es la trigésima novena ciudad mayor de México y pertenece a la tercera zona metropolitana más grande de Tamaulipas, sólo detrás de Reynosa y de Tampico–Cd. Madero.

El municipio de Reynosa con 646,202 habitantes es el más habitado de Tamaulipas, en segundo lugar, está el municipio de Matamoros, mientras que en tercer lugar se encuentra el municipio de Nuevo Laredo con 399,431 habitantes. (INEGI, 2016). Estos tres municipios además de ser los más habitados de Tamaulipas comparten fronteras con Texas, Estados Unidos.

La edad media de la población de Matamoros es de 27 años. (INEGI, 2016).

Demarcación territorial	Grupos de edad (rangos en años)				Población total
	0 a 14	15 a 29	30 a 64	Más de 65	
Matamoros	146,494	130,147	212,709	30,794	520,367
Tamaulipas	937,337	840,409	1,413,995	245,965	3,441,698

Tabla 16. Distribución de la población del estado de Tamaulipas y del municipio de Matamoros en grupos de edad.

Hay 3 localidades consideradas zonas urbanas: Matamoros, El Control, y Estación Ramírez. En el área rural existen 831 ejidos activos y 691 ejidos inactivos. Existen más de 468 localidades en el territorio municipal, algunas de ellas con más de 5,000 habitantes, las cuales son las siguientes: Control, Estación Ramírez, Buena Vista, Las Rusias, Santa Adelaida, La Gloria, Sandoval, México Agrario, 20 de noviembre, Ignacio Zaragoza y La Unión. (Ayuntamiento de Matamoros, Tamaulipas, 2018).

6.4. Marco jurídico federal

Los servicios públicos juegan un rol relevante dentro de las funciones desempeñadas por los ayuntamientos para satisfacer la demanda ciudadana de mejores condiciones de vida. Por lo tanto, la prestación de los servicios públicos de manera eficiente es necesaria para lograr el bienestar de la población.

Por otra parte, contar con suficiente infraestructura contribuye a reducir las brechas de desigualdad social y de marginación. Además, impulsa la competitividad económica de las empresas y negocios locales. (Ayuntamiento de Matamoros, Tamaulipas, 2018).

La infraestructura urbana está representada por las obras que le brindan funcionalidad al municipio a través de aquellos bienes y servicios que permiten la vida diaria de los habitantes de una comunidad. (Ayuntamiento de Matamoros, Tamaulipas, 2018)

De conformidad con el artículo 115 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, los municipios tienen a su cargo las siguientes funciones y servicios públicos:

- Agua potable, drenaje, alcantarillado, tratamiento y disposición de sus aguas residuales,
- Alumbrado público,
- ***Limpia, recolección, traslado, tratamiento y disposición final de residuos,***
- Mercados y centrales de abasto,
- Panteones,
- Rastro,
- Calles, parques y jardines y su equipamiento,
- Seguridad pública, en los términos del artículo 21 de la Constitución, policía preventiva municipal y tránsito, y

Los demás que las Legislaturas locales determinen según las condiciones territoriales y socioeconómicas de los municipios, así como su capacidad administrativa y financiera.

6.5. Gestión de residuos

Uno de los problemas ambientales más graves causado por nuestra sociedad es la producción de desechos sólidos, el cual tiene un impacto negativo sobre nuestros recursos naturales, deteriora los ecosistemas, y afecta nuestra salud y calidad de vida. Es nuestra responsabilidad encontrar mecanismos para disponer de los residuos sólidos de la manera más adecuada para preservar el equilibrio ecológico.

Para transportar los desechos recolectados en las colonias de la ciudad de manera eficiente, el Gobierno Municipal de Matamoros cuenta con dos estaciones de transferencia, también conocidos como centros de transferencia (Ayuntamiento de Matamoros, Tamaulipas, 2018):

- *Centro de Transferencia “La Copa”*, ubicado al oriente de la ciudad.
- *Centro de Transferencia “12 de marzo”*, ubicado al poniente de la ciudad.

Además de los centros de transferencia, el gobierno municipal cuenta con el Relleno Sanitario Regional para llevar a cabo la disposición final y reciclaje de residuos sólidos urbanos y de manejo especial. Con estas obras de infraestructura, el personal a su cargo y el parque vehicular (ver la *Imagen 112*), el gobierno municipal cumple con sus responsabilidades establecidas en el Artículo 115 constitucional.

RECOLECCIÓN DE RESIDUOS Y TRANSFERENCIA

Cuando los camiones recolectores terminan su ruta de recolección en las calles de Matamoros, se trasladan al Centro de Transferencia “12 de marzo” donde transfieren sus residuos a los tractocamiones (ver la *Imagen 108*). Los residuos se transportan desde el Centro de Transferencia hasta el Relleno Sanitario por medio de dos unidades tractocamión con caja abierta de piso móvil llegando a transportar un máximo de 28 toneladas de residuos en cada viaje.

Cuando los tractocamiones ingresan al relleno sanitario se lleva a cabo el confinamiento o tratamiento de los residuos de acuerdo a su tipo (orgánico, inorgánico, reciclable, manejo especial, etcétera).



Imagen 108. En la parte superior de la fotografía se aprecia la caja de un camión compactador que transfiere sus residuos al tractocamión en la Estación de Transferencia “12 de marzo”. El tractocamión recibe los residuos de cuatro camiones compactadores y una vez lleno, sale de la Estación de Transferencia con destino al Relleno Sanitario Regional.

Imagen propia.

6.6. Estaciones de transferencia (Centros de transferencia)

En el año 2006 se realizó un estudio para determinar la ubicación de las estaciones de transferencia dentro de la ciudad de Matamoros, así como la selección del tipo de estación de transferencia a construir tomando en consideración las distancias y el volumen de generación de residuos. Este estudio se realizó conforme a las especificaciones contenidas en el “Manual técnico sobre generación, recolección y transferencia de residuos sólidos municipales” elaborado por la extinta Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL). De acuerdo a los resultados obtenidos en el estudio, se decidió dividir la traza urbana de Matamoros en dos zonas, cada una con su respectiva estación de transferencia. (Banco de Desarrollo de América del Norte, 2007).

En la zona poniente de la ciudad se construyó la Estación de Transferencia “12 de marzo” mientras que en la zona oriente se habilitó la Estación de Transferencia “La Copa”.

ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA “12 DE MARZO”

La Estación de Transferencia Poniente cuenta con una superficie de 1.5 hectáreas y se ubica en la intersección de la avenida Prolongación Emilio Portes Gil y avenida 12 de marzo. (Banco de Desarrollo de América del Norte, 2007). Esta estación es operada por el personal del Departamento de Limpieza Pública y es del tipo de descarga directa. (Cavazos Lliteras, y otros, 2013).



*Imagen 109. Ubicación de la Estación de Transferencia Poniente en el extremo sur de la avenida 12 de marzo esquina con Prolongación Emilio Portes Gil.
(Cavazos Lliteras, y otros, 2013) & (Google Maps, 2025).*

La estación cuenta con caseta de control, zona de carga, patio de maniobras, rampa de acceso, plataforma de descarga de residuos sólidos urbanos, vialidades interiores y oficina. (Cavazos Lliteras, y otros, 2013).

Sus coordenadas medias son: 25°48'57" de latitud norte y 97°33'07" de longitud oeste (ver la *Imagen 109*).

La distancia de recorrido desde la Estación de Transferencia Poniente hasta el Relleno Sanitario de Matamoros es de 19.39 kilómetros (ver la *Imagen 110*).

El funcionamiento de esta estación de transferencia reduce los costos de operación y mantenimiento de los camiones recolectores y vuelve más eficiente la recolección de residuos en las colonias del sector poniente de la ciudad.



Imagen 110. Mapa del sur de la ciudad de Matamoros con la distancia indicada de la Estación de Transferencia “12 de marzo” al Relleno Sanitario Regional.
(Cavazos Lliteras, y otros, 2013) & (Google Maps, 2025).

ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA “LA COPA”

La Estación de Transferencia Oriente cuenta con una superficie de 1.5 hectáreas y se ubica en el predio de un antiguo relleno sanitario clausurado en 2007. (Banco de Desarrollo de América del Norte, 2007). Esta estación es operada por el personal del Departamento de Limpieza Pública y carece de la infraestructura necesaria, por lo tanto, su operación presenta múltiples deficiencias.

En la Estación de Transferencia “La Copa”, se transfieren los residuos de las unidades motorrecolectoras a camiones de redilas, y también funciona como encierro de los vehículos del Departamento de Limpieza Pública. La dirección de este lugar es calle Carmen Serdán esquina calle Leona Vicario colonia Infonavit Los Ángeles. (Cavazos Lliteras, y otros, 2013).

Sus coordenadas medias son: 25°51'10'' de latitud norte y 97°29'11'' de longitud oeste (ver la *Imagen 111*).

La distancia de recorrido desde la Estación de Transferencia Oriente hasta el Relleno Sanitario de Matamoros es de 21.1 kilómetros.



Imagen 111. Ubicación de la Estación de Transferencia Oriente entre las colonias Infonavit Los Ángeles y Satélite.

(Cavazos Lliteras, y otros, 2013) & (Google Maps, 2025).

6.7. Servicio de recolección municipal

Hasta la fecha no se ha alcanzado el 100% de eficiencia en la actividad de recolección domiciliaria. Por lo que se puede inferir que no todos los residuos de la ciudad de Matamoros se disponen en el Relleno Sanitario Regional (ver la *Tabla 17*).

En la ciudad se encuentran lugares donde la población recurre a disponer los residuos que desaloja de sus viviendas que no están diseñados ni destinados para este fin. Estos lugares se denominan tiraderos clandestinos, los cuales además de dar una mala imagen urbana, crean un ambiente propicio para la proliferación de fauna nociva y se convierten en sitios de reproducción de mosquitos potencialmente transmisores de enfermedades, como el dengue. (Gobierno Municipal de Matamoros 2018-2021, 2019).

La frecuencia de recolección del sistema de limpieza pública municipal es de una vez por semana y de hasta dos veces por semana en algunas colonias. En las colonias Moderna, Modelo, Centro y Jardín, la frecuencia de recolección llega a ser de tres veces por semana. (Gobierno Municipal de Matamoros 2018-2021, 2019).

En gran parte de la ciudad el servicio de recolección es de una vez por semana por lo cual es insuficiente. Esto motiva a los ciudadanos a buscar alternativas para deshacerse de sus residuos sin tener que recurrir al servicio de recolección de municipal. En consecuencia, es común ver fumarolas en la periferia de la ciudad en donde la población quema sus desechos para evitar la proliferación de moscas, cucarachas, roedores y mosquitos. Debido al clima cálido y a la humedad de la región, la tasa de reproducción de esta fauna es bastante alta, sólo bastan unas horas para tener una infestación en los hogares.

Los métodos de eliminación de residuos sólidos de los ciudadanos de Matamoros son los siguientes:

Viviendas en Matamoros TOTAL:	Forma de eliminación de residuos (en porcentaje)				
	Entregan al servicio público de recolección	Tiran en basurero clandestino	Queman sus residuos	Entierran o tiran en otro lugar	No especificó
145,376	85.86	6.23	7.32	0.24	0.35

Tabla 17. Métodos de disposición final y eliminación de residuos sólidos empleados por los habitantes de Matamoros, Tamaulipas.
(INEGI, 2017).

En promedio, el sistema de limpieza pública municipal estuvo recolectando 484 toneladas diarias con una eficiencia del 85% durante el periodo comprendido entre el último trimestre de 2018 y el primer semestre de 2019. (Gobierno Municipal de Matamoros 2018-2021, 2019).

La meta de la administración municipal es lograr la disposición de todos los desechos en el Relleno Sanitario Regional para reducir la contaminación ambiental.

A finales de 2018, el sistema de recolección municipal sólo contaba con 12 camiones recolectores, 5 camiones de redilas, y una barredora mecánica (ver la *Imagen 112*). Adicionalmente se contó con el apoyo de 20 camionetas tipo pick-up en las actividades de recolección.

En febrero de 2019, se adquirieron 25 motocicletas recolectoras para brindar el servicio de transporte y recolección de residuos en el centro histórico de la ciudad de Matamoros. (MexNoticias, 2019). Con el apoyo de estas unidades se logró recolectar un promedio de 12 toneladas diarias. (Gobierno Municipal de Matamoros 2018-2021, 2019).

Al comienzo del segundo semestre de 2019, el sistema de recolección municipal ya contaba con 30 camiones compactadores, 4 camiones de redilas, 1 camión frontal, 1 camión lateral, y 25 motocicletas recolectoras. Con este parque vehicular ampliado se estuvo brindando el servicio de recolección en 580 colonias, poblados y ejidos a través de 146 rutas de recolección. (Gobierno Municipal de Matamoros 2018-2021, 2019).



Imagen 112. Infografía de las unidades del sistema de limpieza y recolección del Municipio de Matamoros a principios de 2019.

Imagen tomada del portal oficial del gobierno municipal matamoros.gob.mx

7. ELABORACIÓN Y EJECUCIÓN DEL “PROYECTO EJECUTIVO DE RESCATE”

7.1. Introducción

La construcción de rellenos sanitarios representa una técnica de disposición de residuos sólidos urbanos y de manejo especial muy utilizada en nuestro país. Consiste en la formación de capas de residuos compactados con maquinaria pesada sobre el suelo previamente impermeabilizado para prevenir la contaminación de acuíferos. A las capas de residuos se les coloca una cobertura de suelo para evitar la proliferación de fauna nociva y la dispersión de olores y residuos fuera de las celdas de confinamiento.

Otras ventajas que ofrece un relleno sanitario son: baja inversión de capital comparada con otros métodos de disposición de residuos, generación de empleo en las comunidades aledañas al sitio, flexibilidad en cuanto a capacidad para recibir cantidades adicionales de desecho y la posibilidad de utilizar el biogás producido como fuente alternativa de energía.

Todo esto se logra con una excelente gestión de las actividades operativas y administrativas dentro del relleno sanitario. Por otro lado, una gestión ineficiente generará los mismos problemas que ocasionan los vertederos a cielo abierto, tales como la contaminación de suelos y acuíferos, incendios, altas tasas de mortalidad de fauna (ver la *Imagen 113*), proliferación de fauna nociva, deterioro del paisaje (contaminación visual) y afectaciones a la salud en los habitantes de las comunidades vecinas.

El Relleno Sanitario Regional de Matamoros se encontraba en una situación similar a la de un vertedero a cielo abierto como se describe a continuación.



*Imagen 113. Ave muerta encontrada con cintas de plástico (residuos) enredados en su cuerpo.
Imagen propia.*

7.2. Evaluación del impacto generado por una gestión ineficiente y negligente

Antes del comienzo de actividades de la administración municipal 2018–2021 del Ayuntamiento de Matamoros, se realizó una evaluación de todas las dependencias municipales para conocer en qué estado

se estaban recibiendo. Los dictámenes de las verificaciones en campo indican que el Relleno Sanitario Regional de Matamoros fue dejado en el abandono mucho antes de terminar la administración anterior y sus problemas internos ya estaban afectando a las comunidades rurales aledañas.

Los pésimos resultados entregados por la administración anterior eran evidentes en el sitio de disposición final. Se revisaron los vehículos del patrimonio municipal adscritos al Departamento de Relleno Sanitario Regional y se dictaminó que estaban descompuestos y su reparación no era económicamente viable. Tampoco las máquinas pesadas del relleno sanitario podían repararse porque se encontraban vandalizadas, por lo tanto, se iniciaron los trámites para el proceso de baja del patrimonio municipal (ver las *Imágenes 18, 19, 114 y 115*).

Asimismo, los residuos se encontraban expuestos al aire libre en un área equivalente a la quinta parte de la superficie del predio del relleno sanitario. Estos residuos estaban en sitios donde no se había impermeabilizado el suelo con geomembranas, además en muchas celdas de confinamiento sin cobertura salían fumarolas indicando la ubicación de incendios previos que consumieron gran parte de los residuos expuestos (ver las *Imágenes 116, 117 y 121*).

Durante las inspecciones no se encontraron plataformas de contingencia para la recepción de residuos durante las situaciones de emergencia. El no contar con las plataformas de contingencia implica el incumplimiento del punto 7.5 de la NOM-083-SEMARNAT-2003.

Adicionalmente, los ganaderos de la región manifestaban su molestia debido a que el viento había dispersado residuos ligeros como cartones y bolsas de plástico a distancias muy alejadas del Relleno Sanitario Regional y estos habían sido ingeridos accidentalmente por el ganado provocando malestares en los bovinos y gastos en médicos veterinarios que habían extraído dichos residuos de sus estómagos.

Por último, algunos tramos de los caminos interiores se encontraban invadidos con basura por lo que era difícil acceder al frente de tiro, y las luminarias se encontraban inservibles haciendo peligroso el tránsito de los camiones recolectores al interior del Relleno Sanitario Regional durante la noche (ver la *Imagen 31*).



Imagen 114. Fotografía de la izquierda. Compactador de residuos conocido coloquialmente como “pata de cabra” siendo examinado para determinar la factibilidad de su reparación.



Imagen 115. Fotografía de la derecha. El mismo compactador de residuos visto desde otra perspectiva con signos de abandono, descompuesto y vandalizado dentro de las instalaciones del relleno sanitario.
Imágenes cortesía del Ing. Magdaleno Rodríguez.



*Imagen 116. Humo procedente de las celdas de confinamiento. Los incendios fueron una contingencia muy recurrente durante la Administración Municipal 2015–2018.
Imagen cortesía del Ing. Magdaleno Rodríguez.*



*Imagen 117. Inicio de las actividades de rescate y saneamiento en el Relleno Sanitario Regional de Matamoros. La primera etapa de limpieza y saneamiento consistió en la disposición final de los residuos calcinados y cenizas expuestas en las celdas de confinamiento.
También se sofocaron los conatos de incendio con apoyo de la maquinaria pesada.
Imagen cortesía del Ing. Magdaleno Rodríguez.*

7.3. Limpieza y reordenamiento en áreas con residuos expuestos

Antes de comenzar a preparar el plan de trabajo se realizaron recorridos diarios con el Ing. Magdaleno Rodríguez Anguiano para conocer el estado de las instalaciones y dimensionar la complejidad del problema a resolver (ver la *Imagen 126*).

Durante los recorridos de inspección, se analizó el tiempo de permanencia de las unidades recolectoras municipales en el interior de las instalaciones del relleno sanitario, con el objetivo de proponer una metodología que permitiera llevar a cabo las actividades de saneamiento, sin descuidar las actividades operativas en el frente de tiro.

Para complementar este plan, en la Estación de Transferencia “12 de marzo” se verificó durante las mañanas, tardes y noches la frecuencia de ingreso de los camiones recolectores durante la jornada laboral (ver la *Imagen 108*). Asimismo, se estimaron los tiempos de traslado desde la Estación de Transferencia hasta la entrada del relleno sanitario (ver la *Imagen 110*). Por último, se calculó el tiempo promedio que les tomaba disponer los residuos dentro de las instalaciones del relleno sanitario. Todas estas acciones fueron realizadas para apoyar al Departamento de Limpieza Pública a reducir los tiempos de traslado y disposición de los residuos e incrementar la eficiencia del servicio de recolección. Dicha problemática ya fue descrita en el subcapítulo 2.1.

A partir de las boletas de pesaje se pueden determinar los horarios críticos de operación en el frente de tiro, el cual ocurre durante el ingreso de la mayor cantidad de usuarios del relleno sanitario en un determinado lapso de tiempo. Los usuarios principales son los vehículos oficiales de los municipios de Matamoros y de Valle Hermoso (ver la *Tabla 5* y el *Subcapítulo 3.4.3*).

Una vez identificados los horarios críticos de operación del frente de tiro, se determinó que todo el personal y maquinaria participarán en las actividades operativas de las celdas de confinamiento y frentes de tiro hasta que finalicen. Posteriormente, el personal y maquinaria serían divididos en varias cuadrillas de trabajo.

Una de estas cuadrillas permanecería en el mismo lugar dándole seguimiento a las actividades operativas del frente de tiro y celdas de disposición, las cuales son la compactación, conformación y cobertura de los residuos.

Mientras tanto, el resto del personal y maquinaria serían enviados a otras áreas para comenzar a retirar los residuos consumidos por el fuego y depositarlos en las celdas de disposición final (ver la *Imagen 118*).

Se identificó que el horario crítico de operación es de 7:30 a 10:30 horas alcanzando su pico máximo entre las 8:00 y las 9:30 horas. Posteriormente el ingreso de usuarios al interior del relleno sanitario se reduce considerablemente. Sin embargo, más tarde se vuelve a registrar otro horario crítico entre las 13:30 y 15:00 horas, aunque la cantidad de usuarios que ingresan al relleno sanitario es significativamente menor.

Después de evaluar los horarios críticos de operación, se estableció que desde las 7:00 hasta las 11:00 horas todo el equipo y personal deben estar en el frente de tiro. Después de las 11:00 horas serían divididos en varias brigadas, las cuales serían enviadas a cualquier área indicada en color naranja del mapa que aparece a continuación (ver la *Imagen 118*).



*Imagen 118. Plano del Relleno Sanitario Regional de Matamoros con las áreas con residuos expuestos al aire libre indicadas en color naranja. La mayor parte de los residuos se encontraban calcinados por el fuego
Imagen propia elaborada con información obtenida de los recorridos en campo.*

Al momento de ejecutar las actividades de limpieza y saneamiento, surgieron problemas que no se habían contemplado durante la elaboración del plan de rescate del relleno sanitario. Los retos que se presentaron son los siguientes: no eran suficientes las máquinas ni los camiones de volteo para conformar varias cuadrillas, había retrasos con el abastecimiento de combustible, los vehículos se descomponían frecuentemente y existía un desabasto crónico de filtros, refacciones y lubricantes. Todas estas eventualidades hacían retroceder los avances logrados conforme al cronograma de actividades.

Después de informar estos hechos a la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología de Matamoros (SEDUE), se proporcionó más apoyo al relleno sanitario rentando más maquinaria y camiones de volteo para continuar con las actividades cotidianas en el frente de tiro mientras se limpiaban y ordenaban las áreas ambientalmente impactadas (ver las *Imágenes 123, 124, 125 y 126*).

Con el arribo de más unidades y operadores, fue necesario reorganizar al personal de las cuadrillas de trabajo para evitar el hacinamiento en ciertas zonas del relleno sanitario y acelerar las actividades de saneamiento de las celdas con residuos expuestos al aire libre (ver las *Imágenes 120, 121, 122, 123, 125 y 126*). Se asignaron diferentes horarios de actividades para todo el personal del Relleno Sanitario Regional y contratistas, también se les asignaron áreas de trabajo para hacer más eficiente las tareas de limpieza y saneamiento mientras las operaciones en el frente de tiro y celdas de disposición final continuaban en marcha. Adicionalmente, se programaron revisiones rutinarias de la maquinaria pesada, ya que al haber dos operadores por cada unidad los problemas relacionados con el consumo de combustible y fallas mecánicas se volvieron más frecuentes.

Al contar con maquinaria pesada rentada dentro de las instalaciones, es indispensable llevar un control de las horas trabajadas por cada unidad y por operador. Por medio de unas notas (orden de servicio) se realizó

el control de las horas trabajadas de las unidades y de los operadores, así como de los consumos de diésel. Esta información fue recopilada para ser entregada al Departamento de Relleno Sanitario Regional para que en conjunto con la Tesorería Municipal y la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología gestionen los recursos destinados al pago de los proveedores de maquinaria, refacciones y combustible.

Los avances en las actividades de limpieza y saneamiento se fueron documentando para la elaboración del informe que fue enviado a la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE) como parte del “Plan de Rescate y Saneamiento del Relleno Sanitario de Matamoros”, el cual fue presentado por el alcalde ante la prensa y académicos distinguidos de Matamoros durante su visita de supervisión a las instalaciones del relleno sanitario. (Hoy Tamaulipas, 2019).



Imágenes 119 y 120. Fotografía de la izquierda, actividades de colocación de cobertura en una celda de disposición final con los residuos expuestos al aire.

Fotografía de la derecha, actividades de conformación y compactación de residuos con el uso de maquinaria pesada. Imágenes cortesía del Ing. Magdaleno Rodríguez.



Imágenes 121 y 122. Fotografía de la izquierda, actividades de colocación de cobertura en celdas con residuos calcinados durante los incendios.

Fotografía de la derecha, extracción de suelo para su uso como cobertura en las celdas de disposición final. Imágenes cortesía del Ing. Magdaleno Rodríguez.



Imágenes 123 y 124. Fotografía de la izquierda, un tractor de orugas es entregado en el interior de las instalaciones del relleno sanitario para apoyar en las actividades de limpieza y saneamiento. Fotografía de la derecha, el mismo tractor de orugas realizando la conformación y compactación de residuos en una de las celdas con residuos expuestos al aire libre.
Imágenes cortesía del Ing. Magdaleno Rodríguez.



Imagen 125. Supervisión de las actividades del Plan de Rescate y Saneamiento del Relleno Sanitario de Matamoros. Colocación de cobertura en las celdas con residuos expuestos.
Imagen propia.



*Imagen 126. Supervisión de las actividades del Plan de Rescate y Saneamiento del Relleno Sanitario de Matamoros. Colocación de cobertura en las celdas con residuos expuestos.
Imagen propia.*

7.4. Mantenimiento de caminos y plataformas de contingencia

Como ya se mencionó anteriormente, el Relleno Sanitario Regional fue dejado en el abandono durante la administración municipal 2015–2018 por lo que sus instalaciones sufrieron un deterioro considerable.

Se pudo verificar la ausencia de frentes de tiro debido a la falta de compactación y conformación de los residuos. Al carecer de frentes de tiro, los usuarios del relleno sanitario disponen los residuos en cualquier sitio que encuentren disponible. Los sitios disponibles dentro del relleno sanitario fueron, generalmente, los caminos de acceso al frente de tiro y caminos perimetrales. Esta disposición incorrecta de los residuos provocó la dispersión de éstos fuera de las instalaciones del relleno sanitario y, por consecuencia, la afectación a los ganaderos que viven en los alrededores.

Se iniciaron las acciones para retirar los residuos que obstruían los caminos de acceso al frente de tiro y, posteriormente, los caminos perimetrales del predio. Una vez despejados los caminos de acceso al frente de tiro y conformadas las plataformas de emergencia, surgió un problema que anteriormente no fue previsto, el camino de acceso al frente de tiro no era apto para el tránsito de unidades pesadas. Inclusive durante los recorridos de supervisión el vehículo utilizado para las labores de vigilancia se quedaba atascado en este camino.

En al menos un par de ocasiones, un tractocamión proveniente de la Estación de Transferencia “12 de marzo” (ver la *Imagen 108*) estuvo a punto de volcarse cuando estaba transitando por el camino de acceso al frente de tiro. Asimismo, diariamente se reportaban camiones recolectores atascados en el camino de acceso al frente de tiro por lo que se hizo rutinario el uso de la maquinaria pesada para remolcar y apoyar a

todas las unidades atascadas. El tiempo consumido por los usuarios durante la disposición de los residuos en el frente de tiro empezó a incrementarse de forma considerable.

Para las unidades recolectoras el tiempo promedio para disponer los residuos en el frente de tiro era de 30 a 50 minutos, mientras que para el tractocamión era de 60 a 90 minutos. Estos tiempos para disponer los residuos eran inadmisibles y se determinó que la causa-raíz del problema recaía en la falta de mantenimiento de los caminos interiores y de las plataformas de contingencia.

En posteriores recorridos de supervisión se identificaron tramos de los caminos que necesitaban de mantenimiento urgentemente y se propusieron nuevas ubicaciones para las plataformas de contingencia (ver la *Imagen 130*). Para este proyecto, en particular, se disponía con tiempo limitado ya que se aproximaba la temporada de ciclones tropicales y huracanes (ver los *Subcapítulos 4.5.2 y 4.5.4*).

Durante la temporada de lluvias estos caminos se vuelven más complicados de transitar ya que el suelo de la región es muy arcilloso y adquiere consistencia chiclosa debido a su alta plasticidad. En consecuencia, los usuarios se quedan atascados en los caminos. Vale la pena recordar que el suelo predominante dentro del predio es el vertisol cuyas características fueron descritas en el *subcapítulo 4.3.2*.

Para este proyecto se utilizaron 2,436 metros cúbicos de sulfato de calcio (ver las *Imágenes 127, 128 y 129*) para la rehabilitación de los caminos interiores del relleno sanitario debido a que las actividades de limpieza y saneamiento estaban generando un tránsito constante de camiones y maquinaria pesada, por lo tanto, los caminos interiores estaban experimentando un mayor deterioro del que ya presentaban. (Gobierno Municipal de Matamoros 2018-2021, 2019). Para extender el sulfato en los caminos se contó con el préstamo de una motoconformadora. Parte de este sulfato se utilizó para la conformación de 4 plataformas de contingencia que se pueden utilizar para la disposición de residuos cuando los usuarios no pueden ingresar al frente de tiro.



Imágenes 127 y 128. Colocación, conformación y compactación de sulfato de calcio en los caminos interiores del Relleno Sanitario de Matamoros.

Imágenes propias.



Imagen 129. Supervisión de la colocación, conformación y compactación de la capa de sulfato de calcio para el reacondicionamiento de los caminos interiores y de las plataformas de contingencia.

Imagen propia.

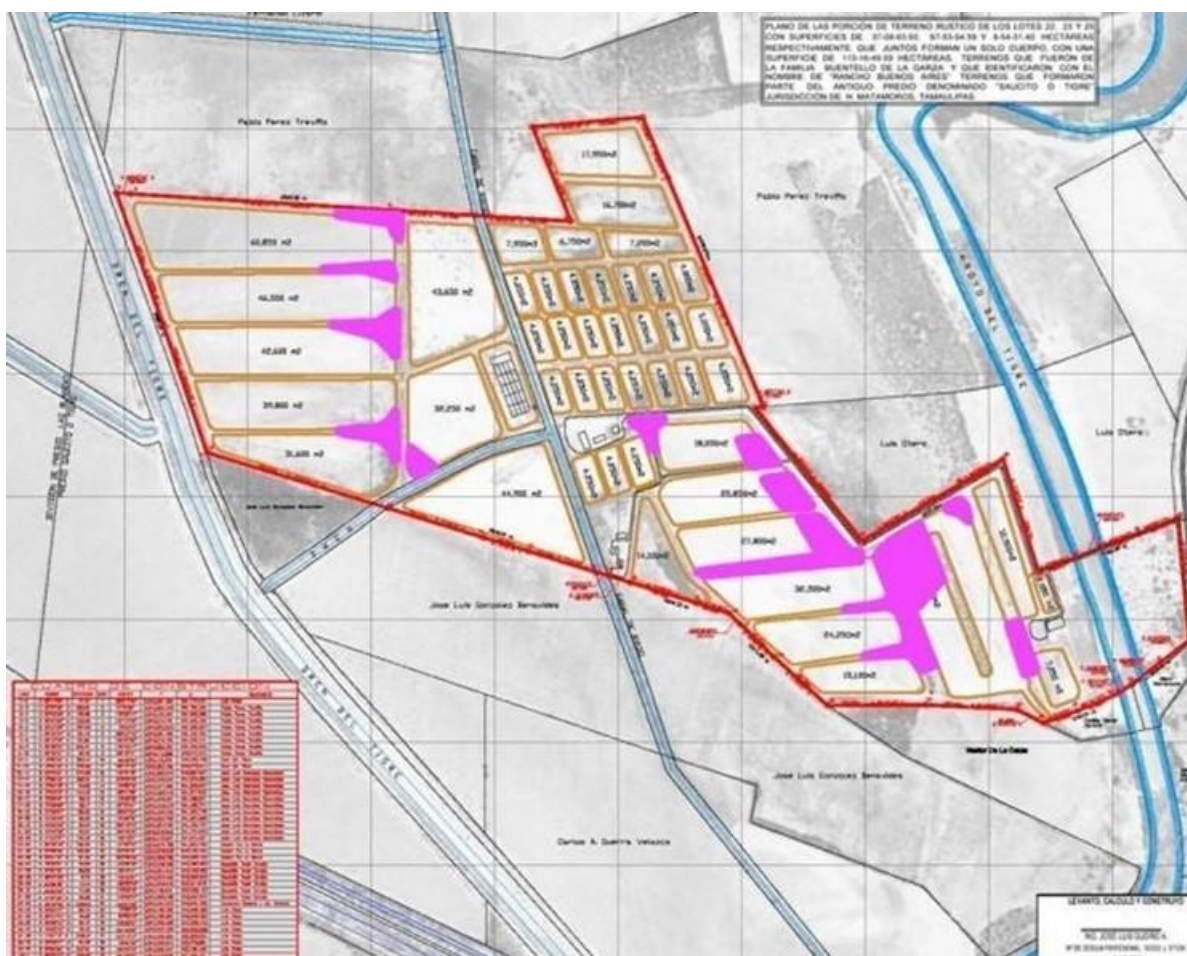


Imagen 130. Plano del Relleno Sanitario Regional de Matamoros con las áreas donde se depositó sulfato de calcio para la rehabilitación de los caminos de terracería y plataformas de contingencia indicadas en color rosa.

Se estableció un mecanismo de control para el ingreso de las unidades de acarreo que transportaron sulfato de calcio al interior del relleno sanitario. Para llevar a cabo el control, en la caseta de vigilancia se solicitaba una nota de remisión a todos los operadores de las unidades de acarreo, la cual contiene la siguiente información: el volumen de sulfato transportado, las placas del vehículo, número económico de la unidad, nombre del operador, fecha y hora de ingreso y, por último, el sitio donde fue depositado el sulfato. Con esta información se realizó la cuantificación de los metros cúbicos utilizados en este proyecto y se elaboró una base de datos que fue entregado a la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología.

7.5. Instalación de luminarias y señalamientos viales

Durante la ejecución de las actividades del “Plan de Rescate y Saneamiento del Relleno Sanitario” se recibieron reportes de incidentes viales en las noches. Las quejas de los usuarios del relleno sanitario se multiplicaron y estas se relacionaban con el mal funcionamiento de las luces delanteras de los camiones recolectores y de la falta de mantenimiento del sistema de alumbrado en los caminos de acceso al frente de tiro. Se tomó nota de las quejas recibidas y se realizaron recorridos nocturnos para identificar las zonas de riesgo que requerían de la instalación y mantenimiento de luminarias descompuestas.

Asimismo, en estos recorridos nocturnos se obtuvo información sobre otro problema que había pasado desapercibido anteriormente. Al inicio de cada administración municipal es muy común que den de alta a nuevos empleados en todas las dependencias municipales.

Por la naturaleza del trabajo y la importancia del servicio que prestan a la ciudadanía, los departamentos de servicios públicos municipales son las dependencias con el mayor número de empleados adscritos. Sin embargo, estas dependencias también experimentan la mayor rotación de personal y cambios en sus estructuras jerárquicas después de los actos de entrega-recepción de cada administración municipal.

Antes del inicio de la administración municipal 2018–2021 había un contrato de concesión para la prestación del servicio de recolección, transporte y disposición final de residuos con una empresa de recolección de residuos domiciliarios, el cual llegó a su término el día 28 de febrero de 2019. (El Sol de Tampico, 2019). Después del vencimiento del contrato de concesión, la administración municipal 2018–2021 tuvo que asumir la responsabilidad de brindar el servicio de recolección, traslado y disposición final de los residuos.

Una vez retomada la responsabilidad del servicio de recolección, traslado y disposición final de residuos, la calidad del mismo comenzó a deteriorarse súbitamente. La carga de trabajo pronto rebasó las capacidades operativas y administrativas del ayuntamiento de Matamoros. La administración municipal comprendió que no podía cumplir con sus obligaciones estipuladas en el artículo 115 constitucional si no incorporaba a más personal en su plantilla laboral.

Muchos choferes de camiones recolectores y auxiliares generales fueron dados de baja porque tenían sus contratos laborales firmados con la empresa de recolección domiciliaria, por lo tanto, no eran empleados del ayuntamiento. El servicio de recolección domiciliaria dependía de la empresa que tuvo su concesión vigente hasta los últimos días de febrero de 2019. (El Sol de Tampico, 2019).

En los primeros meses del año 2019, las dependencias municipales aun se encontraban en proceso de ajuste y reestructuración, y muchas de ellas aún no contaban con el nombramiento de algún secretario o encargado de despacho que estuviera a cargo.

Con el estallido de las huelgas del movimiento obrero en toda la ciudad de Matamoros durante las primeras semanas del año 2019, el sentimiento de inconformidad con las prestaciones laborales pronto alcanzó a las dependencias del ayuntamiento de Matamoros y con ello la interrupción de los servicios de recolección, traslado y disposición final de los desechos domiciliarios. (El Financiero, 2019).

Los servicios públicos comenzaron a ser prestados sólo con el personal afiliado al Sindicato de Trabajadores al Servicio del Municipio de H. Matamoros, Tamaulipas. Sin embargo, el ayuntamiento requirió de contratar a personal no sindicalizado para poder cumplir con sus obligaciones. Una vez cubiertas las vacantes de chofer de camión recolector, mecánico y de ayudante general, se presentaron algunos problemas con los nuevos operadores de los camiones recolectores que se describen a continuación.

Cuando un chofer de camión recolector entra a las instalaciones del relleno sanitario sólo se le indica en dónde deben disponer los residuos y ellos saben cómo llegar al lugar señalado. Sin embargo, cuando un chofer de nuevo ingreso llega a las instalaciones, debe ser acompañado por el personal del relleno sanitario a las zonas donde se disponen los diferentes tipos de residuos para evitar que se depositen fuera del frente de tiro o en otra área donde no corresponda. Al inicio de cada administración municipal es frecuente encontrar montones de residuos dispuestos incorrectamente dentro de las instalaciones por lo que el trabajo de saneamiento es más demandante.

Durante los recorridos nocturnos para la evaluación del funcionamiento de las luminarias se sorprendió a algunos choferes depositando los residuos en áreas no autorizadas y al ser interrogados se pudo comprobar que eran personal de nuevo ingreso. Otros choferes argumentaron que las luces delanteras de sus unidades no estaban funcionando adecuadamente por lo que no deseaban manejar más adentro del relleno sanitario donde la iluminación es más escasa.

Al encontrarse en una zona rural, el relleno sanitario no cuenta con iluminación de los predios vecinos y depende exclusivamente de sus propias luminarias ubicadas a lo largo de los caminos principales.

Como se mencionó en el *Subcapítulo 5.2*, gran parte de la fauna del noreste de Tamaulipas es de hábitos nocturnos, por lo tanto, los armadillos, jaguarundis, coyotes, víboras, lagartos, jabalíes, tlacuaches, murciélagos, zorrillos, e incluso los perros de las rancherías cercanas ingresan frecuentemente al relleno sanitario durante la noche. A esta situación hay que añadirle que el camino de acceso al frente de tiro tiene curvas muy cerradas en ángulos rectos con muy poco peralte por lo que se tiene otro problema que se detalla a continuación.

Durante los recorridos de supervisión se encontraron animales atropellados y los choferes se quejaban por la falta de señalizaciones viales que indicaran la presencia de curvas cerradas, paso de fauna y reductores de velocidad. Por estas razones, se llegó a la conclusión de que además del mantenimiento y reparación de las luminarias también se requería de la colocación de señalamientos viales que guiaran a los choferes y prevenirles de los posibles peligros en el camino de acceso al frente de tiro.

Para este proyecto se solicitó el apoyo a la Secretaría de Servicios Públicos Municipales, ya que ellos tienen a su cargo la Dirección de Alumbrado Público. Se ubicaron los puntos de riesgo en el plano y se le notificó a

la Secretaría de las acciones correctivas a realizar. Asimismo, se comenzaron las gestiones con otras dependencias municipales para que brinden apoyo con la instalación y mantenimiento de los señalamientos e infraestructura vial.

7.6. Jornadas de limpieza en las colonias de Matamoros

A inicios de octubre de 2018, la administración municipal reportó 42 tiraderos clandestinos distribuidos por toda la ciudad de Matamoros, los cuales en conjunto acumulaban un aproximado de 922 toneladas de residuos. Durante los siguientes 10 meses, la Dirección de Limpieza Pública y la Dirección de Espacios Públicos emprendieron actividades de limpieza y saneamiento de 28 tiraderos clandestinos retirando 886 toneladas de residuos. Asimismo, en colaboración con la Secretaría de Salud se retiraron 15 mil llantas de las calles de Matamoros y se dispusieron en el Relleno Sanitario Regional. (Gobierno Municipal de Matamoros 2018-2021, 2019).

El Departamento de Relleno Sanitario Regional debía de seleccionar y acondicionar el lugar donde serían depositados los residuos retirados de los tiraderos clandestinos.

Siguiendo el ejemplo del Departamento de Limpieza Pública y de la Dirección de Espacios Públicos, en el Departamento de Relleno Sanitario Regional se emprendieron varias jornadas de limpieza donde se retiraron bolsas de plástico y papeles que estaban atrapados en las ramas de los árboles y se recolectaron los residuos derramados en los caminos principales. Estas jornadas se realizaban antes del mediodía para reducir la exposición del personal al calor durante la temporada de canícula (ver el *Subcapítulo 4.1.4*).

7.7. Campaña de reforestación y educación ambiental

La cubierta vegetal es indispensable para controlar la erosión y evitar la degradación de los suelos, ayuda a fijar nutrientes en el suelo, proporciona refugio a los animales y ayuda a regular las temperaturas extremas. El municipio de Matamoros ha sufrido de una intensa deforestación para dedicar tierras a la práctica de la ganadería extensiva y al cultivo de algodón y sorgo en el área correspondiente al Distrito de Riego 025. También la cubierta vegetal ha sido arrasada debido a la tala indiscriminada para obtener carbón vegetal de mezquite que tiene una gran demanda en esta región.

En el Relleno Sanitario Regional se procura tener vegetación nativa para brindar un ecosistema saludable y preservar el equilibrio ecológico. Además de que mejora la imagen estética y se logra una armonía visual con el entorno.

En el noreste de Tamaulipas ha habido un considerable desarrollo de parques eólicos debido a la abundancia de viento que caracteriza a esta región. (Banco de Desarrollo de América del Norte, 2012). Las velocidades promedio anual del viento oscilan entre 6–8.5 m/s a una altura de 50 metros. (Secretaría de Energía, 2023). Para el Departamento de Relleno Sanitario Regional esto representa un problema porque los residuos ligeros como bolsas de plástico, cartón, hules, entre otros, fácilmente pueden ser dispersados fuera de los

límites del predio y los animales pueden ingerir accidentalmente estos residuos o quedar atrapados en ellos (ver la *Imagen 113*).

La vegetación puede actuar como una barrera rompeviento y las ramas de los árboles pueden capturar los residuos ligeros que son transportados por el viento. Por esta razón, se llevó a cabo una campaña de reforestación al interior del relleno sanitario como se describe a continuación.

Durante las actividades de limpieza y reordenamiento de las áreas con residuos expuestos al aire libre se percibió una escasez de vegetación al interior del Relleno Sanitario Regional debido a que se dejó de brindar mantenimiento y cuidado a las áreas verdes.

En el interior del Relleno Sanitario se comenzó un programa de separación de residuos y de inmediato se percibió la abundancia de residuos orgánicos lo cual dejaba abierta la posibilidad de producir composta de manera artesanal al interior de las instalaciones y aprovecharla durante la campaña de reforestación. La composición de los residuos sólidos urbanos del municipio de Matamoros es la siguiente: el 58% son residuos orgánicos, el 27% son residuos reciclables y el restante 15% son residuos no reciclables e inorgánicos. (Cavazos Lliteras, y otros, 2013).

Los residuos orgánicos que ingresan en abundancia al relleno sanitario son los que resultan de podas de parques y áreas verdes urbanas, pastos, aserrín de las ebanisterías y madererías, los que resultan de las actividades pesqueras y del procesamiento de productos de origen marino como caparazones de jaibas y camarones (ver de la *Imagen 131 a la Imagen 140*).





*Imágenes 131–140. Proceso de elaboración de composta artesanal con los residuos orgánicos que ingresan al relleno sanitario.
Imágenes propias.*

Para aprovechar la oportunidad de que se acercaba el día 5 de junio, el cual se conmemora el Día Mundial del Medio Ambiente, se elaboraron trípticos informativos donde se invitaba a funcionarios públicos, comunidad académica de las instituciones educativas de Matamoros y público en general a participar en las actividades de reforestación con el requisito de traer una planta nativa de la región (ver la *Tabla 10*) que ellos mismos plantarían dentro de las instalaciones (ver la *Imagen 141*). Todas estas actividades se realizaron para crear conciencia ambiental y también se les ofreció una visita guiada al interior del Relleno Sanitario para generar reflexiones acerca de cómo podemos contribuir para reducir la generación de desechos y conocer cuál es el destino final de los mismos. Muchos de los visitantes nunca habían visto personalmente como opera un relleno sanitario y esta fue su primera experiencia.

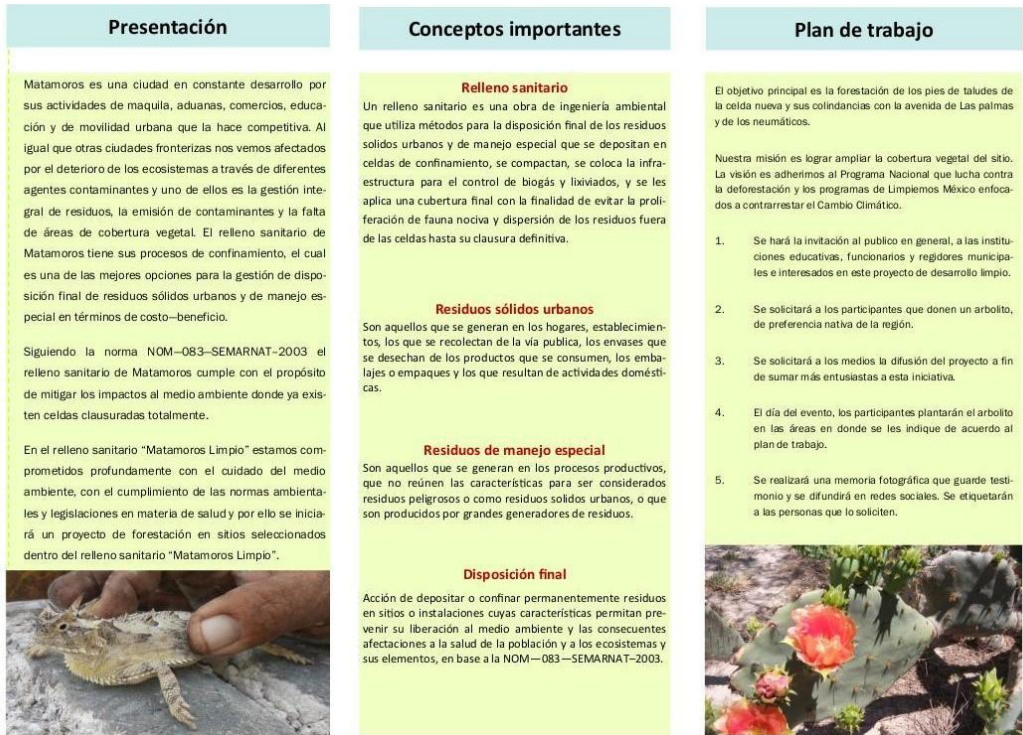


Imagen 141. Tríptico que fue repartido a toda la ciudadanía de Matamoros invitándolos a participar en la Campaña de Reforestación dentro en las instalaciones del Relleno Sanitario Regional. Elaboración propia.

8. RESULTADOS

8.1. Campaña de reforestación y educación ambiental

En la misma semana que se conmemora el Día Mundial del Medio Ambiente se presentaron en las instalaciones del Relleno Sanitario Regional estudiantes de instituciones educativas como el Instituto Tecnológico Nacional Campus Matamoros, funcionarios y empleados de dependencias municipales, así como habitantes de rancherías cercanas al sitio de disposición final (ver de la *Imagen 142 a la Imagen 153*). Se realizaron actividades como elaboración de composta y siembra de árboles de mezquite, huizache y palmas. Se plantaron en total 88 individuos arbóreos y se produjeron 64 metros cúbicos de composta.







*Imágenes 142–153. Participación de estudiantes del Instituto Tecnológico de Matamoros, funcionarios municipales y pobladores de las rancherías vecinas en la Campaña de Reforestación dentro en las instalaciones del Relleno Sanitario Regional.
Imágenes propias.*

8.2. Jornadas de limpieza en el relleno sanitario

Como se mencionó previamente, a raíz del comienzo de las jornadas de limpieza en las colonias de la ciudad, el Departamento de Relleno Sanitario Regional emprendió sus propias jornadas de limpieza al interior de las instalaciones.

El resultado de estas jornadas fue el retiro de bolsas de plástico y papeles de las ramas de mezquites y huizaches. Los residuos recolectados en los bordos, aceras y caminos fueron dispuestos en las celdas de confinamiento.

8.3. Instalación de luminarias y señalamientos viales

Se cambiaron las luminarias viejas por luminarias tipo LED en el camino principal del relleno sanitario para que los choferes puedan circular más seguros durante la noche. Después de que la Dirección de Alumbrado Público colocara las luminarias, se realizó una petición para la adquisición y colocación de señalética vial y reductores de velocidad. Estas acciones se realizaron con el propósito de prevenir accidentes en el interior del relleno sanitario y proteger la fauna local que es atropellada por conductores imprudentes.

8.4. Mantenimiento de caminos y plataformas de contingencia

Todas las unidades recolectoras redujeron su tiempo de permanencia al interior de las instalaciones. Los camiones recolectores necesitaban de 30 a 50 minutos para ingresar y disponer los residuos en el frente de tiro. Después del mantenimiento de los caminos, su tiempo de permanencia pasó de 15 a 25 minutos para llevar a cabo la disposición final. El tractocamión necesitaba de 60 a 90 minutos para disponer los residuos, después de estas medidas correctivas su tiempo de permanencia promedio cambió de 40 a 60 minutos.

Ya no se reportaron incidentes de atascamiento de unidades recolectoras en los caminos de acceso al frente de tiro. Las plataformas de contingencia quedaron terminadas antes del comienzo de las primeras lluvias de la temporada y se llegaron a utilizar cuando los tractocamiones y camiones recolectores no tenían la capacidad de llegar al frente de tiro.

Los camiones recolectores terminaban a tiempo sus rutas de recolección y eso les daba la oportunidad de realizar un viaje adicional al relleno sanitario para disponer los residuos, por lo tanto, los tiempos del servicio de recolección en las colonias de Matamoros mejoraron notablemente.

8.5. Limpieza y reordenamiento en áreas con residuos expuestos

Después de 10 meses de trabajo, los cuales comenzaron desde octubre de 2018, se logró recuperar, limpiar y ordenar 25 hectáreas del Relleno Sanitario Regional (equivalentes al 22% de la superficie total del predio)

donde estaban dispuestos a cielo abierto los residuos de Matamoros y Valle Hermoso. (Gobierno Municipal de Matamoros 2018-2021, 2019).

Se dispusieron adecuadamente más de 600 mil toneladas de basura que la administración anterior dejó a cielo abierto (ver las *Imágenes 171, 172, 173 y 174*). El proyecto de rescate y restauración del Relleno Sanitario Regional tuvo un costo superior a los 7 millones de pesos. (Hoy Tamaulipas, 2019).

En total se movilizaron 65,510 metros cúbicos de tierra para realizar los trabajos de cobertura de los residuos expuestos de las celdas de confinamiento. (Gobierno Municipal de Matamoros 2018-2021, 2019).

A continuación, se presenta una galería fotográfica (ver de la *Imagen 154 a la Imagen 157*) de la ceremonia de presentación del Proyecto de Rescate del Relleno Sanitario Regional de Matamoros.



Imágenes 154–157. Fotografías de la ceremonia de presentación de resultados del Plan de Rescate y Saneamiento del Relleno Sanitario Regional de Matamoros ante funcionarios públicos y la prensa. Imágenes cortesía del Ing. Magdaleno Rodríguez y propias.

Esta ceremonia y visita de supervisión recibió cobertura de medios de comunicación y los resultados de este proyecto fueron publicados en la página oficial del gobierno municipal. A continuación, en la *Imagen 158* se muestra la invitación hecha por la Administración Municipal 2018–2021 del Gobierno Municipal de Matamoros a todos los interesados en asistir a la ceremonia.



Imagen 158. Invitación al recorrido al interior del Relleno Sanitario Regional. Se hizo difusión de este evento principalmente por medios digitales de comunicación. Imagen tomada de las redes sociales del Gobierno Municipal de Matamoros.

A continuación, se presenta una galería fotográfica (ver de la *Imagen 159 a la Imagen 174*) que muestran el grado de avance del Proyecto de Rescate del Relleno Sanitario Regional de Matamoros. En todas las imágenes se aprecia que los objetivos particulares planteados se han cumplido (ver el *Subcapítulo 1.2*).

Imágenes del antes y después, al inicio de la administración municipal y 10 meses después.

ANTES



DESPUÉS



ANTES



DESPUÉS



ANTES



DESPUÉS



Imágenes 159–174. Fotografías de la izquierda, condiciones originales como se veía el interior del relleno sanitario antes de la ejecución del Plan de Rescate y Saneamiento.

Imágenes cortesía del Ing. Magdaleno Rodríguez.

Fotografías de la derecha, condición restaurada de las mismas zonas fotografiadas, posterior a la ejecución del proyecto de rescate y saneamiento. Imágenes propias.

Una vez concluidas las actividades programadas dentro del “Proyecto Ejecutivo de Rescate y Saneamiento” se inició una campaña de difusión a través de los medios de comunicación y redes sociales (ver la *Imagen 175*). También se invitó a la ciudadanía de los municipios de Valle Hermoso y Matamoros para que fueran testigos del avance de las actividades de limpieza y saneamiento al interior del Relleno Sanitario Regional.

A continuación, se muestra una nota periodística realizada por un medio de comunicación que estuvo presente el día de la ceremonia en las instalaciones del relleno sanitario.



Imagen 175. Artículo periodístico donde se hace difusión de las actividades del recorrido de supervisión del alcalde de Matamoros en las instalaciones del Relleno Sanitario Regional.
Tomado del sitio web hoytamaulipas.net

9. CONCLUSIONES

Actualmente los rellenos sanitarios representan la opción de disposición final de residuos sólidos con mayor aplicación en México porque la mayoría de los municipios tienen acceso a los instrumentos de financiamiento, de estudios técnicos, construcción y equipamiento de estos. El marco jurídico ambiental federal ha facilitado que los municipios, que no cuentan con la capacidad de ofrecer el servicio de disposición final, tengan la opción de concesionar este servicio a las empresas privadas previa autorización de sus gobiernos estatales, o en su caso, asociarse con otras municipalidades y brindar el servicio donde ambas partes asuman los costos y no tengan la necesidad de concesionar este servicio a un tercero.

A pesar de que la legislación en la materia ya tiene mucho tiempo vigente, aún existen municipios y ciudades del país que tienen un sistema de recolección o un sistema de disposición final muy precario y que se han quedado rezagados en la aplicación de estas leyes y normas. Las razones de este atraso son muy diversas, pero por lo general obedecen a que el periodo de una administración municipal no dura más de tres años. Cuando estas administraciones finalizan, los proyectos exitosos pierden continuidad. El caso del Relleno Sanitario Regional de Matamoros es uno de ellos, en donde a pesar de contar con un Premio Hábitat, con una certificación de calidad ISO 9001–2000, entre otros reconocimientos, se ha dejado abandonado en diferentes periodos como se observa en las imágenes tomadas al inicio de esta administración municipal.

Otro problema detectado es la falta de profesionales que conozcan del tema de la gestión de residuos sólidos, ya que los encargados de los sitios de disposición final desconocen el marco jurídico ambiental, así como el impacto que el mal manejo de los desechos genera al medio ambiente y a la salud. Los gerentes o jefes de rellenos sanitarios nombrados por las administraciones municipales, por lo general, no reciben cursos ni capacitaciones antes de asumir sus cargos.

Un problema común de los sitios de disposición final municipales es que la maquinaria pesada representa costos muy altos de operación y mantenimiento, por lo tanto, en los últimos meses de las administraciones municipales se les deja de proporcionar mantenimiento y reparaciones quedando abandonadas. Por cuestiones de entrega–recepción se procura dejar recursos financieros para que la administración municipal entrante cuente con fondos suficientes para el pago de nóminas para sus empleados, sacrificando con ello los gastos de mantenimiento de la maquinaria que se dejan en reparación y que la administración entrante deja pendiente hasta que se vuelve económicamente o técnicamente inviable su reparación. En todos los sitios de disposición final es común ver máquinas pesadas en medio de montañas de basura, las cuales ya no tienen piezas o incluso sin motor y que ya están en proceso de baja del parque vehicular.

Las autoridades ambientales estatales conocen el panorama real de los sitios de disposición final en sus jurisdicciones, pero rara vez clausuran un sitio de disposición final que no cumple con los lineamientos ambientales, ya que al clausurar un basurero la gente, por necesidad de deshacerse de sus desechos, los arrojan en vertederos clandestinos. La única opción que tienen las autoridades ambientales es brindar apoyo técnico y financiero al personal que administra los rellenos sanitarios que no cumplen con las normas ambientales o bien dejarlos operar a pesar del daño ambiental que generan.

A pesar de contar con un marco jurídico ambiental bien estructurado aún hace falta mucho camino por recorrer para lograr una disposición adecuada de los residuos sobre todo en los municipios con población predominantemente rural y en municipios de grandes extensiones con localidades muy dispersas. A pesar de contar con la tecnología de aprovechamiento de biogás para la producción de energía eléctrica, sólo se ha implementado en un reducido número de rellenos sanitarios a nivel nacional, por lo que en este aspecto México se encuentra muy rezagado respecto a otras naciones donde incluso ya están implementando la

termovalorización de los residuos, reduciendo el volumen de residuos que van a confinamiento en un porcentaje superior al 90%.

En el tema de reciclaje de materiales, sólo con el aluminio, PET y el cartón se han logrado números aceptables, pero esto mayormente se realiza mediante la pepena tradicional y sin regulación por parte de las autoridades, por lo que es común encontrar menores de edad y ancianos trabajando como pepenadores sin equipo de protección personal y exponiendo su salud entre las montañas de desechos. El porcentaje promedio de residuos reciclables recuperados no rebasa el 5% del total de residuos que ingresan a un sitio de disposición final para su confinamiento.

Es necesaria la participación de la sociedad con los gobiernos locales para llevar a cabo programas de separación de residuos con el propósito de facilitar la recuperación de materiales reciclables y reducir la cantidad de residuos que ingresan a los rellenos sanitarios y que se fomente la cultura de no disponer en tiraderos clandestinos. Todos somos responsables por el simple hecho de ser consumidores y producir residuos y a todos nos corresponde participar y exigir a nuestras autoridades un mejor manejo de nuestros desechos para evitar daños al ambiente.

Reduciendo la cantidad de residuos que producimos se reducirán los vertederos a cielo abierto donde los incendios afectan la calidad del aire, donde los lixiviados contaminan los suelos y acuíferos y donde los residuos son ingeridos por la fauna silvestre causando su muerte.

10. Bibliografía

- Administración Pública Municipal de Valle Hermoso. (2013). *Plan Municipal de Desarrollo de Valle Hermoso 2013-2016*. Valle Hermoso.
- Alanís Enciso, F. S. (2003). *El valle bajo del Río Bravo, Tamaulipas, en la década de 1930. El desarrollo regional en la posrevolución a partir de la irrigación, la migración interna y los repatriados de Estados Unidos*. Ciudad Victoria, Tamaulipas, México: El Colegio de Tamaulipas.
- Ayuntamiento de Matamoros, Tamaulipas. (2018). *Plan Municipal de Desarrollo 2018-2021*. Matamoros: Gobierno Municipal de Matamoros, Tamaulipas.
- Banco de Desarrollo de América del Norte. (26 de marzo de 2007). *Proyecto Regional de Manejo de Residuos Sólidos para Matamoros y Vallehermoso, Tamaulipas*. Recuperado el 27 de enero de 2025, de <https://www.nadb.org/es/nuestros-proyectos/proyectos-de-infraestructura/proyecto-regional-de-manejo-de-residuos-solidos-para-matamoros-y-vallehermoso-tamaulipas>
- Banco de Desarrollo de América del Norte. (09 de febrero de 2012). *Parque eólico "El Porvenir"*. Recuperado el 07 de enero de 2025, de <https://www.nadb.org/es/nuestros-proyectos/proyectos-de-infraestructura/parque-eolico-el-porvenir>
- Capurro, L. (2001). Huracanes, tifones, baguios, willy-willies y ciclones. *Avance y Perspectiva*, 228-229.
- Cavazos Lliteras, H., Casas González, S., García Hernández, J., Guerra Tapia, F., Caballero Saldívar, D., & Gámez Muñiz, G. (2013). *Programa estatal para la prevención y gestión integral de residuos en Tamaulipas*. Ciudad Victoria.
- CFE. (1993). *Manual de diseño de obras civiles. Diseño por sismo*. Ciudad de México: Comisión Federal de Electricidad.
- Chapman, K., & De Los Reyes, O. (2007). *Scavenging, solid waste and the future of trash disposal in the City of Matamoros*. Matamoros: Cross Border Institute for Regional Development at the University of Texas Brownsville.
- CILA. (2021). *Formulación del programa de saneamiento de la frontera norte a nivel gran visión*. Comisión Internacional de Límites y Aguas entre México y Estados Unidos, Matamoros.
- Comisión de Desarrollo Urbano y Ecología. (2005). *Reglamento del relleno sanitario de Matamoros, Tamaulipas*. Matamoros.
- Comisión de Parques y Biodiversidad de Tamaulipas. (17 de octubre de 2023). *Fauna*. Obtenido de Fauna: <http://www.tamaulipas.gob.mx/parquesybiodiversidad/wp-content/uploads/sites/44/2024/05/fauna.pdf>

- Comisión de Parques y Biodiversidad de Tamaulipas. (05 de mayo de 2024). *Aves*. Obtenido de <https://www.tamaulipas.gob.mx/parquesybiodiversidad/wp-content/uploads/sites/44/2024/05/aves.pdf>
- CONABIO. (11 de noviembre de 2021). *Ecosistemas de México*. Recuperado el 11 de enero de 2025, de Matorrales: <https://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/matorral>
- CONABIO. (18 de abril de 2022). *Enciclovida*. Recuperado el 10 de junio de 2024, de Tlacuache norteño (*Didelphis virginiana*): <https://enciclovida.mx/especies/34843-didelphis-virginiana>
- CONABIO. (18 de octubre de 2023). *Anfibios y reptiles del estado de Tamaulipas, México*. Recuperado el 20 de enero de 2025, de http://ipttest.conabio.gob.mx/iptconabiotest/resource?r=SNIB-H104&v=1.4&request_locale=pt
- CONABIO. (26 de noviembre de 2024). *Enciclovida*. Recuperado el 30 de noviembre de 2024, de Pijije alas blancas (*Dendrocygna autumnalis*): <https://enciclovida.mx/especies/35624-dendrocygna-autumnalis>
- CONABIO. (03 de marzo de 2025). *Enciclovida*. Recuperado el 03 de marzo de 2025, de Rana leopardo (*Lithobates berlandieri*): <https://enciclovida.mx/especies/35400-lithobates-berlandieri>
- CONABIO. (03 de marzo de 2025). *Enciclovida*. Recuperado el 02 de febrero de 2025, de Eslizón cuatro líneas del noreste (*Plestiodon tetragrammus*): <https://enciclovida.mx/especies/27345>
- CONAGUA. (2014). *Programa de medidas preventivas y mitigación de la sequía*. Monterrey: SEMARNAT. Obtenido de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/99851/PMPMS_Monterrey_NL.pdf
- CONAGUA. (2024). *Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el Acuífero Bajo Río Bravo (2801), Estado de Tamaulipas*. Ciudad de México: Comisión Nacional del Agua. Gerencia de Aguas Subterráneas. Recuperado el 20 de enero de 2025, de https://sigagis.conagua.gob.mx/gas1/Edos_Acuiferos_18/tamaulipas/DR_2801.pdf
- CONAGUA. (20 de enero de 2025). https://sinav30.conagua.gob.mx:8080/Geovisores/RHA_VI/. Obtenido de https://sinav30.conagua.gob.mx:8080/Geovisores/RHA_VI/
- Departamento de Relleno Sanitario Regional. (2007). *Bitácoras de ingreso de residuos*. Matamoros.
- Departamento de Relleno Sanitario Regional. (2019). *Bitácoras de ingreso de residuos*. Matamoros.
- Departamento de Relleno Sanitario Regional. (2019). *Lista de personal del Departamento de Relleno Sanitario Regional*. Matamoros.

- Dirección de Control Ambiental, SEDUE de Matamoros. (2005). *Estudio de riesgo aviario para la aeronáutica civil por el Proyecto de Relleno Sanitario del municipio de Matamoros, Tamaulipas*. Matamoros.
- Dirección de Control Ambiental, SEDUE de Matamoros. (2005). *Manifestación de impacto ambiental modalidad general para el Proyecto Regional de Relleno Sanitario en Matamoros*. Matamoros.
- Dirección del Archivo Histórico de Matamoros. (2016). *Mapoteca de Matamoros*. Matamoros: Gobierno Municipal de Matamoros.
- Dirección General de Medio Ambiente de Tamaulipas. (2006). *Dictamen de la Manifestación de Impacto Ambiental modalidad general para el proyecto regional de relleno sanitario en Matamoros*. Ciudad Victoria.
- Eguiluz de Antuñano, S. (2011). Sinopsis geológica de la Cuenca de Burgos, noreste de México: producción y recursos petroleros. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 63(2), 323-332.
- El Financiero. (05 de febrero de 2019). *Economía*. Obtenido de Suman 29 empresas que se unen a huelgas en Matamoros: <https://www.elfinanciero.com.mx/economia/se-suman-14-empresas-a-huelgas-en-matamoros/>
- El Mañana. (22 de septiembre de 2019). *El Huracán Beulah en Reynosa, 1967*. Obtenido de <https://www.elmanana.com/el-huracan-beulah-en-reynosa-1967/4923389>
- El Sol de Tampico. (06 de febrero de 2019). *Local*. Obtenido de Gen y Pasa inician huelga, paran recolección de basura en Matamoros: <https://oem.com.mx/elsoldetampico/local/gen-y-pasa-inician-huelga-paran-recoleccion-de-basura-en-matamoros-16299969?token=-1547686251>
- ETEISA. (1998). *Manejo integral de residuos sólidos para la Ciudad de Matamoros, Tamaulipas*. Matamoros.
- ETEISA. (2006). *Proyecto ejecutivo de Relleno Sanitario Regional para Matamoros y Valle Hermoso, Tamaulipas*. Matamoros.
- Fernández, E. (24 de septiembre de 2020). En los últimos 50 años se han registrado sequías severas en el estado. *El Sol de Parral*. Obtenido de <https://oem.com.mx/elsoldeparral/local/en-los-ultimos-50-anos-se-han-registrado-sequias-severas-en-el-estado-falta-de-lluvias-agua-presas-regiones-nevadas-noticias-de-parral-chihuahua-20395275>
- Fernández, L. (30 de enero de 1826). Decreto no. 12. Primera Legislatura. Obtenido de <https://riih.uat.edu.mx/bitstream/123456789/3197/1/12%2c30-01-26.pdf>
- GISD. (16 de agosto de 2010). *Global Invasive Species Database*. Recuperado el 02 de febrero de 2025, de Cynodon Dactylon: <https://www.iucngisd.org/gisd/speciesname/Cynodon+dactylon>

Gobierno del Estado de Tamaulipas, & Servicio Geológico Mexicano. (S.F.). *Atlas de riesgo de los municipios de Matamoros y Valle Hermoso del Estado de Tamaulipas*. N.D.

Gobierno Municipal de Matamoros 2018-2021. (2019). *Primer Informe de Gobierno*. Matamoros: Gobierno Municipal de Matamoros.

Google Maps. (28 de enero de 2025). *Google Maps*. Obtenido de https://www.google.com/maps/place/Tamaulipas/@24.5298745,-103.0870651,1302523m/data=!3m1!1e3!4m6!3m5!1s0x867953aedb1e2459:0x33859f5a35e81925!8m2!3d24.26694!4d-98.8362755!16zL20vMDFnZmwX?entry=ttu&g_ep=EgoyMDI1MDEyNi4wIKXMDSOASAFQAw%3D%3D

Gutierrez Martínez, C. A., Martínez Bringas, A., Gómez Vázquez, Á., De la Cruz Reyna, S., Hernández Alcántara, T., & Mendoza López, M. (2021). *Guía básica para la elaboración de atlas estatales y municipales de peligros y riesgos. Fenómenos geológicos*. Ciudad de México: Centro Nacional de Prevención de Desastres.

Guzmán Lucio, M. A. (2016). Gramíneas de los mezquiales en el centro norte de Nuevo León. *Polibotánica*(42), 19-42. Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-27682016000200019&lng=es&nrm=iso

Horizonte de Matamoros. (08 de agosto de 2019). Obtenido de <https://www.horizontedematamoros.com.mx/constatan-fuerzas-vivas-de-matamoros-rescate-del-relleno-sanitario-reconocen-trabajo-de-alcalde-mario-lopez/>

Hoy Tamaulipas. (05 de julio de 2019). *Gestionará Mario López certificación del relleno sanitario en Matamoros*. Recuperado el 17 de agosto de 2020, de <https://www.hoytamaulipas.net/notas/387746/Gestionara-Mario-Lopez-certificacion-de-relleno-sanitario-en-Matamoros.html>

iNaturalistMX. (02 de febrero de 2025). *Abaniquillo verde del noreste (Anolis carolinensis)*. Recuperado el 20 de febrero de 2025, de <https://mexico.inaturalist.org/taxa/36514-Anolis-carolinensis>

iNaturalistMX. (6 de marzo de 2025). *Chicharra gigante (Quesada gigas)*. Obtenido de <https://mexico.inaturalist.org/taxa/244024-Quesada-gigas>

iNaturalistMX. (20 de enero de 2025). *Gecko casero tropical (Hemidactylus mabouia)*. Recuperado el 25 de febrero de 2025, de <https://mexico.inaturalist.org/taxa/68492-Hemidactylus-mabouia>

INEGI. (1983). *Síntesis geográfica del Estado de Tamaulipas*. México, D.F.: Dirección General de Geografía.

- INEGI. (2010). *Compendio de información geográfica municipal 2010. Matamoros, Tamaulipas*. Aguascalientes: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- INEGI. (2013). *Carta edafológica Heroica Matamoros, G14-6-9-12*. Aguascalientes: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- INEGI. (2014). *Guía para la interpretación de cartografía: Edafología escala 1:250,000 serie III*. Aguascalientes: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- INEGI. (2016). *Panorama socioeconómico de Tamaulipas 2015*. Aguascalientes: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- INEGI. (2016). *Principales resultados de la Encuesta Intercensal 2015: Tamaulipas*. Aguascalientes: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- INEGI. (2017). *Anuario estadístico y geográfico de Tamaulipas 2017*. Aguascalientes: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- INEGI. (2024). *Aspectos geográficos de Tamaulipas: compendio 2022*. Aguascalientes, México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- INEHRM. (2014). *Diccionario de generales de la Revolución*. México D.F.: Secretaría de Educación Pública.
- Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. (12 de julio de 2019). *¿Que es la canícula?* Obtenido de <https://www.gob.mx/imta/articulos/que-es-la-canicula>
- International Boundary Commission, United States and Mexico. (1910). *Boundaries between Brownsville, Texas and Matamoros, Tam. Mexico*. Washington, D.C.: The Norris Peters Co. Obtenido de <http://hdl.loc.gov/loc.gmd/g3701f.ct000344>
- Laguna Ortiz, et al., J. G. (2018). Adaptaciones socioambientales ante fenómenos meteorológicos y bélicos a lo largo de la historia de Matamoros, Tamaulipas. *Cuaderno urbano. Espacio, cultura, sociedad.*, 24(24), 47-72. Recuperado el 10 de enero de 2025, de <https://www.redalyc.org/journal/3692/369259347003/html/>
- Laguna Ortiz, J. G. (2014). *Sistema para el ordenamiento territorial y la orientación en el crecimiento de los usos de suelo en Matamoros, basado en la infraestructura vial urbana*. Monterrey: Universidad Autónoma de Nuevo León.
- López Ramos, E. (1980). *Geología de México* (Segunda ed., Vol. II). México, D.F., México: Edición escolar.
- MexNoticias. (3 de febrero de 2019). *Entrega Mario López 25 motocicletas recolectoras de basura*. Obtenido de <https://www.mexnoticias.mx/matamoros/entrega-mario-lopez-25-motocicletas-recolectoras-de-basura/>

Molina Guerra, et al., V. M. (2019). *Plantas características del matorral espinoso tamaulipeco*. Monterrey: Editorial Universitaria de la Universidad Autónoma de Nuevo León.

National Oceanic and Atmospheric Administration. (05 de junio de 2023). *Historical hurricane tracks*.
Obtenido de <https://coast.noaa.gov/hurricanes/#map=7.6/26.035/-97.459&search=eyJzZWFiY2hTdHJpbmciOiJCcm93bnN2aWxsZSwgQ29uZGFkbyBkZSBDYW1lcm9uLCBUZXhhcywgRXN0YWRvcyBVbmlkb3MgZGUgQW3DqXJpY2EiLCJzZWFiY2hUeXBlljoiZ2VvY29kZWQilCJtYXRjaCI6InBhcnRpYWwiLCJvc21JRCI6IjExNTI3NS>

ONU-Habitat. (2019). *Guía Metodológica. Estrategia municipal de gestión integral de riesgos de desastres*. Ciudad de México: Programa de la Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos (ONU-Habitat).

Parra, C. (05 de junio de 2018). *Nomadic border / La frontera nómada*. Obtenido de Un Viejo Puente Nuevo Fronterizo: El Puente Internacional Matamoros: <http://www.nomadicborder.com/foto-galerias/un-viejo-puente-nuevo-fronterizo-la-puerta-mexico-de-matamoros>

Periódico Frontera de Tamaulipas. (30 de agosto de 2013). *Matamoros de ayer y hoy*. Obtenido de Las chulas fronteras del norte "El Piporro":
https://www.periodicofronteradetamaulipas.com/2013/08/matamoros-de-ayer-y-hoy_30.html

Periódico Frontera de Tamaulipas. (27 de enero de 2013). *Matamoros de ayer y hoy*. Obtenido de 187 Aniversario Villa de Matamoros: <https://www.periodicofronteradetamaulipas.com/2013/01/187-aniversario-villa-de-matamoros.html>

Periódico Frontera de Tamaulipas. (27 de febrero de 2013). *Matamoros de ayer y hoy*. Obtenido de Ayer el Paso de Santa Cruz, Hoy la salutación:
<https://www.periodicofronteradetamaulipas.com/2013/02/ayer-el-paso-de-santa-cruz-hoy-la.html>

Peterson, P. M. (11 de mayo de 2021). *Flora of North America*. Obtenido de Eragrostis intermedia: http://floranorthamerica.org/Eragrostis_intermedia

Redtox. (22 de enero de 2025). *Centruroides vittatus*. Obtenido de <https://redtox.org/especies/centruroides-vittatus>

Rivera Salazar, C. (2012). Museo Casamata. *Septentrión*(7), 102-109. Obtenido de <https://septentrion.uat.edu.mx/index.php/septentrion/issue/view/12>

Secretaría de Energía. (2023). *Atlas nacional de zonas con alto potencial de energías limpias*. Ciudad de México: SENER. Recuperado el 16 de enero de 2025, de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/903922/Atlas_Nacional_de_Zonas_con_Alto_Potencial_de_Energ_as_Limpas.pdf

Secretaría de Gobernación. (27 de junio de 1942). Acuerdo que constituye el Distrito de Riego del Bajo Río Bravo, Tam. *Diario Oficial de la Federación*, CXXXIII(48), pág. 6.

Secretaría General de Gobierno de Tamaulipas. (24 de diciembre de 2018). Ley de Ingresos de los 43 municipios del Estado de Tamaulipas para el Ejercicio Fiscal 2019. (Secretaría General de Gobierno de Tamaulipas, Ed.) *Periódico Oficial del Estado de Tamaulipas*, CXLIII(17), págs. 490-492.

SEMARNAT. (20 de octubre de 2004). 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. (Secretaría de Gobernación, Ed.) *Diario Oficial de la Federación*, DCXIII(14), págs. 6-19.

Servicio Geológico Mexicano. (1999). *Carta geológica minera, Ciudad Mante F14-5*. Pachuca.

Servicio Geológico Mexicano. (2004). *Carta geológica minera, Ciudad Victoria F14-2*. Pachuca.

Servicio Geológico Mexicano. (2004). *Carta geológica minera, Tampico F14-3-6*. Pachuca.

Servicio Geológico Mexicano. (2008). *Carta geológica minera, Matamoros G14-6-9-12*. Pachuca.

Servicio Geológico Mexicano. (2008). *Carta geológica minera, Nuevo Laredo G14-2*. Pachuca.

Servicio Geológico Mexicano. (2008). *Carta geológica minera, Reynosa G14-5*. Pachuca.

Servicio Geológico Mexicano. (2008). *Carta geológica minera, Linares G14-11*. Pachuca.

SOPDUE. (2006). *Dictamen de la manifestación de impacto ambiental modalidad general para el Proyecto Regional de Relleno Sanitario en Matamoros*. Ciudad Victoria.

Trist, N., Couto, B., Atristain, M., & Gonzaga Cuevas, L. (1848). *Tratado de paz, amistad, límites y arreglo definitivo entre los Estados Unidos Mexicanos y los Estados Unidos de América*. Guadalupe Hidalgo (Ciudad de México): Biblioteca Virtual Miguel de Cervantes. Obtenido de https://www.cervantesvirtual.com/obra-visor/tratado-de-guadalupe-hidalgo-transcripcion--0/html/44370092-fe2d-4628-81ec-64ad3787b6d8_2.html#I_0_

Unites States Department of Agriculture. (20 de 02 de 2025). *Index of Species Informatio*. Obtenido de Species: *Aristida purpurea*: <https://www.fs.usda.gov/database/feis/plants/graminoid/aripur/all.html#BOTANICAL%20AND%20ECOLOGICAL%20CHARACTERISTICS>