



INVENTARIO NACIONAL DE FUENTES DE CONTAMINACIÓN PLÁSTICA ANEXOS

ONU 
programa para el
medio ambiente

Universidad
Autónoma
Metropolitana 
Casa abierta al tiempo Azcapotzalco



MEDIO AMBIENTE
SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES



INVENTARIO NACIONAL DE FUENTES DE CONTAMINACIÓN PLÁSTICA ANEXOS

ONU 
programa para el
medio ambiente

Universidad
Autónoma
Metropolitana 
Casa abierta al tiempo Azcapotzalco



MEDIO AMBIENTE

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

Inventario Nacional de Fuentes de Contaminación Plástica (INFCP). Anexos.

Primera edición, 2023

DR © 2023, SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

Av. Ejército Nacional 223, piso 16 ala B,

Col. Anáhuac I Sección, C. P. 11320,

Miguel Hidalgo, CDMX, México.

Dirección General de Fomento y Desempeño Urbano Ambiental.

Teléfono 55 54900 900 ext. 12405

<http://www.gob.mx/semarnat>



CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS	7
ÍNDICE DE FIGURAS	9
ACRÓNIMOS Y SIGLAS	12
Anexo 1. Configuración de la herramienta para el registro de áreas de estudio (WWC)	15
1.1. Información de estudio (survey) para cada entidad	15
1.1.1. Nivel socioeconómico	16
1.1.2. Vivienda (household)	19
Anexo 2. Estimación de RSU diarios por entidad federativa con valores promedio de RSU no domiciliarios (WWC)	23
Anexo 3. Recolección de residuos (WWC)	25
Anexo 4. Generación y composición de residuos domiciliarios (WWC)	27
Anexo 5. Generación de residuos no domiciliarios (WWC)	31
5.1. Restaurantes	33
5.2. Supermercados y centros comerciales	34
5.3. Mercados	35
5.4. Oficinas	37
Anexo 6. Recuperación de materiales (WWC)	39
6.1. Residuos recibidos en instalaciones de recuperación	39
6.2. Nivel de control en las instalaciones)	40
Anexo 7. Disposición de residuos (WWC)	41
7.1. Masa y composición de los residuos recibidos en sitios de disposición final	41
7.2. Nivel de control en los sitios de disposición final	42
Anexo 8. Metodología para el análisis de contaminación plástica en el medio natural y productos de consumo	47
8.1. Congresos	47
8.2. Bases de datos	47
8.3. Selección de estudios	47
Anexo 9. Descripción de información base para polímeros, aplicaciones y sectores (HOTSPOTS)	49
9.1. Simplificaciones y consideraciones con respecto a los datos de producción	49
9.2. Consideraciones aplicadas para datos reciclaje	50
9.3. Simplificaciones y consideraciones con respecto a la recolección formal e informal	51
9.4. Información sobre sectores	51





9.5. Información sobre aplicaciones	53
Anexo 10. Descripción de información base para gestión de residuos en puntos críticos (HOTSPOTS)	55
10.1. Población	55
10.2. Generación de residuos sólidos urbanos	56
10.3. Recolección de residuos	56
10.4. Destino final de los residuos sólidos urbanos	58
10.5. Evaluación de fugas de plásticos	58
Anexo 11. Descripción de información base para identificación de puntos críticos regionales (HOTSPOTS)	59
Anexo 12. Adaptación del modelo de Lebreton	61
Anexo 13. Estudio de la contaminación plástica en México	63
13.1. Análisis de residuos plásticos	63
13.2. Análisis de microplásticos	65
Anexo 14. Instituciones participantes en estudios de microplásticos y residuos plásticos	67
Anexo 15. Solicitudes de información en materia de vertimientos	75
Anexo 16. Cálculo de indicadores de los Objetivos de Desarrollo Sostenible	77
Anexo 17. Indicadores de calidad del agua en el medio marino	79
17.1. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5)	79
17.2. Demanda química de oxígeno (DQO)	79
17.3. Sólidos suspendidos totales (SST)	81
17.4. Coliformes fecales (CF)	82
17.5. <i>Escherichia coli</i> (<i>E. coli</i>)	84
17.6. Enterococos fecales (EF)	85
17.7. Oxígeno disuelto (OD)	87
17.8. Toxicidad (Toxicidad <i>Vibrio fischeri</i>)	90
Anexo 18. Evaluación de la calidad de la información en la aplicación de la metodología de puntos críticos (HOTSPOTS)	93
Referencias de los Anexos	95





ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Generación de residuos per cápita por región	16
Tabla 2. Equivalencia entre niveles socioeconómicos de la AMAI y la herramienta de WWC	17
Tabla 3. Asignación de NSE a las entidades federativas	18
Tabla 4. Configuración inicial de las áreas de estudio y viviendas por NSE	18
Tabla 5. Distribución poblacional por entidad de acuerdo al NSE	20
Tabla 6. Configuración final de cada entidad respecto a las áreas de estudio asignadas a cada NSE	22
Tabla 7. Estimación de RSU diarios por entidad federativa, con valores promedio de RSU no domiciliarios	23
Tabla 8. Correspondencia entre las categorías de residuos de la herramienta y nacionales	28
Tabla 9. Entidades que cuentan con estudios de composición en generación recientes	28
Tabla 10. Composición másica de residuos en estudios recientes de diversas ciudades del país (%)	29
Tabla 11. Variables requeridas para el cálculo de la generación en fuentes no domiciliarias	31
Tabla 12. Generación de residuos en actividades comerciales y de servicios	32
Tabla 13. Cálculo del área de supermercados a partir del número de empleados	34
Tabla 14. Cálculo del área de oficinas a partir del número de empleados	37
Tabla 15. Equivalencia entre factores de evaluación de WWC y variables registradas por INEGI	43
Tabla 16. Asignación de valores binarios a las variables de operación de los sitios de disposición final	44
Tabla 17. Tablas de entrada de datos para la hoja de cálculo “Polymer Input”	49
Tabla 18. Asignación de porcentajes de recuperación formal o informal de polímeros	50
Tabla 19. Estimación de la composición de la flota pesquera nacional	52
Tabla 20. Composición de la flota pesquera nacional	52
Tabla 21. Información sobre fugas en el sector pesquero generada en la herramienta	53
Tabla 22. Producción anual de plásticos por aplicación a nivel nacional	53
Tabla 23. Estimación de otras aplicaciones	54
Tabla 24. Variables consideradas en el análisis de la gestión de RSU en México	55
Tabla 25. Variables del modelo Lebreton y variables disponibles a nivel nacional	61





Tabla 26. Fuga de plásticos per cápita y por año estimada con el modelo de Puntos Críticos (Hotspots)	62
Tabla 27. Instituciones educativas y Organismos de la Sociedad Civil que han hecho investigación en materia de microplásticos	67
Tabla 28. Instituciones que participan en la caracterización y monitoreo de residuos sólidos urbano y plásticos en medio marino	72
Tabla 29. Permisos de vertimientos emitidos por la Administración del Sistema Portuario Nacional de Sonora	76
Tabla 30. Datos empleados en el cálculo de indicadores de ODS	77
Tabla 31. Cálculo de indicadores de ODS	77
Tabla 32. Sitios en zonas costeras que no cumplen con los LMP en materia de DQO	81
Tabla 33. Sitios en zonas costeras que no cumplen los LMP de SST	82
Tabla 34. Sitios en zonas costeras que no cumplen los LMP de <i>E.coli</i>	84
Tabla 35. Concentraciones de oxígeno disuelto de los sitios que no cumplen con el LMP	88
Tabla 36. Parámetros empleados en la evaluación de la calidad de la información	93





ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Configuración del estudio (<i>survey</i>)	15
Figura 2. Diagrama de unidades de estudio adaptadas a la escala estatal	19
Figura 3. Registro de áreas de estudio correspondientes a distintos niveles socioeconómicos	19
Figura 4. Distribución de la población en las entidades federativas por NSE	21
Figura 5. Configuración de viviendas (<i>households</i>) por NSE	21
Figura 6. Proporción de RSU recolectados	25
Figura 7. Configuración de la ventana de composición de residuos	27
Figura 8. Estimación de generación per cápita por NSE alto en Quintana Roo. Ejemplo de la subestimación de la generación per cápita en función del NSE	27
Figura 9. Estimación de residuos generados en restaurantes con base en sillas disponibles, por entidad federativa	34
Figura 10. Estimación de residuos generados en supermercados y tiendas con base en el área de las instalaciones, por entidad federativa	35
Figura 11. Número total de mercados, tianguis sobre ruedas y centrales de abasto por entidad federativa	36
Figura 12. Estimación de residuos generados en mercados con base en el número de locales, por entidad federativa	37
Figura 13. Estimación de residuos generados en oficinas con base en el área de las instalaciones, por entidad federativa	38
Figura 14. Procedimiento para el cálculo de fugas de plásticos al mar	51
Figura 15. Población total de las entidades federativas	56
Figura 16. Estimaciones de generación de residuos per cápita a nivel nacional, propuestas por a) SEMARNAT e b) INEGI	56
Figura 17. Estimación de los RSU no recolectados por entidad, con datos de generación y recolección de SEMARNAT e INEGI	57
Figura 18. Distribución porcentual de las unidades más usadas en los estudios analizados	63
Figura 19. Ubicación de los sitios muestreados en donde se ha detectado presencia de residuos sólidos urbanos y de plásticos en ambientes costeros	63
Figura 20. Distribución porcentual de las entidades con estudios relacionados con residuos sólidos y plásticos en México	64
Figura 21. Compartimentos ambientales estudiados en donde se han encontrado residuos plásticos	64





Figura 22. Ubicación de los sitios muestreados dónde se ha detectado presencia de residuos sólidos urbanos y de plásticos en ambientes costeros, por tipo de compartimento ambiental muestreado	64
Figura 23. Distribución porcentual de las unidades más usadas en los estudios analizados	65
Figura 24. Distribución porcentual de los ambientes o sitios en los que se han recolectado muestras de agua (superficial o en columna)	65
Figura 25. Distribución porcentual de los ambientes o sitios en los que se han recolectado muestras de sedimentos de fondo	65
Figura 26. Instituciones nacionales y extranjeras (sin contar la representación gráfica de las europeas y asiáticas), que han realizado investigación en el tema de microplásticos en México	70
Figura 27. Instituciones y sitios muestreados en materia de microplásticos en regiones costeras en México	71
Figura 28. Condensado de Instituciones nacionales y extranjeras que se dedican al estudio de microplásticos en México	72
Figura 29. Instituciones que estudian RSU y residuos plásticos en México	73
Figura 30. Estatus de cumplimiento de los LMP de parámetros de calidad de agua superficial en zonas costeras: DBO5 en aguas superficiales	79
Figura 31. Estatus de cumplimiento de los LMP de parámetros de calidad de agua superficial en zonas costeras: DQO en aguas superficiales	80
Figura 32. Distribución porcentual de sitios que no cumplen los LMP de DQO a nivel estatal	80
Figura 33. Estatus de cumplimiento de los LMP de parámetros de calidad de agua superficial en zonas costeras: SST	81
Figura 34. Distribución porcentual de sitios que no cumplen los LMP de SST a nivel estatal	82
Figura 35. Estatus de cumplimiento de los LMP de parámetros de calidad de agua superficial en zonas costeras: CF	83
Figura 36. Distribución porcentual de sitios que no cumplen los LMP de CF a nivel estatal	83
Figura 37. Cuerpos de agua en los que se ha detectado el incumplimiento del LMP en coliformes fecales	83
Figura 38. Grado de contaminación de los sitios costeros mexicanos que no cumplen el LMP de CF	83
Figura 39. Estatus de cumplimiento de los LMP de parámetros de calidad de agua superficial en zonas costeras: <i>E. coli</i>	84
Figura 40. Distribución porcentual de sitios que no cumplen los LMP de <i>E. coli</i> a nivel estatal	84
Figura 41. Tipo de cuerpos de agua en los que se ha detectado el incumplimiento del LMP en materia de <i>E.coli</i>	85
Figura 42. Estatus de cumplimiento de los LMP de parámetros de calidad de agua superficial en zonas costeras: EF	85
Figura 43. Distribución porcentual de sitios que no cumplen los LMP de EF a nivel estatal	86





Figura 44. Cuerpos de agua en los que se ha detectado el incumplimiento del LMP en materia de EF	86
Figura 45. Localización de los sitios que no cumplen los LMP de EF en Veracruz y Guerrero	86
Figura 46. Grado de contaminación de los sitios costeros mexicanos que no cumplen el LMP de EF	87
Figura 47. Estatus de cumplimiento de los LMP de parámetros de calidad de agua superficial y columna vertical de aguas en zonas costeras: OD	87
Figura 48. Distribución porcentual de sitios que no cumplen los LMP de OD a nivel estatal	89
Figura 49. Cuerpos de agua en los que se ha detectado el incumplimiento del LMP en materia de OD	90
Figura 50. Estatus de cumplimiento de los LMP de parámetros de calidad de agua superficial en zonas costeras: toxicidad <i>Vibrio fischeri</i> aguda 15 minutos	90
Figura 51. Síntesis de la evaluación de la calidad de información utilizada para alimentar el modelo con la escala sugerida	93





ACRÓNIMOS Y SIGLAS

ABS	Acrilonitrilo butadieno estireno
AMAI	Asociación Mexicana de Agencias de Inteligencia de Mercado y Opinión, A. C.
ANIPAC	Asociación Nacional de Industrias del Plástico, A. C.
ANIQ	Asociación Nacional de la Industria Química, A. C.
ANP	Área Natural Protegida
CDMX	Ciudad de México
CF	Coliformes fecales
COFECE	Comisión Federal de Competencia Económica
CONAGUA	Comisión Nacional del Agua
CONAPESCA	Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca
DBO	Demanda bioquímica de oxígeno
DBGIR	Diagnóstico básico para la gestión integral de los residuos
DENUE	Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas
DQO	Demanda química de oxígeno
EMIM	Encuesta mensual de la industria manufacturera
INECC	Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático
INFCP	Inventario Nacional de Fuentes de Contaminación Plástica
INEGI	Instituto Nacional de Estadística y Geografía
LMP	Límite máximo permisible
MPW	<i>Mismanaged plastic waste</i> , residuos plásticos mal manejados
NMP	Número más probable
NSE	Nivel socioeconómico
OD	Oxígeno disuelto
ODS	Objetivos de Desarrollo Sostenible
ONU Hábitat	Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos
PC	Punto crítico
PEAD	Polietileno de alta densidad
PEBD	Polietileno de baja densidad
PET	Tereftalato de polietileno
PIB	Producto interno bruto
PMMA	Polimetilmetacrilato





POM	Polióxido de metileno
PP	Polipropileno
PS	Poliestireno
PT	Planta de tratamiento
PTAR	Planta de tratamiento de aguas residuales
PVC	Cloruro de polivinilo
RSU	Residuos sólidos urbanos
SDF	Sitio de disposición final
SEMARNAT	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
SINA	Sistema Nacional de Información del Agua
SST	Sólidos suspendidos totales
TPE	Elastómeros termoplásticos
WWC	Waste Wise Cities



Anexo 1. Configuración de la herramienta para el registro de áreas de estudio (WWC)

La herramienta WWC maneja distintas escalas de análisis: *Survey city* para el estudio de una ciudad y *surveyed areas* para colonias o áreas específicas dentro de la misma. En este caso, cada entidad se registró como una *survey city*, y la población de esta se dividió en *surveyed areas*, debido a que, por su magnitud, no fue posible registrar directamente los valores estatales sin provocar errores en la herramienta. Se estimó válido este ajuste, toda vez que WWC consolida los resultados de generación, disposición y recuperación, pero no refleja una discretización geográfica real. A continuación, se describe la configuración de los distintos valores que deben definirse en la herramienta y las simplificaciones relacionadas.

1.1 Información de estudio (survey) para cada entidad

Tal como se mencionó, se generó un estudio (*survey*) para cada entidad, como se ilustra en la Figura 1 para el caso de Sinaloa.

Para todos los casos, se aceptó el proxy o factor sugerido por la herramienta para estimar la proporción entre residuos sólidos urbanos domiciliarios y no domiciliarios, fijado en 40 %. En este sentido, el límite máximo para México se estableció con base en lo reportado por la CDMX, en la que cerca del 48 % de los residuos sólidos urbanos (RSU) son domiciliarios, y el 52 % restantes no domiciliarios (1).

Con el fin de evaluar la validez del factor propuesto por la herramienta, también se realizaron dos modelaciones adicionales por cada entidad: a) con base en la cantidad total de residuos no domiciliarios efectivamente registrados y b) un factor regional estimado por la SEMARNAT (2).

Para obtener dicho factor se utilizó la información presente en el Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos (DBGIR) 2020 (3), elaborado por SEMARNAT, que reporta la generación de residuos per cápita general (kg/hab/día) para cada región del país (Noroeste, Noreste, Occidente, Centro, Sur y Sureste), así como la generación per cápita de

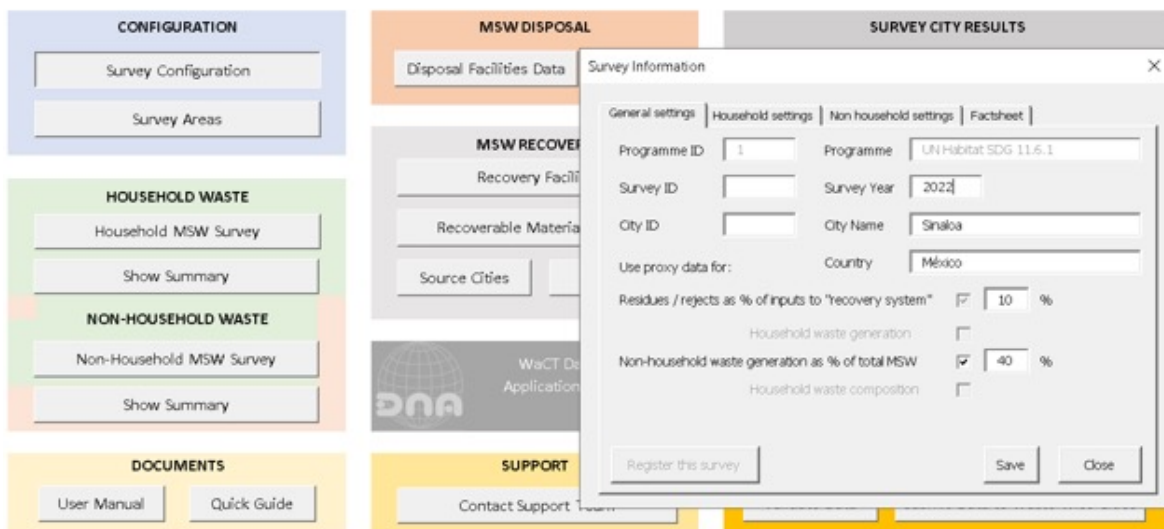


Figura 1. Configuración del estudio (survey)



los residuos sólidos provenientes de fuentes domiciliarias y no domiciliarias.

Las regiones, los valores de generación per cápita (generales, domiciliarios y no domiciliarios) y el porcentaje correspondiente a los residuos de fuentes no domiciliarias se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Generación de residuos per cápita por región

Región	Generación per cápita (kg/hab/día)			Generación no domiciliaria (%)
	Domiciliaria	No domiciliaria	Total	
Noroeste: Baja California, Baja California Sur, Sinaloa y Sonora	0.727	0.356	1.083	33
Noreste: Chihuahua, Coahuila, Durango, Nuevo León y Tamaulipas	0.762	0.285	1.047	27
Occidente: Aguascalientes, Colima, Guanajuato, Jalisco, Michoacán, Nayarit, Querétaro, San Luis Potosí y Zacatecas	0.663	0.281	0.944	30
Centro: Estado de México, Hidalgo, Morelos, Puebla, Tlaxcala y Ciudad de México	0.588	0.178	0.776	23
Sur: Chiapas, Guerrero, Oaxaca y Veracruz	0.629	0.374	1.003	37
Sureste: Campeche, Quintana Roo, Tabasco y Yucatán	0.743	0.124	0.867	14

Fuente: adaptación de la tabla 3 del DBGIR 2020 (3)

1.1.1. Nivel socioeconómico

La Asociación Mexicana de Agencias de Inteligencia de Mercado y Opinión (AMAI) plantea una clasificación del nivel socioeconómico (NSE) a nivel estatal (4), cada dos años, con base en los datos de la Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares (ENIGH) del INEGI (5). Comprende cinco categorías de NSE, que se explican en la Tabla 2.

La herramienta simplifica los niveles socioeconómicos en bajo, medio y alto (*upper*, *middle* y *low*). Así, cada categoría de AMAI se agrupó en alguna de las tres propuestas por WWC, y a cada entidad se le asignó una de las tres categorías de forma general.





Tabla 2. Equivalencia entre niveles socioeconómicos de la AMAI y la herramienta de WWC

Categorías de AMAI	Descripción (6)	Equivalencia para WWC
A/B	Conformado en su mayoría por hogares en los que el jefe de la familia tiene estudios profesionales o de posgrado (82 %). El 98 % de los hogares cuenta con internet fijo en la vivienda. Es el nivel que más invierte en educación (10 % del gasto) y el que menos dedica al gasto en alimentos (28 %).	Alto (Upper)
C+	El 87 % de los hogares cuentan con al menos un vehículo de transporte y el 93 % tiene acceso a internet fijo en la vivienda. Se dedica 32 % del gasto a la compra de alimentos y un 28 % a transporte y comunicación.	Medio (Middle)
C	Un 83 % de los hogares están encabezados por un jefe de hogar con estudios mayores a primaria y un 77 % cuentan con conexión a internet fijo en la vivienda. Del total del gasto en estos hogares, el 35 % se dedica a la alimentación y un 7 % a educación.	
C-	Cerca de tres de cada cuatro hogares (74 %) tienen un jefe de hogar con estudios mayores a primaria. El 52 % tienen conexión a internet fijo en la vivienda. En relación con el gasto, un 38 % se dedica a la alimentación; el gasto en transporte y comunicación alcanza el 24 %.	
D+	En 62 % de los hogares el jefe del hogar tiene estudios mayores a primaria. Solamente el 22 % de los hogares cuenta con conexión fija a internet en la vivienda. El gasto en alimentación se incrementa a 42 % y el gasto en educación es del 7 %.	Bajo (Low)
D	En el 56 % de los hogares el jefe del hogar tiene estudios hasta primaria. El acceso a internet en la vivienda en estos hogares es de 4 %. El 46 % del gasto se dedica a la alimentación y el 16 % al transporte y comunicación.	
E	La gran mayoría de los hogares (95 %) están dirigidos por un jefe de familia con estudios de hasta primaria. El internet fijo en la vivienda es prácticamente nulo (0.2 %). El 52 % del gasto se destina a alimentación y el 11 % se utiliza para transporte y comunicación, porcentaje similar al que se destina a vivienda.	

Fuente: Elaboración propia con base en datos de la AMAI (6).

Por su parte, la Tabla 3 agrupa a las entidades respecto al nivel socioeconómico que pertenecen, de acuerdo con las categorías establecidas en la herramienta WWC (*upper, middle o low level*).





Tabla 3. Asignación de NSE a las entidades federativas

Entidades	Nivel socioeconómico asignado
Aguascalientes, Campeche, Chiapas, Colima, Durango, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Estado de México, Michoacán, Morelos, Nayarit, Oaxaca, Puebla, Quintana Roo, San Luis Potosí, Sinaloa, Tabasco, Tamaulipas, Tlaxcala, Veracruz, Yucatán y Zacatecas	Bajo (<i>low</i>)
Baja California, Baja California Sur, Chihuahua, Ciudad de México, Coahuila, Jalisco, Nuevo León, Querétaro y Sonora	Medio (<i>middle</i>)

La mayor parte del país se encontraría clasificado con un NSE bajo (23 entidades), contra el resto de las entidades de clasificación de ingreso medio (4). La clasificación se hizo ponderando cuántos hogares de cada clase existían en cada entidad y seleccionando aquella que tuviera mayor presencia.

Ninguna entidad fue categorizada como alto (*upper income level*), aunque en todas las entidades se configuraron los tres niveles socioeconómicos. La única excepción para la estimación de la cantidad de población en cada NSE fue Aguascalientes, en donde se utilizó el promedio nacional, pues sus cifras finales en el reporte de AMAI eran inconsistentes, y los porcentajes de clase representaban más del 115 %.

Posteriormente, la población total de cada entidad se clasificó por nivel socioeconómico. Esta población se distribuyó en áreas de estudio y en viviendas (*households*), para alimentar los datos en dimensiones compatibles con la herramienta. La definición del número de áreas de estudio y viviendas por área (*households*) es función directa del límite máximo que la herramienta permite computar sin que se desborde (es decir, que la celda no acepte el orden de magnitud de la cantidad introducida). Este límite no viene explicitado en el manual de usuario de WWC, pero de los ensayos de preparación realizados por el equipo técnico, se definió que acepta números no mayores a 33,000 habitantes.

Para las áreas de estudio se propuso una configuración inicial que se describe en la Tabla 4. Este punto de partida cambia significativamente en algunas entidades y se mantiene en otras. Por ejemplo, casos como Aguascalientes, Campeche, Colima, Nayarit o Zacatecas, mantienen la distribución de la Tabla 4 mientras que el Estado de México, Puebla o Veracruz, ameritaron ajustes considerables. Solamente las entidades de Chihuahua, Ciudad de México, Guanajuato, Jalisco, Estado de México, Nue-

vo León, Puebla y Yucatán, requirieron más de dos áreas de estudio del NSE alto.

Tabla 4. Configuración inicial de las áreas de estudio y viviendas por NSE

Áreas de estudio por NSE alto (<i>upper</i>)	1
Áreas de estudio por NSE medio (<i>middle</i>)	4
Áreas de estudio por NSE bajo (<i>low</i>)	4
Total de áreas de estudio (<i>surveyed areas</i>)	9
Total de viviendas consideradas por área de estudio (<i>surveyed household per surveyed area</i>) para NSE alto	10
Total de viviendas consideradas por área de estudio (<i>surveyed household per surveyed area</i>) para NSE medio	35
Total de viviendas consideradas por área de estudio (<i>surveyed household per surveyed area</i>) para NSE bajo	40
Total de viviendas (<i>household</i>)	85

Dado que se registraron manualmente todos los campos de la herramienta (32 veces x 3 escenarios x más de 500 campos individuales), se buscó utilizar el menor número posible de NSE por entidad. Lo anterior, toda vez que al final los datos se consolidan en un solo número por estado. La configuración de 1,4,4 es la configuración más pequeña por entidad, pero muchas entidades tienen más NSE en cada nivel. Por ejemplo, la CDMX tiene 3 NSE upper, 14 middle y 13 low, porque es la configuración que nos permitió dividir la cantidad total de población por NSE en la CDMX sin desbordar el modelo, y sin tener exceso de NSE. Siempre intentamos tener el menor número posible de áreas de estudio (*surveyed areas*) por NSE, para simplificar el trabajo.

De forma esquemática, la Tabla 4 puede representarse, para un caso emblemático y un caso ajustado, como se muestra en la Figura 2.



Diagrama Survey, survey area y household

Entidad con configuración básica sugerida
surveyed areas: 1,4,4
households por surveye area 10,35,40

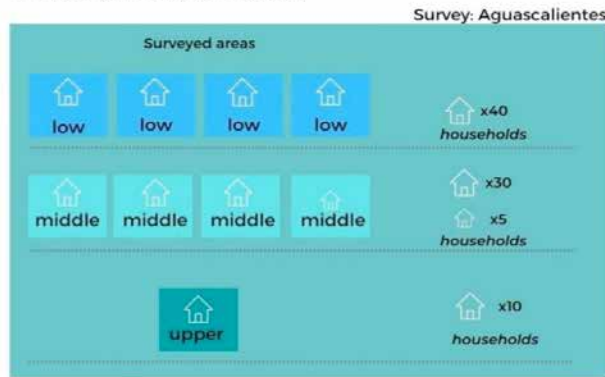


Diagrama de unidades de estudio adaptadas a la escala estatal.

- Survey: entidad
- Surveyed area: mínimo número de áreas que no desbordan el modelo
- Households: 10 o 5 unidades por cada surveyed area, dependiendo de la población. Es la unidad básica de configuración del modelo.

Figura 2. Diagrama de unidades de estudio adaptadas a la escala estatal

Como ejemplo, en la Figura 3 se ilustra el registro de nueve áreas de estudio (una de NSE alto, cuatro de medio y cuatro de alto) correspondientes a una entidad.

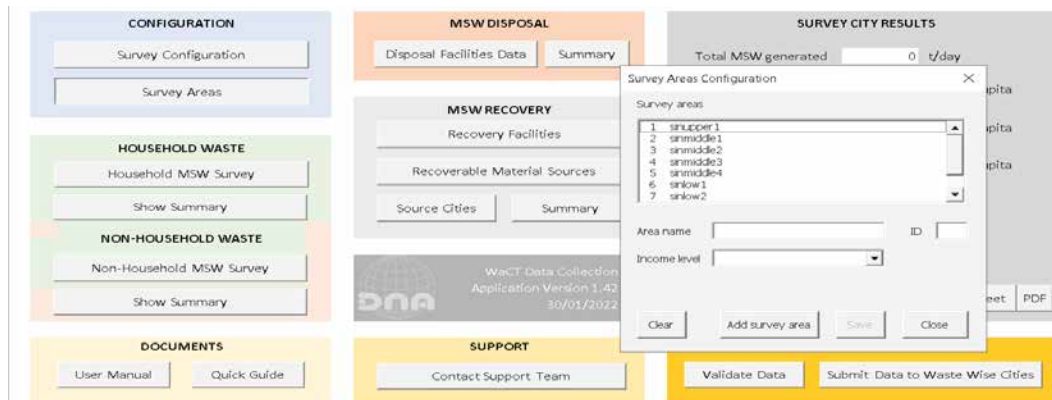


Figura 3. Registro de áreas de estudio correspondientes a distintos niveles socioeconómicos

1.1.2. Vivienda (household)

La configuración de viviendas (households) inicia con la cantidad de población en la entidad, por nivel socioeconómico (NSE). Para todas las entidades, los porcentajes y población se presentan en la Tabla 5.





Tabla 5. Distribución poblacional por entidad de acuerdo al NSE

Entidad	Población por nivel socio económico (habitantes)			Población por nivel socio económico (%)		
	Alto (Upper)	Medio (Middle)	Bajo (Low)	Alto (Upper)	Medio (Middle)	Bajo (Low)
Aguascalientes ¹	96,941	573,283	755,572	6.8 %	40.2 %	53.0 %
Baja California	277,928	2,046,751	1,444,342	7.4 %	54.3 %	38.3 %
Baja California Sur	78,550	419,442	300,455	9.8 %	52.5 %	37.6 %
Campeche	65,749	307,949	554,665	7.1 %	33.2 %	59.7 %
Chiapas	153,144	1,060,746	4,329,937	2.8 %	19.1 %	78.1 %
Chihuahua	348,470	1,815,747	1,577,652	9.3 %	48.5 %	42.2 %
Ciudad de México	964,834	4,530,804	3,714,306	10.5 %	49.2 %	40.3 %
Colima	59,712	318,252	353,427	9.0 %	47.0 %	44.0 %
Coahuila	284,283	1,478,513	1,383,975	8.2 %	43.5 %	48.3 %
Durango	141,942	761,626	929,082	7.7 %	41.6 %	50.7 %
Guanajuato	422,236	2,500,580	324,418	5.6 %	41.9 %	52.5 %
Guerrero	86,630	816,869	2,637,186	6.8 %	40.5 %	52.6 %
Hidalgo	137,188	1,066,968	1,878,685	2.4 %	23.1 %	74.5 %
Jalisco	624,688	3,952,251	3,771,212	4.5 %	34.6 %	60.9 %
Estado de México	951,463	7113,579	8,927,376	7.5 %	47.3 %	45.2 %
Michoacán	323,531	1,737,306	2,688,009	6.8 %	36.6 %	56.6 %
Morelos	107,439	810,003	1,054,079	5.4 %	41.1 %	53.5 %
Nayarit	86,776	479,270	669,409	7.0 %	38.8 %	54.2 %
Nuevo León	652,168	2,914,916	2,217,359	11.3 %	50.4 %	38.3 %
Oaxaca	145,513	971,708	3,014,927	3.5 %	23.5 %	73.0 %
Puebla	360,610	2,124,681	4,097,987	5.5 %	32.3 %	62.2 %
Querétaro	232,322	1,153,000	983,144	9.8 %	48.7 %	41.5 %
Quintana Roo	110,246	746,265	1,001,473	5.9 %	40.2 %	53.9 %
San Luis Potosí	182,580	1,137,816	1,501,859	6.5 %	40.3 %	53.2 %
Sinaloa	251,120	1,339,090	1,436,733	8.3 %	44.2 %	47.5 %
Sonora	288,761	1,382,655	1,273,424	9.8 %	47.0 %	43.2 %
Tabasco	111,234	652,830	1,638,534	4.6 %	27.2 %	68.2 %
Tamaulipas	239,214	1,610,846	1,677,676	6.8 %	45.7 %	47.6 %
Tlaxcala	49,681	482,565	810,731	3.7 %	35.9 %	60.4 %
Veracruz	250,603	2,250,689	5,561,287	3.1 %	27.9 %	69.0 %
Yucatán	152,572	921,557	1,246,769	6.6 %	39.7 %	53.7 %
Zacatecas	119,569	661,469	841,100	7.4 %	40.8 %	51.9 %

Nota 1: Los datos de Aguascalientes presentados por AMAI mostraron inconsistencias (una suma porcentual mayor al 100 %), por lo que para el caso de Aguascalientes se utilizó el valor promedio nacional.



La distribución del NSE del país puede verse en la Figura 4. Como se puede apreciar, el Estado de México es la entidad más poblada, seguida de la Ciudad de México, Jalisco y Veracruz en cuarto lugar. El estado de Nuevo León concentra el mayor porcentaje de población de NSE alto, seguido de la Ciudad de México y Baja California Sur.

La configuración final de cada entidad puede verse en la Tabla 6. La distribución fue producto de pruebas iterativas en la herramienta, en las que la configuración básica (1,4,4) se empleó para dividir la población por cada NSE en cada entidad; si la he-

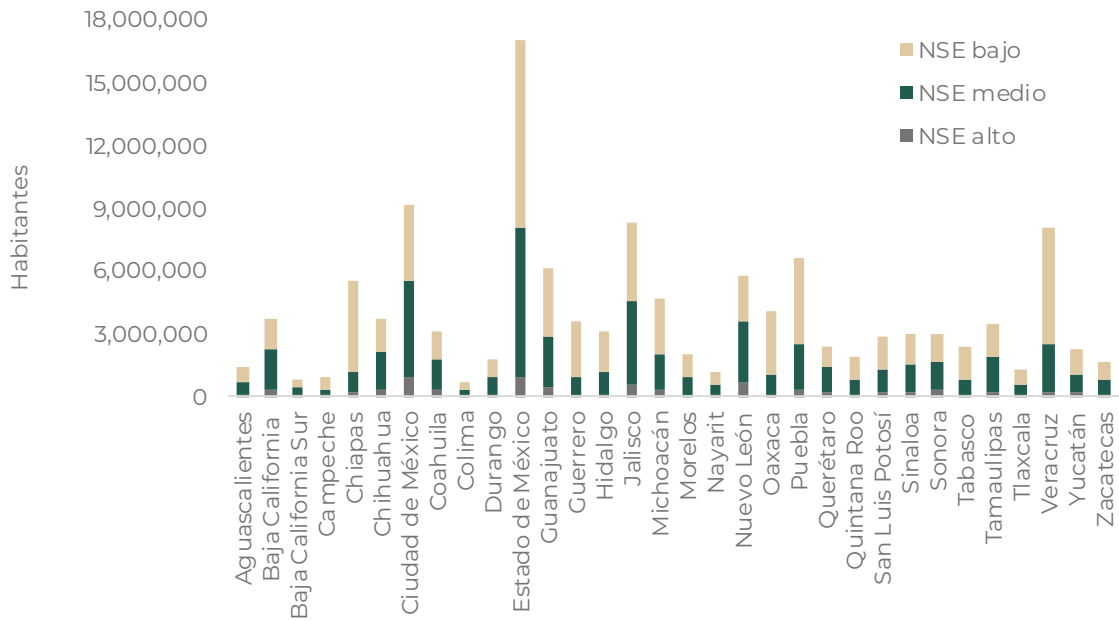


Figura 4. Distribución de la población en las entidades federativas por NSE

Como ya se mencionó, se decidió aplicar la herramienta bajo dos supuestos: a partir de las entidades y a nivel nacional, con los datos consolidados. La herramienta tiene límites a las cantidades (magnitud numérica) que pueden ser registradas y procesadas en cada celda. Por ello, la configuración final de las áreas de estudio (Figura 5) depende de la población de cada estado.

La configuración final de cada entidad puede verse en la Tabla 6. La distribución fue producto de pruebas iterativas en la herramienta, en las que la configuración básica (1,4,4) se empleó para dividir la población por cada NSE en cada entidad; si la herramienta se desbordaba, se ensayaron combinaciones de divisores que permitieran distribuir la población en la herramienta.



Figura 5. Configuración de viviendas (households) por NSE

Cada área de estudio puede considerar hasta 10 viviendas que, en este caso, son simplificaciones numéricas que permitieron configurar la herramienta e introducir los datos requeridos. La con-

Los valores oscilan, usualmente, entre un área de estudio para el nivel socioeconómico alto (*upper*), y al menos cuatro áreas de estudio para los niveles medio y bajo (*middle* y *low*).





Tabla 6. Configuración final de cada entidad respecto a las áreas de estudio asignadas a cada NSE

Entidad(es)	Configuración de las áreas de estudio NSE alto (<i>upper</i>)	Configuración de las áreas de estudio NSE medio (<i>middle</i>)	Configuración de las áreas de estudio NSE bajo (<i>low</i>)	Total, de áreas de estudio por entidad
Aguascalientes, Baja California Sur, Campeche, Colima, Durango, Morelos, Nayarit, Querétaro, Quintana Roo y Zacatecas	1	4	4	9
Baja California	1	7	5	13
Chiapas	1	4	14	19
Chihuahua	2	6	5	13
Ciudad de México	3	14	12	29
Coahuila y Sinaloa	1	5	5	11
Guanajuato	2	8	10	20
Guerrero	1	9	4	14
Hidalgo y Tabasco	1	4	6	11
Jalisco	2	13	12	27
Estado de México	2	22	28	53
Michoacán	1	6	9	16
Nuevo León	2	9	7	18
Oaxaca	1	4	10	15
Puebla	2	8	13	23
San Luis Potosí	1	4	5	10
Sonora	1	5	4	10
Tamaulipas	1	6	6	13
Tlaxcala	1	2	3	6
Veracruz	1	7	17	25
Yucatán	2	4	4	10

Esta división depende de la población en total, y de la población por cada NSE, por lo que no todas las entidades pudieron ser configuradas de la misma forma. La Tabla 6 también muestra cómo el Estado de México requirió de al menos 53 áreas de estudio, a diferencia de la configuración inicial mínima necesaria de 9, mientras que entidades como la Ciudad de México, Yucatán o Chihuahua requirieron de más de 2 áreas de estudio para el NSE alto.





Anexo 2. Estimación de RSU diarios por entidad federativa con valores promedio de RSU no domiciliarios (WWC)

Tabla 7. Estimación de RSU diarios por entidad federativa, con valores promedio de RSU no domiciliarios

Entidad	Estimación de la generación de RSU domiciliarios (t)	Estimación de la generación de RSU no domiciliarios (promedio) (t)
Aguascalientes	910	1,317
Baja California	2,086	3,131
Baja California Sur	490	720
Campeche	648	857
Chiapas	4,252	6,192
Chihuahua	2,230	3,296
Ciudad de México	5,768	10,282
Coahuila	1,893	2,658
Colima	485	748
Durango	1,172	1,645
Estado de México	11,500	16,217
Guanajuato	4,116	5,925
Guerrero	2,845	4,163
Hidalgo	1,976	2,818
Jalisco	5,032	7,332
Michoacán	3,152	4,618
Morelos	1,305	1,953
Nayarit	798	1,153
Nuevo León	3,134	4,792
Oaxaca	2,913	4,374
Puebla	4,483	6,297
Querétaro	1,271	1,838
Quintana Roo	1,068	1,424
San Luis Potosí	1,825	2,670
Sinaloa	1,961	2,816
Sonora	1,812	2,623
Tabasco	1,950	2,554
Tamaulipas	2,340	3,282
Tlaxcala	830	1,189
Veracruz	6,204	9111
Yucatán	1,396	1,878
Zacatecas	1,024	1,481



Anexo 3. Recolección de residuos (WWC)

De acuerdo con lo establecido en el Manual de usuario de Waste Wise Cities Tool, la recolección total de residuos para cada entidad está determinada por diferentes variables como la cantidad total de residuos municipales que se reciben en las instalaciones de recuperación, la cantidad total de RSU enviados a sitios de disposición final, los residuos rechazados en las instalaciones de recuperación y los reciclables recuperados.

relacionadas con el valor de rechazo que proporciona la herramienta WWC. Ésta establece que un promedio estimado del 10 % de los residuos que ingresan a instalaciones de recuperación, no son valorizados y son enviados a SDF (RSU rechazados) debido a factores como la contaminación de los residuos o su desgaste, por lo que solo el 90 % de estos residuos estaría aprovechándose realmente (RSU reciclables).

En dicho manual se considera un balance de masa para calcular el total de residuos sólidos urbanos recolectados que se muestra en la Figura 6.



Figura 6. Proporción de RSU recolectados.

Fuente: Traducción de la Figura 8 presente en el manual Waste Wise Cities Tool (7)

Debe señalarse que la herramienta no distingue entre recuperación pública y privada. Lo que se intenta modelar es aquellos residuos que, de una u otra forma, entran al sistema formal de gestión, ya sea a través del sistema de recolección municipal o a través de la valorización. Esto significa que no constituyen RSU que se fugan al ambiente, pues se manejan dentro de una cadena específica de gestión.

Es importante mencionar que el porcentaje de rechazo podría ser menor o mayor para el caso particular de cada entidad, por lo que la estimación de que el 90 % de los RSU se valorizan podría no ser válida para todas las entidades. No obstante, se decidió considerar este valor, como lo sugiere el manual de la herramienta, debido a la falta de información al respecto para cada una de las instalaciones de recuperación distribuidas en el país.

Para la primera variable (RSU que se reciben en las instalaciones de recuperación) se usaron los datos presentados en los Censos Municipales y de Demarcaciones Territoriales de la Ciudad de México (8) y el (3) que reportan la cantidad de RSU totales recibidos en las tres distintas instalaciones de recuperación del país (centros de acopio, estaciones de acopio y plantas de tratamiento), mientras que para la variable correspondiente a los RSU que son enviados a Sitios de Disposición Final (SDF) se utilizó la información reportada en los Censos Municipales y Demarcaciones Territoriales de la Ciudad de México (2020) (8) sobre el total de RSU que son recibidos en cada SDF presente en las entidades federativas. Por último, las variables RSU rechazados en las instalaciones de recuperación y RSU reciclables están



Anexo 4. Generación y composición de residuos domiciliarios (WWC)

La población de cada entidad se definió con base en lo encontrado en el censo del INEGI en 2020 (9).

En la ventana de “Residuos domiciliarios – estudio de residuos sólidos municipales domiciliarios” (*Household waste - Household MSW survey*) es necesario ingresar información sobre la composición, que se aplica a todas las viviendas del área, y la cantidad de RSU generados diariamente (Figura 7).

La cantidad de residentes se agrega en función de cuantas áreas de estudio y viviendas por área de estudio se van a configurar. Por ejemplo, si se ha definido que habrá un área de estudio para el NSE alto, entonces puede haber hasta 10 viviendas en dicha área.

Las cantidades para el caso de cada vivienda son las mismas, por lo que el problema principal de la herramienta es que las estimaciones de NSE alto y medio siempre son menores a la generación per cápita estimada promedio para cada entidad en los documentos oficiales, aunque el per cápita promedio final reportado por la herramienta (Figura 8) sea el mismo o muy similar al per cápita estimado por SEMARNAT (3), y en la mayoría de los casos, sea superior a las estimaciones oficiales.

Posteriormente, para incluir la generación en kg/d por cada NSE, en cada área de estudio y cada vivienda, se incluye la generación promedio correspondiente a dicho nivel socioeconómico. Esta es el producto de dividir la generación estimada a nivel estatal entre la población y multiplicar por el número de habitantes en cada área de estudio (*surveyed area*) y en cada hogar (*household*). La misma lógica se aplica cuando se trata de capturar los RSU en función de su composición en punto de generación, pero utilizando las fracciones conocidas, por el

Figura 7. Configuración de la ventana de composición de residuos

Figura 8. Estimación de generación per cápita por NSE alto en Quintana Roo. Ejemplo de la subestimación de la generación per cápita en función del NSE





número de habitantes de cada NSE, área de estudio y hogar. Las categorías incluidas en la herramienta y su correspondencia con la clasificación empleada en estudios realizados en el país son las descritas en la Tabla 8.

Tabla 8. Correspondencia entre las categorías de residuos de la herramienta y nacionales

Categoría en la herramienta WWC	Observaciones sobre categorías equivalentes en caracterizaciones nacionales
Residuos de cocina o de cafetería	En la mayoría de los estudios de composición hay una categoría para "residuos alimenticios"
Residuos de jardín o de poda	En algunos estudios no existe esta categoría porque se agrupan como residuos orgánicos
Papel y cartón	Papel y cartón
Películas plásticas	Se incluyen bolsas y películas plásticas cuando hay categoría para ello
Plásticos en general	Se incluyen poliuretano, poliestireno expandido, PET y hule
Metales	Metales ferrosos y no ferrosos, aluminio y latas
Vidrio	Vidrio de color y transparente
Textiles y zapatos	Esta categoría incluye algodón, fibras sintéticas, fibras duras, cuero y trapos; no todos los estudios de generación tienen todas las categorías
Madera	Madera, la mayoría de los estudios de composición no tiene datos
Otros	La categoría de otros es muy amplia y se incluyeron, entre otras, cartón encerado, pañales desechables, papel higiénico, servilletas, bolsas metalizadas, equipo de protección personal, residuos no valorizables y residuos finos

La herramienta tiene una sección para residuos peligrosos y residuos electrónicos que, por falta de información consistente, no se incluyó en esta primera aproximación. Los ceros insertados en la herramienta no indican que no se generen residuos en esas categorías, sino que no se cuenta con información a nivel estatal.

Existen muy pocos estudios de composición actuales que permitan definir datos por entidad y por NSE. La Tabla 9 incluye las entidades de las que sí se contó con datos aproximados de composición en generación, así como los años y fuentes de dichos estudios.

Tabla 9. Entidades que cuentan con estudios de composición en generación recientes

Entidad	NSE	Año de estudio	Fuente
Ciudad de México	Medio	2020	Laboratorio de Tecnologías Sustentables de la UAM, 2019 y 2020 (10,11)
Jalisco	Medio	2018	Censos Municipales INEGI 2019 (8)
Guanajuato	Bajo	2018	
Oaxaca	Bajo	2017	
Tamaulipas	Bajo	2019	
Veracruz	Bajo	2018	
Yucatán	Bajo	2016	

Los municipios o demarcaciones que cuentan con datos específicos generados en los últimos seis años se presentan en la Tabla 10, en términos de porcentaje de composición másica, con base en las categorías del WWC.





Tabla 10. Composición másica de residuos en estudios recientes de diversas ciudades del país (%)

Categorías WWC	Ciudad Madero, Tamps.	Abasolo, Guanajuato	Dolores Hidalgo, Gto.	Chapantongo, Hidalgo	Guadalajara, Jalisco	Teocelo, Veracruz	Poza Rica, Veracruz	Oaxaca, Oaxaca	Valladolid, Yucatán	Azcapotzalco, CDMX	Iztapalapa, CDMX
Cocina	56	11	39	26	18	46	38	14	31	34	33
Jardín	0	29	7	7	12	10	12	22	2	0	0
Papel y cartón	18	8	11	14	2	10	4	6	2	14	11
Película plástica	13	13	11	15	1	0	5	5	4	7	10
Plásticos	0	1	5	8	1	14	8	2	13	13	12
Metales	3	3	1	2	0	1	2	3	5	3	2
Vidrio	4	4	3	6	3	2	4	7	6	8	3
Textiles	4	2	3	6	2	2	20	7	3	2	4
Madera	1	0	0	0	1	0	2	0	0	0	2
Otros	1	24	19	16	55	13	4	34	31	18	22

Nota: en algunos casos la sumatoria no es igual al 100%, el % restante no se encuentra reportado en los estudios originales de composición.

Estos datos de composición en generación se utilizaron para definir un perfil para las entidades con las que no se contaba con información. Se elaboraron dos perfiles: entidades con NSE medio y bajo.

Es decir que, para entidades sin información, clasificadas como NSE medio, se promediaron los valores de composición de la Ciudad de México y de Jalisco, mientras que, para las entidades con NSE bajo, los valores de Guanajuato, Oaxaca, Tamaulipas, Veracruz y Yucatán de las Tablas 9 y 10.





Anexo 5. Generación de residuos no domiciliarios (WWC)

La herramienta WWC permite estimar la generación de residuos no domiciliarios de dos formas:

□ Considerando una proporción fija (o proxy) dentro de la generación total

□ A partir de factores numéricos capturados directamente por el usuario

Con base en lo anterior, en este estudio se generaron tres escenarios:

□ Escenario 1: utilizando el valor que por defecto plantea la herramienta (40 %)

□ Escenario 2: aplicando factores regionales a las entidades correspondientes, con base en información de SEMARNAT (2)

□ Escenario 3: calculando la generación no domiciliaria a partir de los giros comerciales y de servicios

Para desarrollar el Escenario 3 es necesario conocer la cantidad de unidades generadoras y la cantidad de residuos generados en cada unidad generadora. En cuanto a las unidades generadoras (giros comerciales o de servicios), los datos solicitados por la herramienta y los datos disponibles se describen en la Tabla 11.

Para cada variable estimada se describen las simplificaciones asumidas, ya que no en todos los casos se contaba con los datos en las unidades solicitadas por la herramienta o la generación de cada unidad. Para algunos de ellos se utilizaron factores de conversión o se asumieron cantidades mínimas.

Las cantidades generadas por actividades no domiciliarias se estimaron tanto directa como indirectamente (t/d) como se describe en la Tabla 12.

Tabla 11. Variables requeridas para el cálculo de la generación en fuentes no domiciliarias

Tipo de unidades generadoras	Variable	Variable disponible	Obtención
Hoteles (12)	No. de cuartos totales	No. de cuartos promedio anuales totales disponibles por entidad federativa	Variable conocida
Restaurantes (13)	No. de sillas	No. de establecimientos con giro comercial "Restaurante" Tamaño del establecimiento con giro "Restaurante" en función del número de empleados.	Véase <i>Restaurantes</i>
Escuelas (14)	No. de alumnos	No. de alumnos en todos los niveles educativos, por entidad federativa	Variable conocida
Oficinas (13)	Metros cuadrados en oficinas	No. de establecimientos con actividad económica o palabra clave "oficinas"	Véase <i>Oficinas</i>





Tipo de unidades generadoras	Variable	Variable disponible	Obtención
Supermercados y centros comerciales (13)	Metros cuadrados	No. de establecimientos de comercio al por mayor y al por menor.	Véase <i>supermercados y centros comerciales</i>
Mercados (15)	No. de puestos	Cantidad de mercados listados por entidad federativa como servicios públicos municipales	Véase <i>Mercados</i>
Hospitales (16)	No. de camas	No. de camas por cada 1000 habitantes	La variable está en función de 1000 habitantes, así que se estimó el número de camas disponibles con base en la población. Es posible que esté sobreestimada.
Espacios públicos (17) ¹	Metros cuadrados	Metros cuadrados con base en polígonos disponibles por entidad federativa	Variable conocida, estimada a través de operaciones en QGIS 3.22.7 Białowieża

Nota 1: Se utilizó la versión 2016, pese a que existe una versión del Marco geoestadístico 2022, pues los datos de espacios públicos en archivos shp (necesarios para la estimación) no estaban disponibles para todas las entidades en los conjuntos de datos abiertos en la versión 2022 y sí en 2016.

Tabla 12. Generación de residuos en actividades comerciales y de servicios

Tipo de unidades generadoras	Dato disponible de generación	Conversiones o equivalencias	Pasos de cálculo de la variable
Hoteles	kg/día/m ²	Se utilizó el factor de conversión más alto disponible para México, de 7.87 kg/d/m ² Se convirtió el número de habitaciones disponibles a m ² utilizando un factor de 16 m ² (18)	m ² en entidad = No. de habitaciones x 16 m ² Generación por m ² = m ² en entidad x factor de generación (7.87 kg/d/m ²)
Restaurantes	kg/per cápita/día	Se utilizó el factor de 1.04 kg/per cápita/día sobre el estimado de sillas disponibles por entidad y se asumió una relación 1:1 entre comensales y el número de sillas disponibles (19)	Véase <i>Restaurantes</i>
Escuelas	kg/per cápita/día	Se utilizó el factor de 0.03 kg/estudiante/día (21)	Se multiplicó el número de estudiantes por el factor propuesto
Oficinas	kg/per cápita/día	Se utilizó el factor de oficinas gubernamentales de 0.19 kg/trabajador/día Se aplicó el factor de oficinas al factor promedio de trabajadores en los diversos tipos de oficinas (20)	Véase <i>oficinas</i>





Tipo de unidades generadoras	Dato disponible de generación	Conversiones o equivalencias	Pasos de cálculo de la variable
Supermercados y centros comerciales	kg/per cápita/día	Se utilizó el factor en una relación 1:1 de 0.11 kg/cápita/día por cada m ²	Véase <i>supermercados, centros comerciales</i>
Mercados	kg/locatario/día	Se utilizó la equivalencia de 2.15 kg/locatario/día establecida en el programa de RSU de Guadalajara, 2021 (21)	Véase <i>mercados</i>
Hospitales	kg/cama/día	Se aplicó el factor de conversión de 2.75 kg/cama/día (22)	Variable conocida: No. de camas disponibles x factor de conversión
Espacios públicos	t/d en espacios públicos de Guadalajara	Se estimó un factor de kg/m ² de espacio público con base en los datos conocidos para espacios públicos en Guadalajara, y se aplicó ese factor al número de m ² estimados en QGIS por entidad federativa (21)	Factor de kg/m ² x m ² por entidad federativa, tomado de QGIS

A continuación, se describen con detalle las simplificaciones tomadas en cuenta para ciertas variables y su generación asociada cuando no hubo disponibles datos directos. Cabe aclarar que el DENUE (13) clasifica todos los giros comerciales en 7 intervalos, que definen el tamaño del comercio analizado: 0 a 5 personas, 6 a 11, 31 a 50, 51 a 100, 101 a 250 y más de 251.

Todos los intervalos empleados en los giros comerciales que a continuación se describen usan los mismos intervalos de clasificación de personas que en ellos laboran.

5.1 Restaurantes

Ante la falta de datos específicos sobre el número de sillas disponibles por unidad económica, se aplicó un factor de conversión 1:1 entre el número de personas que laboran en el comercio y el número de sillas disponibles, con lo cual probablemente se subestimó el número de sillas y, por consiguiente, el número de toneladas generadas por establecimiento comercial.

Esta simplificación implicó el asumir que el número máximo de empleados es el número máximo de sillas disponibles y que se atiende ese número por día, lo que no toma en consideración temporadas altas y bajas de consumo, múltiples servicios posibles de una instalación al día, y que la cantidad de personal asumido puede atender a más comensales al día.

Se consideraron los valores más altos por intervalos y se sumaron al final para generar un total de sillas disponibles en las entidades federativas analizadas. El número de sillas disponibles se asume, en una relación 1:1 al número de comensales atendidos por día.

La Figura 9 muestra el número de sillas estimadas por cada entidad y las t/d generadas, al aplicar un factor estimado (19) y convertirlo a toneladas/comensal/día.



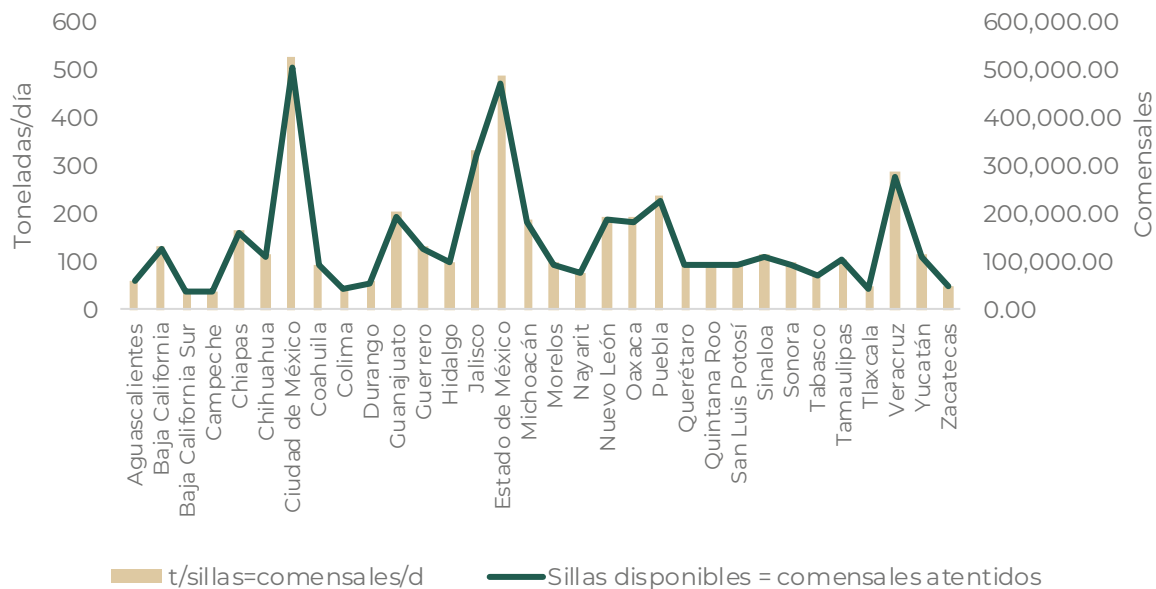


Figura 9. Estimación de residuos generados en restaurantes con base en sillas disponibles, por entidad federativa

Debe mencionarse que el panorama de 2022 con los datos del DENU (13) no considera los impactos de la emergencia sanitaria en la entrega a domicilio (23) preparada por los propios restaurantes, lo que, en principio, reubica la generación de RSU a los hogares y aumentaría en futuras estimaciones la generación domiciliaria en el rubro de restaurantes y disminuiría la no domiciliaria en el mismo rubro.

5.2. Supermercados y centros comerciales

Para estimar la superficie total de los supermercados presentes en cada entidad federativa, se utilizó la base de datos del DENU (13) para la actividad económica "Comercio al por menor" en la que se incluyen minisúper y supermercados.

Esta base de datos muestra siete categorías de acuerdo con el número de empleados para cada unidad económica. El factor de conversión de número de empleados a metros cuadrados se fijó con base en lo establecido por COFECE (24), en el que se definen superficies desde los 20 a los 10,000 m² para este tipo de establecimientos, de acuerdo con el número de empleados.

Para cada categoría (número de empleados) se tomó la media de m² que señala el factor de 14 m² (20). Este valor se multiplicó por el total de unidades económicas correspondientes y se realizó una sumatoria para cada entidad federativa.

En la Tabla 13 se muestran los rangos de metros cuadrados considerados por categoría y la superficie media considerada.

Tabla 13. Cálculo del área de supermercados a partir del número de empleados

Rango de empleados	Rango de área (m ²)	Área asignada (m ²)
0 a 5	1 a 20	11
6 a 10	20 a 50	35
11 a 30	150 a 1,500	775
31 a 50	1,500 a 2,500	2,000
51 a 150	2,500 a 4,500	3,500
151 a 250	2,000 a 10,000	6,000
Más de 251	Más de 10,000	10,000

Una vez hecho lo anterior, se obtuvieron los m² por entidad que corresponden a los supermercados y similares, utilizando el factor sugerido para tiendas departamentales (19) (0.11 kg/cápita/día, asumiendo una equivalencia 1:1 de m²= per cápita) y se estimó la generación de RSU (en t/d) por entidad, tal como se aprecia en la Figura 10.



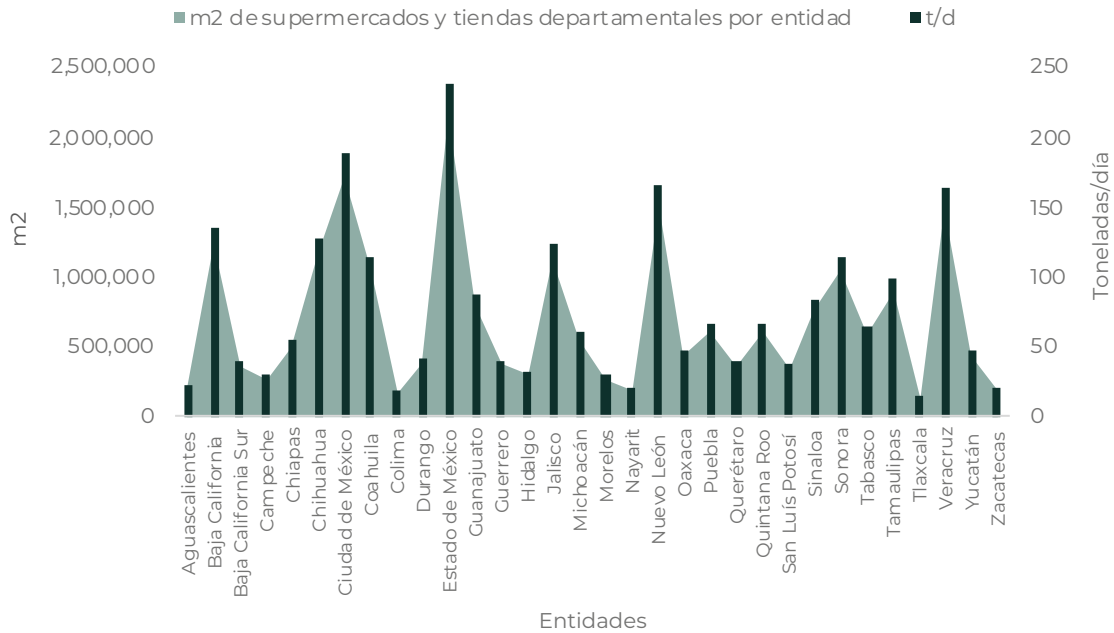


Figura 10. Estimación de residuos generados en supermercados y tiendas con base en el área de las instalaciones, por entidad federativa.

5.3. Mercados

Para el caso de los mercados públicos, se consultó el Censo de gobiernos municipales, en su capítulo de servicios públicos (8). En él se encuentran registrados, a 2020, la cantidad de mercados públicos (lo que desestima los mercados privados), centrales de abasto y tianguis sobre ruedas de cada entidad.

La herramienta pide cifras en términos de estantes o puestos comerciales, dato que no está disponible en las bases de datos consultadas.

Para tal efecto, se utilizó un factor aproximado partiendo de la siguiente equivalencia conocida para la Ciudad de México: se estimó que existían entre 18 (25) y 20 mil locatarios (26) registrados, distribuidos en 329 mercados públicos, lo que implica un promedio, por mercado público, de 44 locatarios. Se asumió una relación 1:1, es decir, por cada locatario, un puesto comercial.

Si se asume una relación y comportamiento similar para los mercados en todo el país (aunque la generalización proviene de una entidad de ingresos medios-altos), a cada mercado se le asignan 44 puestos comerciales. Se aplicó la misma lógica para el caso de centrales de abastos y tianguis sobre ruedas. Con base en datos publicados (27) se asumen 138 locatarios por cada tianguis sobre ruedas y 598 locatarios por cada central de abastos. Estas cifras se promediaron de tal modo que la suma de mercados, tianguis y centrales de abasto de cada entidad resultaría en 260 locatarios.

Posteriormente, se sumaron la cantidad de mercados, tianguis y centrales de abasto registradas en cada entidad. Así, se obtuvo el número total de instalaciones de esta naturaleza (Figura 11) y se estimó el número total por entidades de locales (con el factor de conversión de los locatarios).

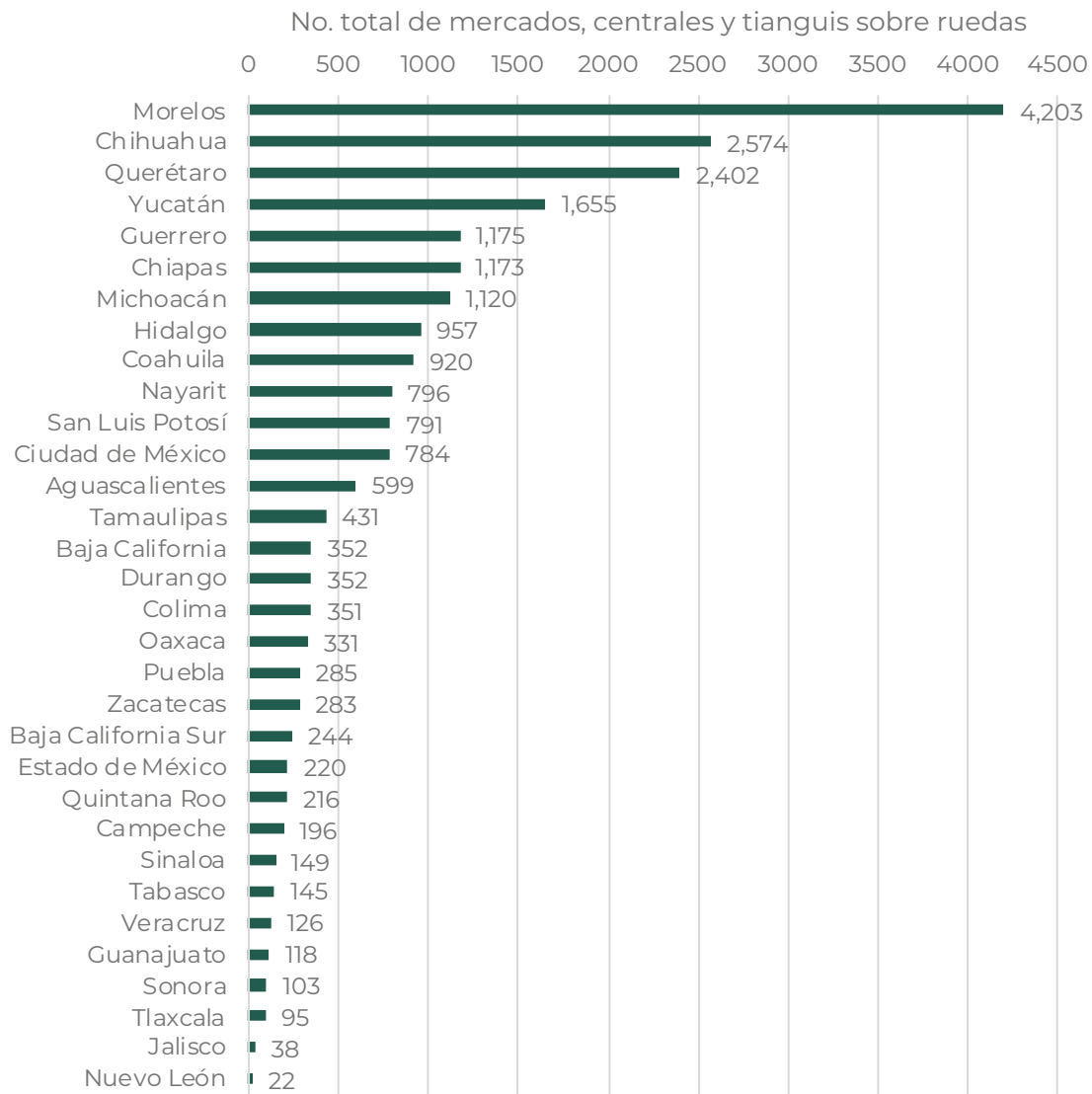


Figura 11. Número total de mercados, tianguis sobre ruedas y centrales de abasto por entidad federativa

Una vez que se obtuvo un número estimado de locales con la relación 1:1 local=locatario, se estimó la generación en kg y en toneladas diarias de RSU, utilizando un factor conocido de 2.15 kg/local/diario reportado previamente (21).

El número final de locales calculado y la estimación de t/d se presentan en la Figura 12. Las cifras totales por entidad se adaptaron a las áreas de estudio y viviendas de forma proporcional para poder modelar los datos en la herramienta.



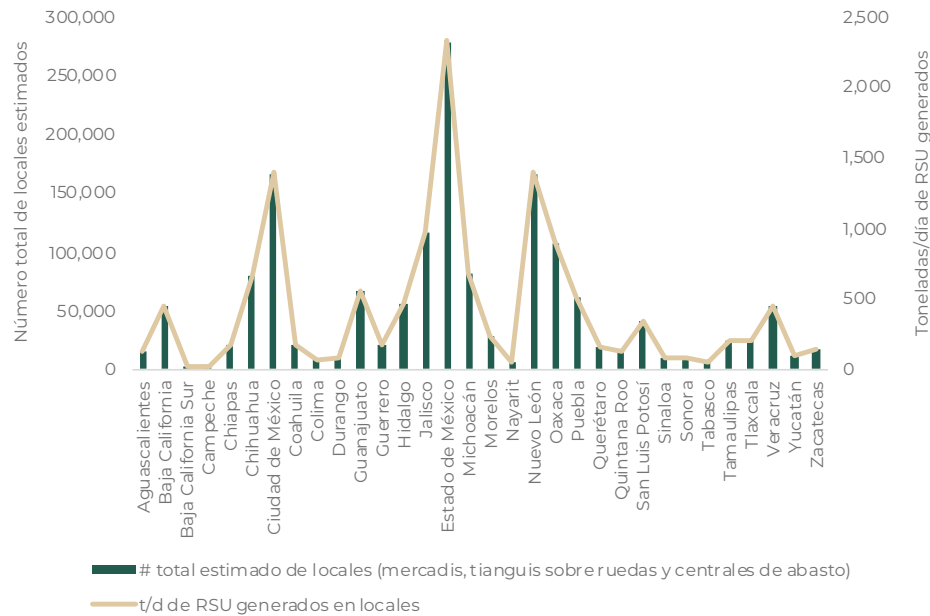


Figura 12. Estimación de residuos generados en mercados con base en el número de locales, por entidad federativa

5.4 Oficinas

Para estimar la cantidad de metros cuadrados (m²) para las oficinas de cada entidad federativa, se consideraron el número de trabajadores por cada oficina y la cantidad de m² que se requiere por empleado.

Para obtener esta información se consultó la base de datos del DENU (13) para las actividades económicas que contaran con oficinas. La herramienta permite desglosar todas las oficinas registradas para cada entidad federativa y el número de trabajadores para cada una de ellas, con la limitante de que debe tener la palabra "oficina" en el registro para que se pueda filtrar y contabilizar.

Los registros del DENU (13) presentan siete categorías de acuerdo con el número de empleados de cada unidad económica, como ya se ha mencionado con anterioridad. Para cada categoría de número de trabajadores se tomó la media del rango de empleados por unidad económica y este valor se multiplicó por 4 m². Este factor de conversión es la superficie que Ofita (20) señala como necesaria para que cada trabajador desempeñe sus actividades de forma óptima. Este valor se multiplicó por el total de unidades económicas correspondientes a cada categoría de número de empleados y se realizó una sumatoria para cada entidad federativa.

En la Tabla 14 se muestran las medias de trabajadores considerados para cada categoría y la superficie calculada para cada caso.

Tabla 14. Cálculo del área de oficinas a partir del número de empleados

Rango de empleados	Número de empleados promedio	Área asignada (m ²)
0 a 5	3	12
6 a 10	8	32
11 a 30	20	84
31 a 50	41	164
51 a 150	76	304
151 a 250	176	704
Más de 251	251	804

Una vez que se obtuvo la sumatoria total de metros cuadrados por cada entidad federativa, se aplicó el factor de conversión de 0.19 kg/m²/día para oficinas gubernamentales (19) (asumiendo una relación 1:1 entre empleados y metros cuadrados disponibles por entidad), y después se reportaron en toneladas. El número de metros cuadrados en oficinas estimados y la generación en toneladas diarias, por entidad, se puede ver en la Figura 13.



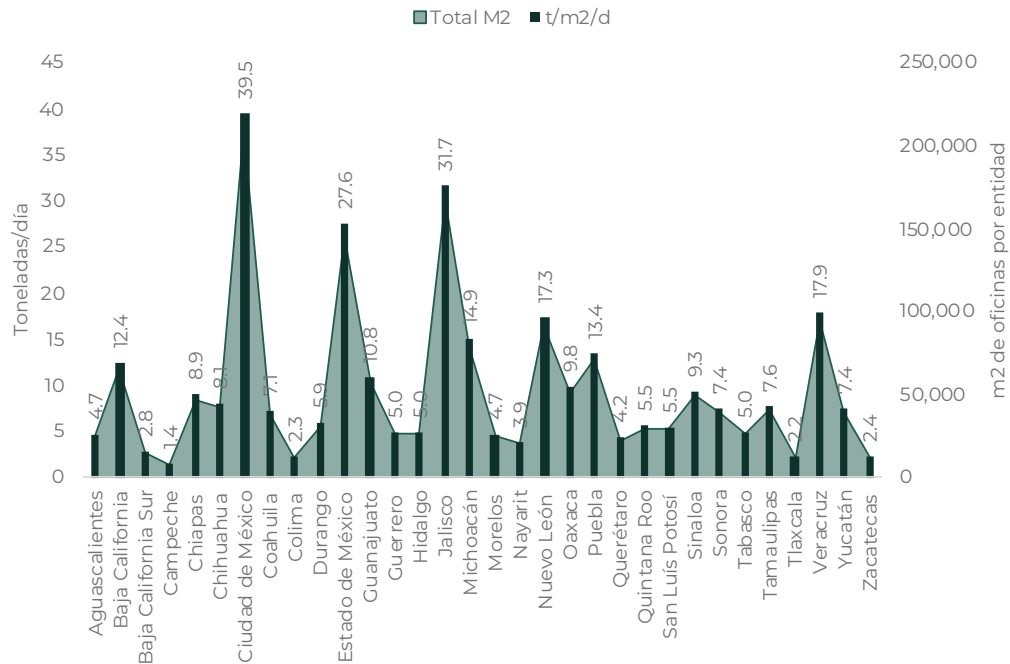


Figura 13. Estimación de residuos generados en oficinas con base en el área de las instalaciones, por entidad federativa

Como es de esperarse, entidades como la Ciudad de México, Jalisco o Estado de México lideran la generación de RSU para esta actividad económica. Destaca Veracruz como el cuarto generador de RSU en oficinas.



Anexo 6. Recuperación de materiales (WWC)

Para el análisis de la recuperación de materiales (residuos) se consideran dos factores: la masa de residuos recibidos en las instalaciones de recuperación y el nivel de control en la operación de éstas.

6.1. Residuos recibidos en instalaciones de recuperación

Para la sección "Instalaciones de recuperación de residuos sólidos urbanos" (*MSW Recovery Facilities*) se consideraron los tres tipos de instalaciones de recuperación con los que se cuenta en México: los Centros de Acopio, las Estaciones de Transferencia y las Plantas de Tratamiento (8). En estas instalaciones se valorizan los diferentes tipos de RSU recibidos de distintas maneras.

Para realizar el análisis se encontró una equivalencia con los tipos de instalaciones de recuperación que se mencionan en la herramienta, de acuerdo con sus características.

- Se consideró que los Centros de Acopio y Estaciones de Transferencia pertenecían al tipo de instalación "Apex Trader". De acuerdo con la definición que se presenta en el manual *Waste Wise Cities tool*, en este tipo de instalación se reciben los materiales de intermediarios o directamente de comerciantes formales e informales para después prepararlos para su posterior comercialización a recicladores/recuperadores al final de la cadena. Se consideró la fuente de los residuos como la variable "many small traders" que corresponde a los pepenadores y población en general que se dedica a recuperar y almacenar residuos valorizables, para, posteriormente, llevarlo a los Centros de Acopio y obtener por ellos un incentivo económico o en especie.
- Para las Plantas de Tratamiento se consideró la categoría "End-of-chain recycler/recover". De acuerdo con su definición en el manual *Waste Wise Cities tool*, es el tipo de instalación donde los residuos que se reciben, de los principales comerciantes o directamente de los sistemas de recolección de RSU formales e

informales, son procesados en productos que tiene un valor para la economía, ya sea a través del reciclaje, la incineración con recuperación de energía u otro proceso de recuperación. En México, las Plantas de Tratamiento que se encuentran distribuidas a lo largo del país realizan los siguientes procedimientos con los residuos recibidos: separación, trituración, compactación, composteo, digestión anaerobia y otro tipo de proceso (2). Para estas instalaciones y las Estaciones de Transferencia, la fuente principal de los residuos se consideró como la variable "MSW Disposal services" que corresponde a los Sistemas de Recolección Municipal.

Para el balance de masa, se empleó el factor integrado por defecto en la herramienta, que establece que el 10 % del total de los residuos que entran a una instalación de recuperación no son valorizados y son enviados a SDF.

Las cantidades de residuos que se recuperan fue tomada del Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Demarcaciones Territoriales de México 2019 elaborado por el INEGI (8), que muestra los kilogramos de cada tipo de residuo que ingresan diariamente a todas las instalaciones de recuperación (Centros de Acopio, Estaciones de Transferencia y Plantas de Tratamiento) en cada entidad federativa. De acuerdo con las categorías de residuos establecidas en dicha base de datos con respecto a las que se enlistan en la herramienta *Waste Wise Cities*, la información se agrupó de la siguiente manera:

- Para la categoría de metales, se consideraron los datos correspondientes a las categorías: "Aluminio", "Fierro, lámina, acero" y "Cobre, bronce, plomo" del Censo de INEGI.
- Para la categoría "Eléctricos y Electrónicos" en el Censo de INEGI, al no encontrar un equivalente para este tipo de residuos en la herramienta WWC, se utilizó la categoría "Other waste".
- Las otras categorías presentes en el Censo de INEGI que se consideraron y que no requirieron una agrupación de datos o la búsqueda de una categoría equivalente en la herramienta de WWC fueron: PET (*Plastic PET*), Papel y cartón (*Paper*





and cardboard), Vidrio (*Glass*), Plásticos (*Other/mix of plastics*), Materia Orgánica (*Organic waste*) y Otros materiales (*Other waste*).

Para algunas Entidades Federativas como Coahuila, Michoacán, Morelos, Oaxaca, San Luis Potosí y Tamaulipas, no se encontró información en la base de datos del INEGI, por lo que esta información se complementó con la reportada en el DBGIR del 2020 elaborado por SEMARNAT (3).

6.2. Nivel de control en las instalaciones

Dado que no se cuenta con información sobre las medidas de seguridad e higiene, infraestructura y situación laboral, se consideró que para los centros de acopio el control era Básico, mientras que para las Estaciones de Transferencia y las Plantas de Tratamiento el control era Mejorado, debido a las características de este tipo de instalaciones.

En el caso del porcentaje de informalidad de las instalaciones, se optó por considerar la categoría más baja (0 – 19 %) debido a que la gran mayoría de las instalaciones de recuperación y tratamiento de residuos son públicas. Es importante mencionar que, para el caso de los centros de acopio, este porcentaje probablemente está subestimado debido a que existen instalaciones de este tipo que no son públicas.

En el caso de la Ciudad de México, en las fuentes de información mencionadas anteriormente, no se encontró información específica sobre las toneladas diarias que se reciben por cada tipo de residuo en las 12 diferentes Estaciones de Transferencia. Por ello, la información que se usó para alimentar la herramienta fue la reportada en el Inventario de Residuos Sólidos de la Ciudad de México 2019 (1) que presenta las cantidades de residuos orgánicos e inorgánicos que cada alcaldía envía diariamente a estas instalaciones de recuperación. Respecto a la capacidad de residuos que pueden recibir las instalaciones al día, al desconocerse el dato, se consideró que era el mismo valor correspondiente a la cantidad total de residuos (kg/d) que se recibía en cada instalación, por lo que en algunos casos podría estar sobre o subestimado.



Anexo 7. Disposición de residuos (WWC)

Para analizar la disposición de residuos, se consideran diferentes elementos: la masa y composición de residuos recibidos en los sitios de disposición final (SDF) y el nivel de control en la operación de estos.

7.1 Masa y composición de los residuos recibidos en sitios de disposición final

En la categoría “Disposición de residuos sólidos urbanos” (*MSW Disposal*) se consideró un solo SDF por cada nivel de control de instalación en el que se contabilizaron las toneladas acumuladas de RSU que llegan diariamente a todos los SDF correspondientes a cada categoría de control de cada entidad. Para determinar la cantidad de cada tipo de residuo que se recibe diariamente en el SDF de cada área de estudio se utilizaron los datos proporcionados por el INECC en el Atlas Nacional de Residuos de 2020 (28), en el que se muestra la proporción promedio en términos de porcentaje por tipo de residuo para cada entidad federativa.

Es importante mencionar que la composición de residuos para cada entidad está basada en el promedio de diversos estudios de generación en SDF realizados en distintos municipios el mismo año o en años diferentes.

A fin de establecer una relación en términos de masa, como lo solicita la herramienta, se calculó a cuantos kg/d equivaldría el porcentaje presentado para cada tipo de residuos. Para ello, los porcentajes de composición se aplicaron al tonelaje total recibido en el total de SDF de cada entidad, con el objetivo de obtener los kg de cada tipo de residuo que se reciben diariamente en las instalaciones.

En algunas entidades federativas, como Baja California, Nuevo León y Sinaloa, no se cuenta con registros sobre las cantidades o porcentajes de cada tipo de residuo que se recibe en los SDF, por lo que, como en el caso de la composición de RSU en la generación, las proporciones de subproductos en los residuos para estos estados se calcularon a partir del nivel socioeconómico de la entidad. Se tomaron algunas consideraciones para que la información pudiera aplicarse a las variables requeridas por la herramienta WWC:

- En las composiciones de algunas entidades federativas, los residuos de cocina y de jardín son agrupados en la misma categoría de “residuos orgánicos”, por lo que, considerando que en la mayoría de los estudios de generación los residuos orgánicos son principalmente residuos alimenticios, la composición para estos casos se asignó a la variable “*kitchen/canteen*”.
- Para la variable “*paper/cardboard*” se consideraron las composiciones correspondientes a las categorías papel, cartón y envase de cartón encerado. En el caso del envase cartón encerado, se agrupó en esta categoría debido a que la mayor parte de su composición (>75 %) es de cartón.
- En el caso de la variable “*plastics dense*” se contabilizaron las composiciones correspondientes a cuatro categorías presentadas en el Atlas: Hule, PET, PVC y Poliestireno; mientras que para la variable “*plastic film*”, se consideraron las composiciones reportadas para la categoría plástico rígido y de película, aunque en realidad la proporción de las películas se estima en aproximadamente 50 % de este valor.
- En el caso de la variable “*metals*”, se tomaron en cuenta las categorías pertenecientes a los metales ferrosos y no ferrosos, así como las latas de aluminio.
- Para la variable “*glass*” se consideraron las categorías de vidrio transparente y de color.
- En el caso de la variable “*textiles and shoes*” se consideraron las categorías: algodón, trapo y fibras sintéticas (debido a que la mayoría de ellas son de poliéster).
- En los estudios de composición reportados en el Atlas no se incluye una proporción específica de residuos especiales como electrónicos, potencialmente peligrosos o de manejo especial para el caso de los SDF, por lo que para las variables “*special waste*” y “*composite products*” se consideró un valor de 0 kg/d. Los residuos mencionados anteriormente son contabilizados en conjunto en la categoría “otros”, donde se incluyen también residuos sanitarios, residuos finos y





todos aquellos que no hayan sido considerados en las categorías anteriores.

Es importante señalar que en el componente “*Number of pickers*”, al no contar con la cifra exacta del personal de recolección que trabaja únicamente en los SDF, se consideró cero, así como la cantidad de kilogramos por día que recolecta cada uno de los trabajadores.

7.2 Nivel de control en los sitios de disposición final

Para analizar el nivel de control de las instalaciones, se utilizó la base de datos relacionada con SDF del 2019 del INEGI (8) y se hicieron equivalencias entre las categorías propuestas por ONU Hábitat (29) y las descritas por INEGI (30). Se usó el diagrama de decisión presentado en la herramienta, modificado y adaptado a la escala de análisis. Los 2,215 SDF existentes en el país (a 2019) se clasificaron con base en dicha categorización, con simplificaciones aplicadas por el gran número de SDF para analizar.

La categorización es una lista de verificación que pregunta si existe o no una variable en el SDF. Si existe, el SDF se acerca al criterio de control. Si no existe, se acerca a un sitio sin control. Las categorías adaptadas se describen más adelante. Una vez estimada la calificación de cada sitio, con base en las diez variables evaluadas por ONU Hábitat y en el puntaje máximo posible, se clasificaron los SDF en las cinco categorías de control, como también se detalla más adelante. No obstante, como el enfoque está orientado a adaptar el modelo de ciudad a una escala nacional, se plantearon algunas simplificaciones:

- A la CDMX, que no tiene SDF, pero que envía sus RSU a los SDF de entidades aledañas, se le aplicó el criterio de control del SDF que recibe la mayor proporción de sus RSU.
- Todos los SDF se evaluaron con base en la calificación máxima obtenida por un SDF nacional (ocho de diez o 20 puntos máximos), pues para algunos criterios no se cuenta con información, como el caso del régimen laboral de los trabajadores o la variable de estabilización de taludes.
- Para efecto de procesar de la misma forma a todos los SDF, las categorías graduadas en la herramienta de UN Hábitat se redujeron a variables binarias, considerando el criterio cumplido si la variable existía o no en el SDF, sin considerar el grado de cumplimiento, toda vez que no existe información más detallada para los 2,215 sitios.
- No se consideró el grado de control en las variables, salvo en el caso de frecuencia de cubrimiento. Las estadísticas disponibles no sólo describen si el SDF tiene o no recubrimiento y compactación, sino la frecuencia de este, por lo que la variable puede estar parcialmente evaluada. Por un lado, se evalúa si se reporta cubrimiento, y por el otro lado, la frecuencia de este. Se asigna un valor de 1 cuando es diario, y en todos los demás casos, un valor de cero.

Las variables contenidas en la herramienta y sus equivalentes en las estadísticas disponibles se encuentran descritas en la Tabla 15.





Tabla 15. Equivalencia entre factores de evaluación de WWC y variables registradas por INEGI

Categoría WWC	Variables INEGI (equivalentes)	Suma máxima por tipo de variable
Seguridad	Existencia de cerca perimetral Caseta de vigilancia	2
Control de agua y lixiviados	Sistema de captación y extracción de lixiviados Drenaje pluvial Franja de amortiguamiento Sistema de impermeabilización	4
Manejo de residuos, compactación y cobertura	Celda de confinamiento Compactación y cubrimiento Frecuencia del cubrimiento	3
Control de incendios	Ocurrencia de incendios	1
Manejo de gases en el SDF	Control de gases	1
Monitoreo ambiental	Dispositivos de seguridad y planes de contingencia Monitoreo de biogases Monitoreo de lixiviados Monitoreo de calidad de agua en acuíferos Monitoreo de polvos ambientales Instalaciones sanitarias para el personal	6
Planeación del sitio	Operación al amparo de la NOM certificadora de SEMARNAT	1
	Puntaje máximo	20

Las variables que de origen no estaban reportadas como binarias, se simplificaron. Todas las simplificaciones pueden verse en la Tabla 16.

El puntaje máximo de un SDF, en escala nacional y con variables disponibles para México, es de 20 puntos, que equivaldría a una calificación de 8 en escala nacional adaptada, pero a una escala "Full control" (10) en la escala de WWC.





Tabla 16. Asignación de valores binarios a las variables de operación de los sitios de disposición final

Variable INEGI	Opciones	Simplificación a variable binaria
Captación de Lixiviados	0 No aplica / Sin respuesta 1 Recirculación 2 Tratamiento 3 Recirculación y tratamiento 4 Otro (Especifique) 5 Ninguno 9 No sabe	Si en el SDF se reportaba 1, 2 o 3, se asignaba como cumplida la variable (1). Para los otros valores se consideró la variable como no cumplida (0).
Sistema de impermeabilización	0 No aplica / Sin respuesta 1 Arcilla compactada 2 Geomembrana 3 Arcilla compactada y geomembrana 4 No requiere por las características del suelo 5 Otro (Especifique) 6 Ninguno 9 No sabe	Las opciones del 1 al 4 se consideraron para asignar el valor 1. En los demás casos se asignó 0.
Frecuencia de cubrimiento	0 No aplica / Sin respuesta 1 Diaria 2 Semanal 3 Mensual 4 Otra frecuencia	Solamente la opción 1 se consideró como cumplimiento. A las demás opciones se les asignó 0.
Ocurrencia de incendios	0 No aplica / Sin respuesta 1 Sí 2 No 9 No sabe	Sólo se asignó un valor de cumplimiento a la respuesta de 2, "No". Para las demás, se asignó 0.
Sistema de control de biogás	0 No aplica / Sin respuesta 1 Aprovechamiento energético 2 Red con quemadores centrales 3 Quema a través de pozos individuales 4 Pozo(s) de extracción (sin quema) 5 Ninguno 9 No sabe	Cualquier método de control se consideró como cumplimiento, y se asignó cero a las demás opciones.





Variable INEGI	Opciones	Simplificación a variable binaria
SDF operando con base en la NOM 083 SEMARNAT	0 No aplica / Sin respuesta 1 Sí 2 No 9 No sabe	Sólo la opción 1 se consideró como cumplimiento; cualquier otra respuesta se equiparó a no cumplimiento (0).





Anexo 8. Metodología para el análisis de contaminación plástica en el medio natural y productos de consumo

Se investigaron cinco listados diferentes sobre las mejores universidades en México, de cada uno de ellos se extrajo el nombre de las primeras 10 universidades públicas. Posteriormente, se realizó un conteo de cuántas veces se repetía el nombre de cada universidad y se seleccionaron aquellas 12 que se repetían más veces. Con base en lo anterior las universidades finalistas fueron UNAM, UAM, UANL, IPN, UDG, BUAP, UAEH, UAE-Mex, UASLP, UV, UABC, UADY.

Además de las universidades anteriores, también se consideraron otras seis universidades costeras (UABCS, UMAR, UCOL, Colegio de la Frontera Norte y Sur, Universidad del Caribe), que, si bien no se identificaron en el ejercicio anterior, son relevantes en cuanto a la investigación del entorno marino.

Se visitó el repositorio institucional de cada una de esas 18 instituciones y se buscaron las publicaciones (principalmente tesis de licenciatura y posgrado) relacionadas al tema de microplásticos, residuos plásticos y plásticos. Se revisaron los títulos de los trabajos, de cada una de las búsquedas; en total se consideraron 78 documentos de los repositorios institucionales.

Las búsquedas se realizaron durante todo el mes de febrero de 2022, y en todos los casos, abarcaron el periodo 1997-2022, es decir, los últimos 25 años.

8.1. Congresos

Se visitaron las páginas de congresos, dos internacionales (REDISA, AIDIS) y cinco nacionales (SOMERS, AMIQID, Colima, Química UAM, AMICA), ya que estos se consideran muy relevantes en cuanto al tema de residuos sólidos urbanos y residuos marinos. En cada una de las páginas se consultaron las memorias que estuvieran disponibles y se revisaron los títulos de los trabajos relacionados con los temas: *microplásticos*, *residuos plásticos* y *plásticos*. Con base en este procedimiento, el número total de trabajos que se tomaron en cuenta fue de 65.

8.2. Bases de datos

Se consultaron tres bases de datos de cobertura internacional (ScienceDirect, Scopus, Springer), dos bases de datos de cobertura de América Latina, el Caribe, España y Portugal (Redalyc y Latindex) y una para sólo América Latina (Scielo). Las palabras claves que se ingresaron fueron *Microplastics + México*; *plastic + waste + México*; *plastics + México* (para aquellas revistas en inglés) y *Microplásticos + México*; *residuos + plásticos + México*; *plásticos + México* (para aquellas revistas en español). Se revisó el título de todos los trabajos que arrojó la búsqueda y, cuando fue necesario, se revisó el resumen o metodología para verificar que se trataran de estudios sobre residuos plásticos, plásticos o microplásticos en México. En este caso se contemplaron en total 166 trabajos.

8.3. Selección de estudios

La suma total de trabajos seleccionados arrojó 309 investigaciones. Se hizo una revisión de los títulos para descartar aquellos trabajos cuyo tema principal no fuera contaminación marina o costera por microplásticos y se eliminaron repeticiones. Después de esta eliminación, quedaron en total 117 estudios de los cuales se extrajo información relevante tal como tipo de publicación; entidad federativa donde se llevó a cabo la investigación; tema y subtema abordados; ecosistema, ambiente y matriz estudiados; escala y duración del estudio; y resultados.





Anexo 9. Descripción de información base para polímeros, aplicaciones y sectores (HOTSPOTS)

La información necesaria para alimentar el modelo de puntos críticos o Hotspots, con enfoque en la discretización por polímero, se condensa en cinco tablas (Tabla 17), cada una de las cuales se alimentó con datos de las fuentes que se describen.

salvo en los casos de importación de PVC y hule sintético (ANIQ) e importación de polietileno de baja densidad (ANIPAC).

Tabla 17. Tablas de entrada de datos para la hoja de cálculo "Polymer Input"

Tablas que requieren información	Fuentes
Tabla 1: Importación y exportación	COMTRADE Asociación Nacional de la Industria del Plástico (ANIPAC) Asociación Nacional de la Industria Química (ANIQ)
Tabla 2: Producción	ANIPAC
Tabla 3: Recolección para reciclaje, formal e informal	ANIPAC SEMARNAT GREENPEACE y Alianza de un México sin plásticos Estimaciones de expertos en el sector
Tabla 4: Comercio de residuos	ANIPAC
Tabla 5: Reciclaje doméstico	Estimación con base el comportamiento por polímero observado en la Tabla 3 del modelado de puntos críticos.

Los datos de la Importación y exportación alimentados al modelo fueron consultados, principalmente, en tres fuentes: COMTRADE (31), ANIQ (32) y ANIPAC (33). Dado que las cifras eran consistentes entre las bases de datos, se decidió utilizar COMTRADE para todos los rubros de importación, con excepción de la importación y exportación de desechos plásticos. Para esos datos, en específico, se consideró que la base de datos de ANIPAC era la más desagregada en términos de polímeros, y se usó la información contenida en la misma.

En general existe consistencia entre ambas bases de datos, aunque algunos rubros muestran discrepancias, como los casos de Otros plásticos (con más de 180 kt anuales para 2020) y de poliéster (importación, exportación), cuyo valor más alto es el reportado por COMTRADE.

En términos generales, los datos de ANIPAC y COMTRADE son los más desagregados y específicos. Los datos nacionales generados por ANIQ y ANIPAC muestran cifras menores que los de COMTRADE,

Los datos de tipo de polímero fueron obtenidos del Anuario estadístico de la Industria Plástica para 2020 (33).

9.1 Simplificaciones y consideraciones con respecto a los datos de producción

Con el fin de caracterizar la producción de plásticos en México se realizó lo siguiente:

- Los volúmenes de polietileno lineal de baja densidad recuperado, reportados por ANIPAC, se sumaron a la categoría de polietileno de baja densidad
- La categoría "Otros" está compuesta por distintos tipos de plásticos en cada fuente de información. Para ANIPAC esta categoría incluye plásticos como ABS, policarbonatos, poliamidas, POM, PMMA, TPE, poliuretanos y resinas termofijas. La diferencia en las clases de resinas que se incluyen es un factor que explica las diferencias entre las producciones reportadas





- Al igual que con los datos de importación y exportación, son ciertos rubros los que presentan diferencias significativas entre bases de datos, como lo reportado en la producción de polietileno de alta densidad, hule sintético, o aquello que se engloba en la categoría de “Otros”, con porcentajes de variación significativos
- Para efectos del análisis, se asumió que las fibras sintéticas reportadas en los materiales consultados están conformadas por poliéster, pues más del 50 % del material producido a nivel mundial se ocupa en la producción de textiles

Los datos sobre la masa reciclada para cada tipo de plástico se obtuvieron de ANIPAC (33). Este es el único conjunto de datos disponible que presenta cifras totales de recuperación específicas para los tipos de plásticos que se incluyen en el modelo aplicado.

El primer estudio cuantitativo de la ANIPAC (34) sugiere que el material más reciclado de las empresas encuestadas (363) fue el polietileno, con un 51.2 %, seguido del PET con 22.1 %, el polipropileno con 18.2 %. Los menos reciclados fueron el PVC con 2.1 % y el poliestireno con 1.8 %. Estos porcentajes se calcularon en función del tonelaje reciclado reportado y el consumo aparente para cada material.

La muestra del informe es representativa de la situación nacional, pero la información es parcial, puesto que sólo contiene datos de las empresas encuestadas, lo que implica que las estimaciones, aunque posiblemente sean porcentualmente representativas, podrían ser nominalmente más bajas que las cifras reales. A continuación, se describen algunas simplificaciones aplicadas.

9.2 Consideraciones aplicadas para datos reciclaje

Se aplicaron las siguientes consideraciones al análisis del reciclaje en México:

- El informe de reciclado de ANIPAC no distingue entre los tipos de *polietileno* (alta o baja densidad). Por ello, utilizando los criterios propuestos en el Informe sobre reciclado de Greenpeace (35) se estimó la proporción de PEAD y PEBD en la corriente de polietileno reciclado.
- El Informe de Greenpeace (35) plantea una clasificación de los residuos en función de su reciclabilidad, precio de compra y el número de centros de acopios encuestados que reciben y procesan

cada subproducto. Para tal efecto, el PEAD es mucho más reciclable, con mejores incentivos económicos y, sobre todo, existen más sitios de recepción, lo que permitiría sugerir que es más reciclado que el PEBD. De las 546 empresas encuestadas, 213 recibían PEBD y 345 PEAD (posiblemente algunas recibían ambas). Eso implica que la capacidad instalada de reciclaje del PEAD es mayor a la del PEBD en al menos un 25 %.

- Si se reciclaron, en 2020, 1,913,710 millones de toneladas de plásticos, el 51.2 % correspondiente al polietileno asciende a 979,820 mil toneladas de PEAD y PEBD en conjunto. Con base en lo discutido en el punto anterior, se asumió que esa masa está compuesta por un 57 % de PEAD y un 43 % de PEBD.

No existen cifras sobre recuperación de plásticos como el hule sintético y el poliéster, por lo que no se incluyeron en la sección de material recolectado para reciclado doméstico. Para los demás polímeros (PEAD, PEBD, PP, PET, PS, PVC y la categoría de “Otros”), la recuperación se estimó con base en los porcentajes del polímero en el total de plásticos reciclados. Se utilizó como base de cálculo las 1,914 kt recuperadas en 2020 (34).

La distribución del acopio y recuperación desde los flujos formales e informales se estimó con base en documentos que analizan el tema, generalmente en términos cualitativos. Para efectos de la distribución de la recuperación entre canales formales e informales, la Tabla 18 muestra los porcentajes de recuperación de cada polímero.

Tabla 18. Asignación de porcentajes de recuperación formal o informal de polímeros

Polímero	% de acopio formal	% de acopio informal
PEAD	50	50
PEBD	66	33
PP	50	50
PET	50	50
PS	100	0
PVC	100	0
Otros	100	0



9.3 Simplificaciones y consideraciones con respecto a la recolección formal e informal

Se realizaron las siguientes suposiciones relacionadas con la recolección formal e informal:

- El acopio de plásticos de ingeniería se da generalmente por medios formales, ya que se generan en la industria, que, al estar obligada a presentar planes de manejo, tiende a gestionarlos a través de canales formales; se asumió, por tanto, que el 100 % de la recuperación ocurre a través de canales formales
- Para los envases rígidos de PET, PEAD y PP se asumió que el 50 % se recupera a través de canales informales, mediante pre-pepena y pepena
- En el caso del PEBD, una proporción relevante (la película de embalaje) tiene origen postindustrial y post-comercial, por lo que se asumió que la participación formal en la recuperación es mayor que para los envases

La información sobre comercio de residuos se obtuvo de ANIPAC (33), que es la fuente que presenta información desglosada al respecto. Para los datos asociados al reciclaje doméstico se asumió que los plásticos importados para su reciclaje seguirían el mismo comportamiento de los polímeros recolectados para reciclaje a nivel doméstico, tal como fue sugerido en el tutorial de la herramienta elaborado por *Life Cycle Initiative* (36). Se asumió que el resto de los plásticos no se recicla, y termina en sitios de disposición final (controlados y no controlados), en sitios clandestinos o se libera hacia ambiente a través de los diversos flujos de materiales no colectados.

9.4 Información sobre sectores

Una de las ventajas de la herramienta de identificación de puntos críticos es que, para el caso de sectores y aplicaciones, se requiere de muy poca información de entrada proporcionada por el usuario. Los datos numéricos que deben ser incluidos se centran, principalmente, en el sector pesquero, pues los datos referentes a otros sectores se encuentran precargados.

Para el caso del sector pesquero, se considera tanto la pérdida de utensilios de pesca, como el desecho de envases y embalajes hacia el mar desde las embarcaciones. La lógica empleada en la estimación de fugas se presenta en la Figura 14.

Se estimó el número de embarcaciones, clasificadas por sus características principales (distinguiendo entre pesca de altura y pesca ribereña o artesanal) y se estimó el porcentaje de pérdida de materiales de pesca para cada tipo, a partir de los factores sugeridos por la herramienta (36). Para ello, se consultó el Anuario estadístico 2018 de CONAPESCA (37) y la consulta temática de SEMARNAT (38) obteniendo los resultados que se muestran en la Tabla 19.

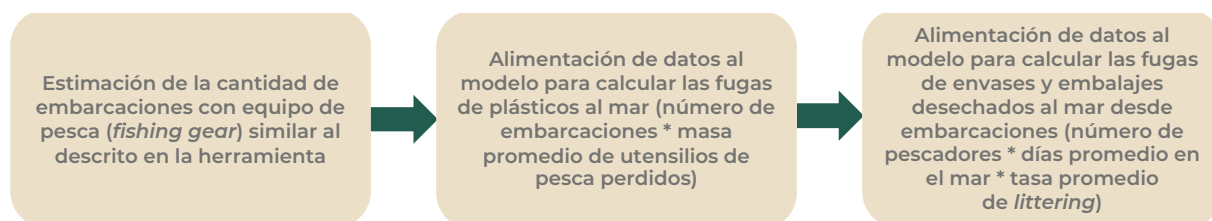


Figura 14. Procedimiento para el cálculo de fugas de plásticos al mar

Tabla 19. Estimación de la composición de la flota pesquera nacional

Tipo de pesca	Especie	Número de embarcaciones	Eslora (m)	Número de embarcaciones
PESCA DE ALTURA	Camarón	1,095	10 a 15	4
			15 a 20	85
			20 a 25	952
			> 25	54
	Atún	88	15 a 25	5
			25 a 40	34
			40 a 55	7
			55 a 70	26
			> 70	16
	Sardina-Anchoveta	90	10 a 15	0
			15 a 20	1
			20 a 25	23
			> 25	66
	Escama	754	10 a 15	230
			15 a 20	390
			20 a 25	125
> 25			9	
PESCA RIBEREÑA				75,456

Esta composición se ajustó a la clasificación de embarcaciones que plantea la herramienta, con lo que se obtuvo la información que se presenta en la Tabla 20.

Tabla 20. Composición de la flota pesquera nacional

Tipo de embarcación	Descripción	Número de embarcaciones
Gillnet 1 (Redes de enmalle)	1 bote de >10 m, para la pesca de bonitos, aletas amarillas, tiburones	88
Gillnet 2 (Redes de enmalle)	Red de enmalle tipo 2 para pesca de caballa	134
Bottom trawl 1 (arrastre de fondo)	Red de arrastre de fondo tipo 1, barco de 2 x 5 m, para la pesca de peces de agua dulce (lago)	75,456
Bottom trawl 2 (arrastre de fondo)	Red de arrastre de fondo 2 2x - barcos de 14 a 18 m; para pescar camarones	89
Midwater trawl (arrastre de aguas medias) ¹	Red de arrastre de agua media, barco de 15 m; arrastre pelágico para la pesca de arenque y caballa	620





Hay una considerable incertidumbre con respecto a las embarcaciones clasificadas como *Gillnet 1* y *Midwater trawl* debido, principalmente, a las dimensiones de los equipos de pesca. Ambos se utilizan para la pesca de caballa, pero en el caso de *Gillnet 2*, la herramienta no proporciona un tamaño de la embarcación. Por ello, ya que *Midwater trawl* considera aquellas redes colocadas en barcos de 15 m, se clasificaron en este rubro los barcos de pesca de caballa con dimensiones de 10 a 15 m y de 15 a 20 m. El resto, es decir, embarcaciones de 20 a 25 m y mayores de 25 m, se clasificaron como *Gillnet 2*.

Una vez que se definieron las equivalencias, fue posible apreciar cómo, de acuerdo con las cifras obtenidas, la mayoría de los instrumentos de pesca corresponde a embarcaciones similares a las empleadas en la pesca en agua dulce con mallas de arrastre de fondo.

De acuerdo con OCEANA, este tipo de instrumentos es uno de los métodos de pesca más destructivos, pues puede llegar a atrapar casi nueve veces especies no deseadas junto con las especies objetivo, que luego son descartadas en altamar (39).

Para los valores no conocidos (como el número de días en el mar), se aplicaron los sugeridos por la aplicación (36). Finalmente, la cantidad de personas registradas como pescadores y pescadoras, se tomó del anuario de CONAPESCA (37). Con las bases de datos referidas, se caracterizó la flota pesquera nacional, tal como se mostró en la Tabla 20 (arriba).

En lo referente a la exportación de residuos plásticos derivados de las actividades pesqueras, como el reciclado de materiales de plásticos de pesca, no se encontró información que pudiera ser alimentada al modelo, y se asumió que esas actividades no tienen una presencia significativa. A partir de la información descrita y los supuestos mencionados fue posible, utilizando la herramienta, obtener los valores para fugas de plásticos a partir de la actividad pesquera, como se muestra en la Tabla 21.

9.5 Información sobre aplicaciones

La identificación de puntos críticos relacionados con las aplicaciones requiere del ingreso de información a partir de datos que se descargan de la base COMTRADE (31) Estos se extrajeron tal como lo señala *Life Cycle Initiative* (36) y fueron procesados con Python, utilizando para ello el código también proporcionado por el citado manual.

Tabla 21. Información sobre fugas en el sector pesquero generada en la herramienta

Variable	Valor (kt)
Generación neta de utensilios de pesca	1,379.50
Fugas debido a pérdidas en el mar	122.93
Envases y embalajes desechados al mar desde embarcaciones	84.18
Reciclaje de utensilios de pesca	0.00
Exportación de residuos de utensilios de pesca	0.00
Fuga total	207.11

Adicionalmente, se estimaron las kt de producción de aplicaciones específicas, como se muestra en la Tabla 22. Todos los datos fueron obtenidos de la consolidación anual 2021 de la Encuesta Mensual de la Industria Manufacturera (EMIM), elaborada por el INEGI (40).

No se consideró el flujo de plásticos por aplicación en términos de importación o exportación, sino sólo la producción nacional. En los casos en que no se cuenta con información específica, las secciones se dejaron en ceros, como en el caso de o empaques para cárnicos y lácteos, que se encuentran incluidos en la categoría “Otros empaques”.

Tabla 22. Producción anual de plásticos por aplicación a nivel nacional

Aplicación seleccionada	Valor (kt)	Fuente
Bolsas	432.000	EMIM 2021
Cajas, estuches y cajones	23.828	EMIM 2021
Empaques de productos lácteos	0.000	EMIM 2021
Botellas para bebidas	0.108	EMIM 2021
Tapas y tapones	64.550	EMIM 2021
Otras botellas	0.002	EMIM 2021
Otros empaques	1,995.560	Herramienta





Para otras aplicaciones, como los pañales desechables y toallas sanitarias, las fugas se estimaron a partir de la proporción que representan en los residuos sólidos urbanos. En el caso de los cigarrillos se estimó el consumo diario de cigarrillos con base en las estadísticas conocidas para quienes consumen cigarrillos diariamente, tal como se señala en la Tabla 23.

Tabla 23. Estimación de otras aplicaciones

Aplicación adicional	Estimación	Valor (kt por año)
Pañales sanitarios (se incluyen de bebe y de adulto)	Se estimó la cantidad de pañales considerando los % encontrados en sitios de disposición final, de 4.9 y 2 % respectivamente (41), (34)	3,025
Toallas sanitarias	Se ha estimado que el 0.6 % de los RSU en SDF son toallas sanitarias (34), (42)	263
Colillas de cigarro	Se estimó el consumo de cigarrillos considerando que, en promedio, las mujeres que fuman diariamente consumen 6.4 cigarrillos y los hombres 7.7 y que existen cerca de 5.4 millones de fumadores consuetudinarios, de los cuales el 26 % son mujeres y 74 % hombres (43)	39.8 millones de piezas diarias, es decir, más de 14,523 millones de piezas anuales





Anexo 10. Descripción de información base para gestión de residuos en puntos críticos (HOTSPOTS)

El análisis de la gestión de residuos se realiza a partir de las etapas y variables descritas en la Tabla 24.

Tabla 24. Variables consideradas en el análisis de la gestión de RSU en México

Etapa en la gestión de residuos	Variable	Fuente
Generación	Población	INEGI, Censo poblacional de 2020 (9)
Generación	Generación	Estimación con base en per cápita estatal de SEMARNAT (3)
Recolección	Recolección neta	INEGI, Censos Municipales (8)
Recolección	Recolección para reciclado	Estimación con base en porcentajes de ANIPAC (8)
Destino Final	Destino final apropiado	INEGI, Censos Municipales
Destino Final	Destino final inapropiado	INEGI, Censos Municipales
Recolección	No recolectado	Calculado como diferencia entre generado y recolectado
Variables comparativas	Generado por habitante	Cálculo a través de la herramienta T5
Variables comparativas	Recolectado por habitante	Cálculos para T5
Variables comparativas	Total de residuos mal manejados, por habitante	Cálculos para T5

10.1. Población

La población del país se concentra en la zona centro. Los diez estados más poblados concentran más del 50 % de la población total nacional, entre los que se encuentran la Ciudad de México, el Estado de México, Jalisco, Veracruz y Puebla. Esta distribución se ilustra en la Figura 15.





Figura 15. Población total de las entidades federativas

10.2. Generación de residuos sólidos urbanos

La generación de RSU fue calculada como el producto del valor per cápita propuesto por SEMARNAT para cada entidad en 2021 (3) y el dato de población estatal presentado por INEGI para 2020 (9). Existen diversos valores estimados de generación per cápita en fuentes oficiales, y se utilizaron los más altos; un ejemplo de estas diferencias se muestra en la Figura 16.

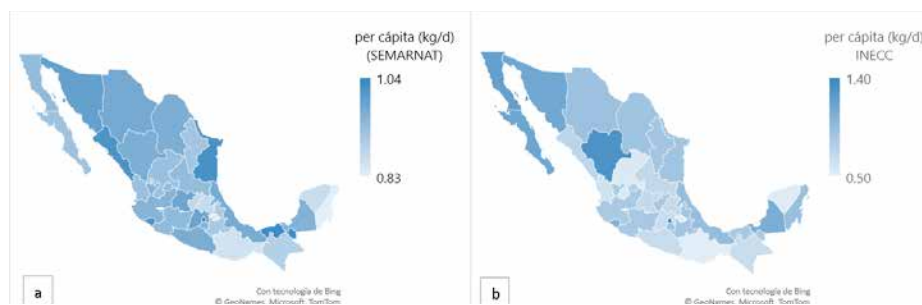


Figura 16. Estimaciones de generación de residuos per cápita a nivel nacional, propuestas por a) SEMARNAT e b) INEGI

10.3. Recolección de residuos

La caracterización de la recolección se realiza a partir de tres variables: la recolección neta, la recolección para el reciclaje y lo no recolectado.

La recolección neta es un registro disponible en los Censos Municipales del INEGI (8). Generalmente, este dato de recolección municipal de los RSU se hace sobre RSU posiblemente ya pre-seleccionados, además de que la recuperación o las pérdidas entre la recolección y el sitio de disposición final no se consideran.

Dado que no se cuenta con información sobre la recolección para el reciclado, ésta se estimó en función del nivel de recuperación de residuos plásticos a nivel estatal (34) (p.14). Con ello se generó un esquema nacional en el que se asignaron valores del 5 % al 25 % a los residuos recolectados para reciclaje en cada entidad, con base en las cifras de RSU ya recolectadas (8).





Por otro lado, lo no recolectado se definió como la diferencia entre la generación de residuos (generación per cápita x cantidad de población por entidad) y la recolección reportada por los municipios.

- Los porcentajes de RSU recuperados para su reciclaje se estimaron con base en el mapa desarrollado por ANIPAC, en el que identifica el nivel de recuperación en cada entidad (34).
- Se asignaron valores de 25 %, 15 % y 5 % a los estados con alta, media y baja recuperación, respectivamente.
- La masa total recolectada se obtuvo de SEMARNAT (3).
- La masa total recolectada para su reciclado se obtuvo como el producto de la masa total

recolectada y el porcentaje de RSU recuperados para su reciclaje.

- La masa total no recolectada se obtuvo como la diferencia entre la generación de residuos y la recolección (3).

La información sobre recolección presenta inconsistencias debido a que lo que se recolecta para reciclaje es un estimado, y al hecho de que, en algunas entidades, la recolección neta reportada es mayor a la generación. Por ello, en algunos casos los valores negativos se han igualado a cero, asumiendo que no tienen residuos no recolectado en las entidades reportadas, como la Ciudad de México. No obstante, en términos reales las discrepancias existen, y se ilustran en la Figura 17, lo que permite apreciar los estados con estos balances negativos, para efectos ilustrativos.

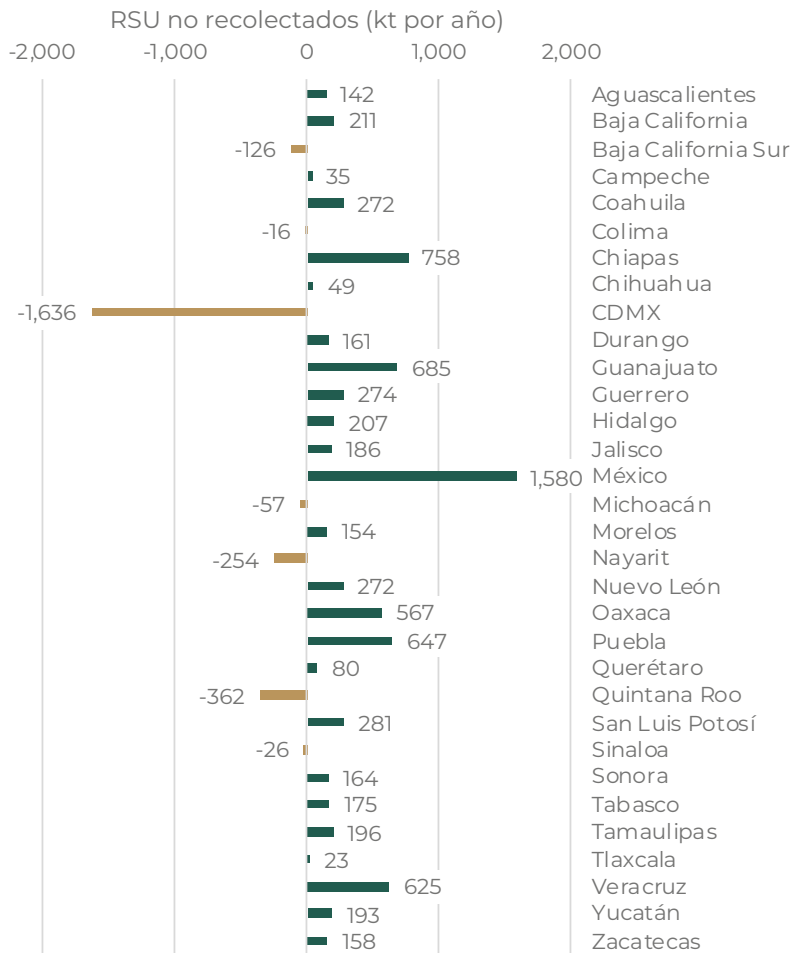


Figura 17. Estimación de los RSU no recolectados por entidad, con datos de generación y recolección de SEMARNAT e INEGI





10.4. Destino final de los residuos sólidos urbanos

Para efectos de esta evaluación, el único requisito que se consideró para clasificar un sitio como adecuado fue la práctica del recubrimiento cotidiano de los RSU depositados. No se establecieron requisitos relacionados con otras medidas de contención de la contaminación, como la captura de biogás o la instalación de geomembranas o canales para lixiviados.

Se estimó que el recubrimiento de tierra en los SDF es una medida mínima indispensable para prevenir la fuga de plásticos por acción de factores climáticos. La información sobre SDF se obtuvo de INEGI (8).

10.5. Evaluación de fugas de plásticos

El módulo T5 de la herramienta Hotspots (36) define distintos parámetros tendientes a construir la evaluación regional cuantitativa de las posibles fugas de plásticos. A continuación, se presenta la regionalización de cada variable.

- Porcentaje de recuperación de RSU a nivel nacional: de acuerdo con ANIPAC (34) la mayor cantidad de empresas recicladoras¹ se concentran en seis estados: Aguascalientes, Baja California, Ciudad de México, Estado de México, Jalisco y Nuevo León.
- Una de las ideas más comunes discutidas en el 1º Taller Nacional de Retroalimentación para el Inventario Nacional de Fuentes fue que los procesos de acopio, tratamiento y reciclado efectivo están íntimamente ligados con la valorización de los RSU y con la disponibilidad de infraestructura que permita procesar dichos residuos. Usando este razonamiento como proxy para estimar el porcentaje de recuperación de RSU a nivel estatal, y considerando que se ha estimado el % de recuperación de RSU a nivel

nacional para reciclado en 27 % (8) se propuso que la clasificación sugerida por ANIPAC (34) fuera equivalente a un porcentaje numérico, a falta de datos específicos de recuperación post-generación para todas las entidades.

- No se consideraron los porcentajes de recuperación en instalaciones de recuperación públicas porque los porcentajes de composición de plásticos no reflejan el comportamiento en la generación.

1 El universo muestral de ANIPAC fue de 363 empresas afiliadas.





Anexo 11. Descripción de información base para identificación de puntos críticos regionales (HOTSPOTS)

Para la realización del análisis espacial se retomaron las siguientes capas de información:

1. País con sus divisiones administrativas (estatal y municipal) (44)
2. Población (9)
3. Cuencas y ríos (45)
4. Vertimiento de residuos plásticos mal manejados al océano. Estimado por Lebreton y colaboradores en 2017 (46)
5. Zonas urbanas internacionales y sitios de interés (47)
6. Localidades urbanas nacionales (48)
7. Áreas Naturales Protegidas (49)

Adicionalmente, se estimaron todos los campos de entrada de la herramienta T5 y cada uno se representó espacialmente.

Es importante señalar que no todos los datos básicos de entrada fueron tomados de las bases de datos sugeridas por la herramienta de análisis espacial, debido a inconsistencias en la información. Por ejemplo, la división municipal disponible en la fuente recomendada (DIVA GIS) (50) indicaba 1,863 municipios y, al 20 de mayo de 2022, INEGI presenta un registro de 2,649.

De este modo, se identificaron 726 puntos a lo largo de la costa mexicana para los que se contaba con una estimación de la masa de residuos plásticos mal manejados (*MPW Mismanaged Plastic Waste*) en toneladas anuales (46).

De estos puntos se seleccionaron las regiones con más de 3 kt al año de vertido de residuos plásticos al medio marino (o clústeres con contribuciones mayores a 2 kt).



Anexo 12. Adaptación del modelo de Lebreton

El modelo paramétrico de Lebreton se describe en la ecuación 1A:

$$M_{out} = (kM_{mpw} R)^a \quad (1A)$$

Los dos parámetros **k** y **a** son constantes construidas y sugeridas por Lebreton y colaboradores (46) para ajustar el modelo conceptual, que no fueron modificados.

Los valores adimensionales son $k = 1.85 \times 10^{-3}$ y $a = 1.52$; el escurrimiento (R) está presentado en mm/d. Las unidades finales del modelo son kg/d que, para efectos de representación gráfica, se presentan en t/d (modelo mexicano) y kt/d en el modelo original.

Debido a las limitaciones para obtener información actualizada, los datos que alimentan la ecuación provienen de fuentes de diversos años, como puede verse en la Tabla 25, en la que se muestran las variables necesarias del modelo de Lebreton, y las disponibles con los datos nacionales.

Tabla 25. Variables del modelo Lebreton y variables disponibles a nivel nacional

Variables del modelo de Lebreton	Variables con datos nacionales	Fuente
Densidad poblacional (hab/km ²)	Densidad poblacional	INEGI 2022
MPW = plásticos mal manejados producidos por país y por habitante (kg/hab/día)	MPW = tasa de fuga de plásticos Hotspots (kg/hab x año) transformado a (kg/hab x día) Y MPW estimado por Lebreton en 2017	Reporte de Puntos Críticos (51)

M_{mpw} = plásticos mal manejados producidos por cuenca (kg/día)	Área de las cuencas	CONAGUA (45) INEGI (5) Reporte de Puntos Críticos (51)
R = escurrimientos promedio mensuales (mm/día)	Datos estimados por Lebreton para los meses de enero a diciembre 2017	Lebreton (46)
M_{out} = masa de plásticos liberadas en los deltas de los ríos (kg/día)	Estimado con la ecuación 1A	

Para la variable **MPW** (plásticos mal manejados producidos por país y por habitante) se asumió que su valor equivaldría a la masa de plásticos fugados estimados, obtenida a partir de los resultados de la aplicación del modelo de fuga de plásticos de Hotspots, y de la metodología de Bouchet y colaboradores (52).

De este modo, se estimaron diversas fugas per cápita de plásticos por año y por día, dependiendo del escenario de reciclaje y participación del sector pesquero que se incluyera en las simulaciones. La Tabla 26 muestra la síntesis de los escenarios considerados y la estimación de fuga de plásticos per cápita, por año y por día.





Tabla 26. Fuga de plásticos per cápita y por año estimada con el modelo de Puntos Críticos (Hotspots)

Escenario	Fuga de plásticos (kg/per cápita/año)	Fuga de plásticos (kg/per cápita/día)
E0: Escenario base, a partir de los datos de entrada	3.9	0.011
E1: disminución en el reciclaje: la masa de residuos recolectados para reciclaje se disminuyó, multiplicando los datos por un factor de 0.8	5.5	0.015
E2: disminución en la disposición: se aplicó un factor de 0.8 a los residuos dispuestos en sitios de disposición final	5.5	0.015
E3: sin considerar el sector pesquero, en función de la incertidumbre existente sobre la información de este. Este escenario fue evaluado debido a los vacíos de información, a que los datos se encuentran poco actualizados, y a la dificultad de establecer equivalencias entre las categorías propuestas en la herramienta de análisis (53) lo que llevó a establecer muchas suposiciones y simplificaciones de la información nacional a la que se tuvo acceso	3.8	0.010

Para el modelo, se decidió utilizar el valor de 0.011 kg/habitante/día, ya que corresponde al escenario base. Este dato se debe ajustar en función de la densidad poblacional (MPW_{De}) y del área de las cuencas (A_{Cu}), para obtener un valor ajustado a la cuenca específica de estudio, equivalente al valor M_{mpw} de Lebreton (Tasa de generación de plásticos mal manejados en la cuenca, en kg/d).

Así:

$$MPW \left(\frac{kg}{hab \times día} \right) \cdot Densidad\ poblacional\ por\ entidad \left(\frac{hab}{km^2} \right) = MPW_{De} \left(\frac{kg}{día \times km^2} \right) (1B)$$

$$M_{mpw} = MPW_{De} \left(\frac{kg}{día \times km^2} \right) \cdot A_{Cu} (km^2)$$

Finalmente, M_{mpw} se alimentó a la ecuación 1A para obtener el valor de Lebreton de plásticos que entran al océano a través de los ríos, es decir, M_{out} . Algunas precisiones que se deben de hacer del modelo se detallan a continuación:

- Los datos de escurrimientos (R) del modelo son los mismos estimados por Lebreton al 2017 (46). Para este trabajo no se consideraron valores de escurrimiento actuales. La estimación del valor de escurrimientos para 2022 es una tarea muy compleja en términos de capacidad computacional y rebasa los objetivos de este inventario.
- Al utilizar los mismos valores de escurrimiento de Lebreton, pero con estimaciones de M_{mpw} por cuenca con datos nacionales, se pueden comparar los resultados de puntos críticos en términos de áreas.
- El valor de MPW_{De} es el resultado de la multiplicación del valor de fuga determinado en el análisis de Hotspots (0.011 kg/hab/día) por la densidad poblacional en cada cuenca (hab/km²), y este valor se usa para estimar M_{mpw} .
- Cuando la cuenca se encuentra en más de una entidad, el valor de MPW_{De} se definió como el valor promedio de los estados que componen la cuenca, lo que podría sobreestimar o subestimar el papel de algunas entidades en el aporte final de la cuenca.
- El modelo adaptado, al igual que el de Lebreton, analiza todas las cuencas hidrográficas del país del país.
- Los valores promedio se aplican sólo en 88 de 1471 cuencas, es decir, en poco menos del 6 % de las cuencas a nivel nacional.
- Los valores reportados por Lebreton ya consideran barreras físicas al transporte de plásticos, como las presas, por lo que no se aplicaron criterios adicionales de sumideros a lo largo de las cuencas. No obstante, es importante mencionar que el escurrimiento medio superficial de una cuenca depende de valores muy específicos, como el tipo y usos del suelo, coeficientes paramétricos de escurrimiento propios de la cuenca y la precipitación media de la región. Estos valores no están incluidos en la estimación conceptual de Lebreton (46), lo que podría subestimar o sobreestimar el impacto del escurrimiento en el transporte de plásticos a través de los ríos y hacia el océano.



Anexo 13. Estudio de la contaminación plástica en México

En este anexo se describe la forma en que se ha realizado y reportado la información sobre contaminación plástica en México.

13.1 Análisis de residuos plásticos

En los estudios de residuos plásticos, el muestreo y reporte de unidades se hace de diversas formas. De los estudios que reportaron presencia de residuos plásticos, la mayoría reporta en número de piezas por unidad de área, usualmente en kilómetros o metros cuadrados.

La distribución porcentual de las unidades se puede ver en la Figura 18.

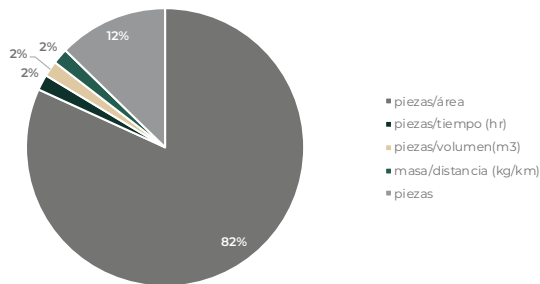


Figura 18. Distribución porcentual de las unidades más usadas en los estudios analizados

El análisis porcentual permite observar que no todos los estudios encontrados que hablan sobre residuos plásticos tienen reportes en términos de unidades o de concentración diferentes.

Se registraron 72 puntos en donde se han recolectado datos de residuos sólidos urbanos presentes en ambientes marinos.

Se especifica que un punto de muestreo no es equivalente a estudio o reporte. En esta sección, la participación de otras instituciones diferentes de la academia es sustantiva, como reportes elaborados por Greenpeace (35, 54).

La Figura 19 muestra la ubicación geográfica de los sitios muestreados en materia de residuos sólidos urbanos y plásticos.



Figura 19. Ubicación de los sitios muestreados en donde se ha detectado presencia de residuos sólidos urbanos y de plásticos en ambientes costeros



Los residuos urbanos (incluidos los plásticos) se han estudiado desigualmente en el país y en los estados costeros. El muestreo en el sur del país, en entidades como Oaxaca o Guerrero, es escaso, mientras que en Chiapas no existen registros relacionados. Los estados en donde más se ha muestreado en el tema de residuos sólidos urbanos y plásticos son Veracruz y Quintana Roo, que abarcan casi el 50 % de los sitios monitoreados (Figura 20). De los 17 estados costeros del país, sólo Tabasco y Chiapas no registraron estudios de monitoreo donde se reportó contaminación plástica en regiones costeras.

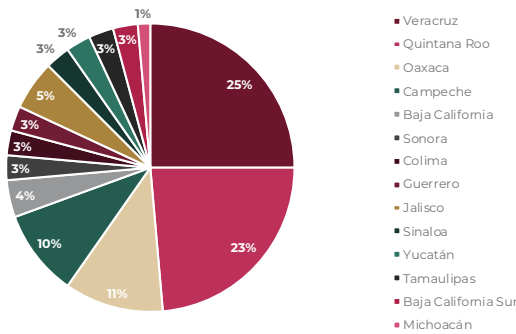


Figura 20. Distribución porcentual de las entidades con estudios relacionados con residuos sólidos y plásticos en México

Los residuos plásticos han sido estudiados en pocos compartimentos ambientales. La Figura 21 muestra

la distribución en términos porcentuales de los medios registrados.

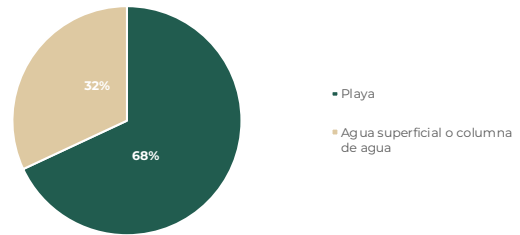


Figura 21. Compartimentos ambientales estudiados en donde se han encontrado residuos plásticos

Como puede verse, la mayoría de los sitios muestreados (más de las dos terceras partes) son en playas, mientras que el 32 % es en agua (superficial o en columna). Lo anterior implica que estudios en compartimentos ambientales como sedimentos de fondo o efectos directos de plásticos (macro) sobre especies marinas no se han realizado de forma significativa en el país.

En términos geográficos, la Figura 22 muestra la distribución de los muestreos en playa y en agua o en columna de agua. Es posible observar que todos los muestreos realizados en aguas o en columna pertenecen al Pacífico y no existen datos relacionados con otras regiones marinas, mientras que los estudios de residuos plásticos en playas tienen una distribución geográfica más consistente, aunque estados con significativa línea de costa, como Baja California, Baja California Sur o Sonora, siguen teniendo pocos estudios relacionados.

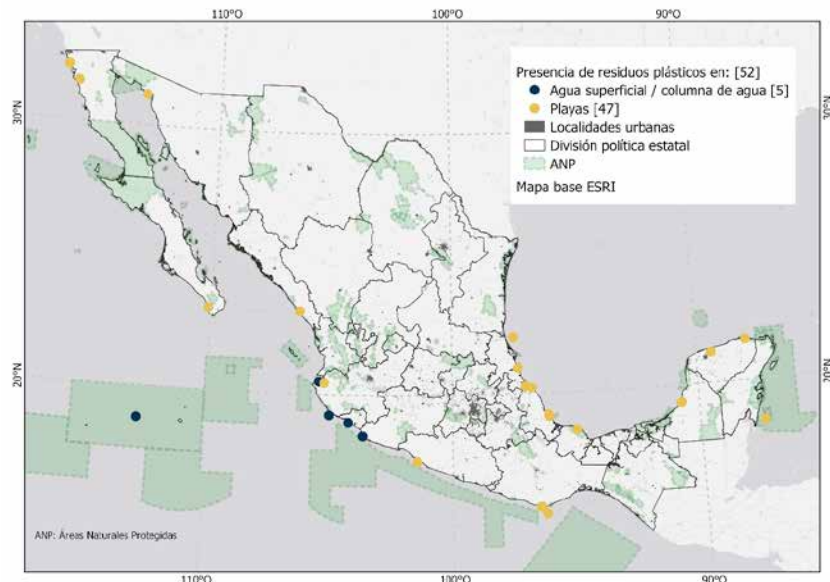


Figura 22. Ubicación de los sitios muestreados donde se ha detectado presencia de residuos sólidos urbanos y de plásticos en ambientes costeros, por tipo de compartimento ambiental muestreado

Estas figuras sugieren la necesidad de implementar programas de monitoreo ambiental enfocados en residuos plásticos en aguas marinas (y continentales) para entender mejor los efectos y las fuentes de la contaminación plástica. Además, implican que es necesaria más atención en otros compartimentos ambientales, como los residuos plásticos en biota y en sedimentos.

13.2 Análisis de microplásticos

Actualmente no hay metodologías estandarizadas sobre: el muestreo de microplásticos en diferentes medios, su extracción en distintos tipos de muestras y reporte de resultados, es por ello que existe una diversidad de unidades en las que se reportan las concentraciones. Esta situación supone un enorme reto para comparar los estudios entre sí, dada su heterogeneidad en las metodologías y el reporte de unidades.

No todos los compartimentos ambientales tienen la misma recurrencia en los reportes analizados, ni todos reportan la presencia de los microplásticos en las mismas unidades. El reporte de concentraciones, en los casos en los que se hizo (la mayoría de los reportes coinciden en reportar promedios o medianas de concentraciones), se hace utilizando unidades de microplásticos por unidades de volumen (e.g. microplásticos/m³). Las unidades promedio más utilizadas pueden verse, en términos porcentuales, en la Figura 23.

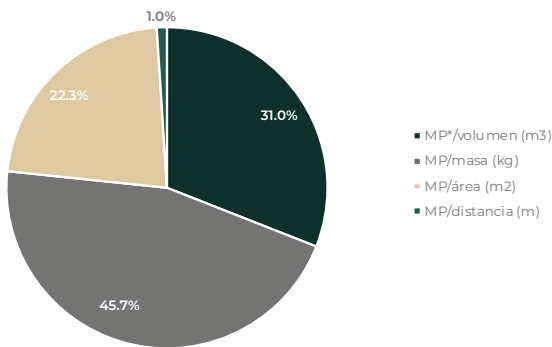


Figura 23. Distribución porcentual de las unidades más usadas en los estudios analizados

Nota: además de microplásticos, también es común encontrar fibras por metro cúbico en muestras de agua

Particularmente para la biota (que en este caso los estudios abordados se centran en fauna, se reportan concentraciones promedio. No obstante, lo más común es dar a conocer las concentraciones totales en unidades de microplásticos por el número total de organismos.

En el caso de los muestreos en aguas superficiales o a lo largo de la columna vertical, la mayoría de las muestras son de agua de mar, con casi el 64 %; el segundo lugar lo ocupan lagunas (interiores o costeras) (Figura 24).

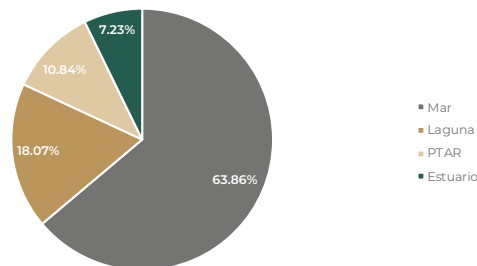


Figura 24. Distribución porcentual de los ambientes o sitios en los que se han recolectado muestras de agua (superficial o en columna).

Nota: se incluyen plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) que descargan directamente al medio marino

En el caso de los sedimentos, la mayoría de los sitios de muestreo son desembocaduras de ríos, con más de 51 % de las muestras, tal como se puede ver en la Figura 25. En las bahías y en las lagunas (mayormente costeras), se han tomado menos del 20 %. Los sitios menos representados son las presas o embalses.

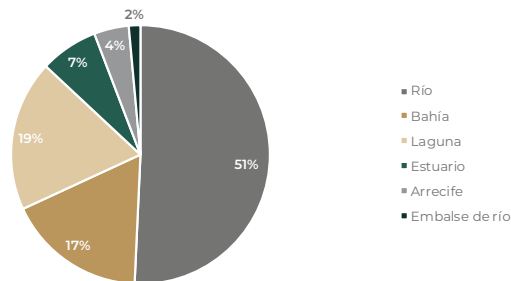


Figura 25. Distribución porcentual de los ambientes o sitios en los que se han recolectado muestras de sedimentos de fondo

Esta situación es interesante porque dada la dinámica de transporte de contaminación plástica en las corrientes de aguas interiores, las presas actúan como reservorios de contaminación, por lo que resulta imperativo conocer el estado de los embalses en términos de presencia de dichos contaminantes.



Anexo 14. Instituciones participantes en estudios de microplásticos y residuos plásticos

Esta investigación mostró que al menos 65 instituciones se dedican al estudio de la presencia de residuos plásticos y microplásticos en diversos compartimentos ambientales. En la mayoría de los casos, los estudios incursionan en ambas líneas de investigación (56 en microplásticos, 20 en plásticos, y 65 considerando las instituciones repetidas).

La Tabla 27 muestra a las instituciones que han realizado investigación aplicada en microplásticos, especialmente en lo referente al muestreo y caracterización.

Tabla 27. Instituciones educativas y Organismos de la Sociedad Civil que han hecho investigación en materia de microplásticos

Siglas	Institución	No. de sitios estudiados	Referencias
UABC	Universidad Autónoma de Baja California	320	(55, 56, 65-70, 57-64)
UAM AZC	Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco	81	(55, 65, 75-77, 67-74)
CIEMAD-IPN	Centro Interdisciplinario de Investigaciones y Estudios sobre Medio Ambiente y Desarrollo del Instituto Politécnico Nacional	49	(78-84)
UW	Universidad de Wisconsin	47	(55, 62, 64, 85-87)
UNAM-ICML	Universidad Nacional Autónoma de México-Instituto de Ciencias del Mar y Limnología	44	(63, 88-92)
ISSPEBC	Instituto de Servicios de Salud Pública Del Estado de Baja California	37	(58, 62, 64)
AMRE USA	Algalita Marine Research and Education, USA	36	(62, 64)
UNAM-FC	Universidad Nacional Autónoma de México-Facultad de Ciencias	30	(91, 93, 94)
UAM IZT	Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa	14	(80, 95)
CICIMAR-IPN	Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del Instituto Politécnico Nacional	10	(84, 86, 87, 96, 97)
CEPROBI-IPN	Centro de Desarrollo de Productos Bióticos del Instituto Politécnico Nacional	10	(79, 80, 82, 84)
CMP+L-IPN	Centro Mexicano para la Producción más Limpia del Instituto Politécnico Nacional	9	(80-82, 84)
UABCS	Universidad Autónoma de Baja California Sur	8	(79, 98, 99)
PQ-UNAM	Posgrado en Química de la Universidad Nacional Autónoma de México	8	(85)
ENES YUC-UNAM	Escuela Nacional de Estudios Superiores de la UNAM, Unidad Yucatán	7	(92)





Siglas	Institución	No. de sitios estudiados	Referencias
UF, USA	Universidad de Florida, USA	7	(92)
ITSTB	Instituto Tecnológico Superior de Tierra Blanca	6	(100)
UG	Universidad de Guanajuato	6	(100)
UAEH	Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo	6	(100)
UASLP	Universidad Autónoma de San Luis Potosí	6	(100)
UMAR	Universidad del Mar	4	(96, 101)
U de G	Universidad de Guadalajara	4	(97)
ENCB-IPN	Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional	4	(97)
ESIA-IPN	Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura del Instituto Politécnico Nacional	4	(80, 84)
UACH	Universidad Autónoma de Chihuahua	3	(80)
Universidad de Calcuta	Universidad de Calcuta	3	(84)
UT, USA	Universidad de Texas	3	(102)
UA, USA	Universidad de Auburn	3	(102)
SOMERS	Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología Aplicada a Residuos Sólidos	3	(65)
CINVESTAV-IPN	Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional	2	(78)
Geología-UNAM	Instituto de Geología de la UNAM	2	(78)
FCM-UAS	Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad Autónoma de Sinaloa	2	(63, 87)
Pelagios Kakunja AC	Pelagios Kakunja AC	2	(86, 87)
US, Italia	Universidad de Siena (Italia)	2	(99, 103)
ISPRA, Italia	Instituto para la Protección e Investigación Ambiental	2	(99, 103)
UNAM-FVZ	Universidad Nacional Autónoma de México-Facultad de Veterinaria y Zootecnia	1	(104)
ECOSUR	El Colegio de la Frontera Sur, Unidad Campeche	1	(105)
EPOMEX-UACAM	Instituto de Ecología, Pesquería y Oceanografía del Golfo de México de la Universidad Autónoma de Campeche	1	(105)
UPAEP	Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla	1	(81)
Universidad Rovira I Virgili	Universidad Rovira I Virgili	1	(81)
Ghent	Universidad de Gante, Bélgica	1	(63)





Siglas	Institución	No. de sitios estudiados	Referencias
ITSon	Instituto Tecnológico de Sonora	1	(63)
CIBN-CONACYT	Centro de Investigaciones Biológicas del Noreste-CONACYT	1	(63)
UFP	Universidade Federal de Pernambuco	1	(63)
FARMC, USA	Fins Attached Marine Research and Conservation	1	(86)
ITBB	Instituto Tecnológico de Bahía de Banderas	1	(87)
MMC	The Manta Trust-Manta México Caribe	1	(87)
IQOG-CSIC, España	Instituto de Química Orgánica	1	(103)
ConCiencia México AC	Tiburón Ballena México: Proyecto de ConCiencia México AC	1	(103)
UPSin	Universidad Politécnica de Sinaloa	1	(91)
ColSin	El Colegio de Sinaloa	1	(91)
UM, Italia	Universidad de Messina, Italia	1	(99)
Tuscany Region TDCEMW	Technical Department Civil Engineering and Marine Works, Tuscany Region	1	(99)
Thetys	Thetys Research Institute, Milano, Italia	1	(99)
U de Groningen	Marine Evolution and Conservation Centre for Ecological and Evolutionary Studies, University of Groningen, NL	1	(99)
USB	Universidad Simón Bolívar	Artículo de revisión	(106)

En la Figura 26 se ilustra la ubicación geográfica de las instituciones mencionadas en la Tabla 27, así como el número de sitios muestreados a nivel nacional (sin considerar extensión territorial). Es decir, el número de sitios reportados no refleja la variedad de sitios de estudio o la extensión de los proyectos incluidos, sino el número de sitios en donde se reportaron concentraciones, los cuales pueden ser puntos altamente diversos en todo el país (107), o estudios altamente concentrados, como el análisis de Bahía de Todos los Santos, Baja California (108).



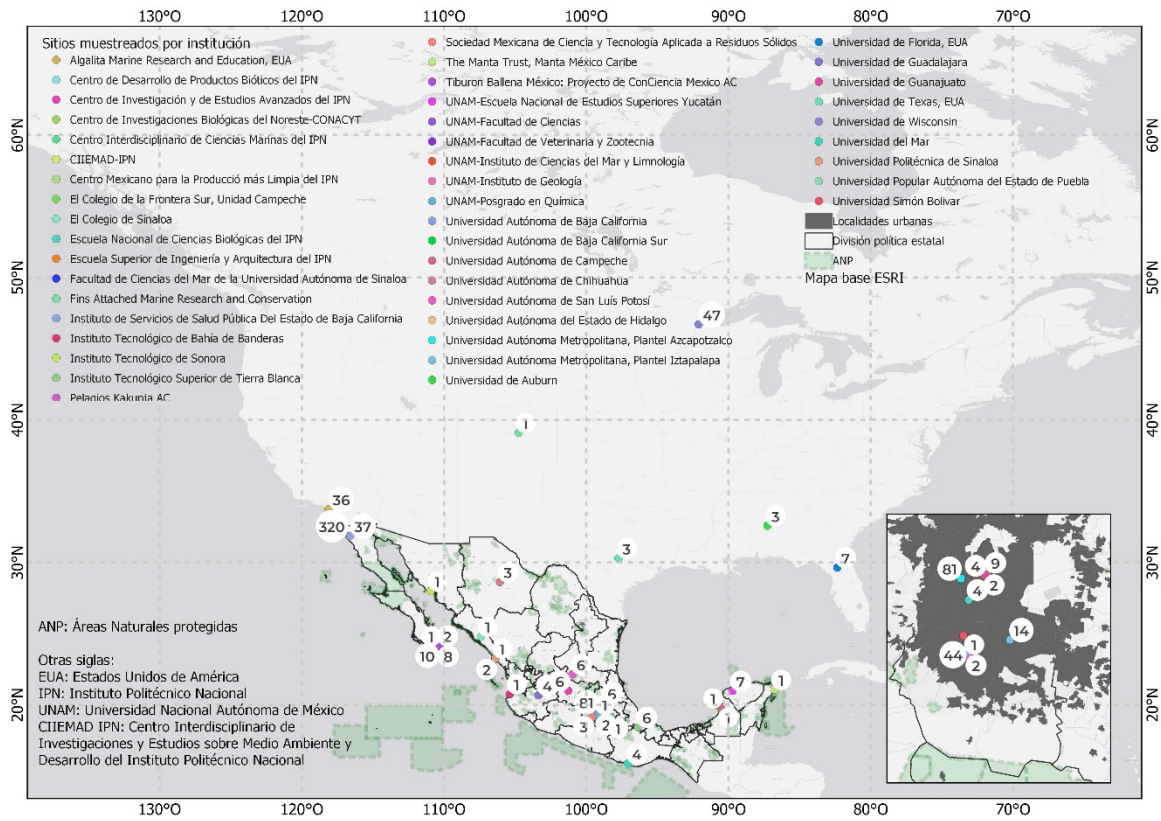


Figura 26. Instituciones nacionales y extranjeras (sin contar la representación gráfica de las europeas y asiáticas), que han realizado investigación en el tema de microplásticos en México

En la Figura 26 sólo se muestran las instituciones de México y Estados Unidos, por los alcances de la representación gráfica. No obstante, hay al menos once instituciones europeas (sobre todo de España e Italia) y una asiática (India), que también han participado, en colaboración con instituciones nacionales, en la evaluación y caracterización de microplásticos en ambientes marinos del país. Todos los estudios en los que participan instituciones extranjeras, salvo uno (102), son estudios en cooperación con instituciones nacionales.

Por otro lado, la Figura 27 sintetiza los datos de la Tabla 27. Destacan los esfuerzos en individual y en colaboración de instituciones como la Universidad Autónoma de Baja California (UABC), la Universidad Autónoma Metropolitana – Unidad Azcapotzalco (UAM AZC) o el Centro Interdisciplinario de Investigaciones y Estudios sobre Medio Ambiente y Desarrollo del Instituto Politécnico Nacional (CIEMAD-IPN), que han realizado, todas, muestreos en más de 80 sitios a nivel nacional.

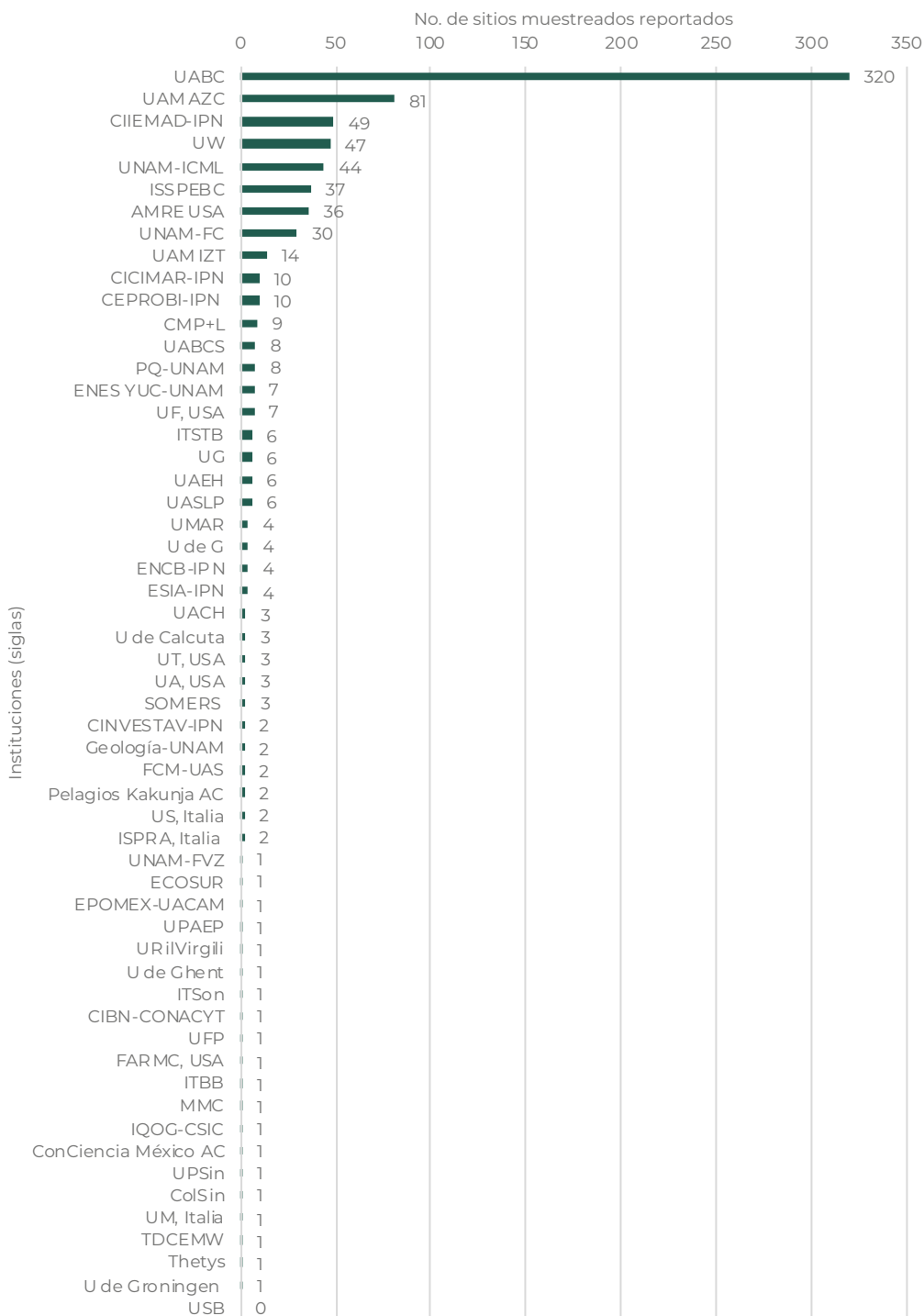


Figura 27. Instituciones y sitios muestreados en materia de microplásticos en regiones costeras en México

Considerando en conjunto los estudios acumulados de las diversas sedes pertenecientes a una sola institución, la UABC (320) ocuparía el primer lugar en sitios estudiados, seguida de la UAM (95), la UNAM

(92) y finalmente, el IPN (88), tal como se aprecia en la Figura 28.





Figura 28. Condensado de Instituciones nacionales y extranjeras que se dedican al estudio de microplásticos en México

Destaca también la participación (en colaboración con entidades mexicanas), de la Universidad de Wisconsin (EUA), el Instituto de Servicios de Salud Pública del Estado de Baja California (ISSPEBC), y la AMRE (Algalita Marine Research and Education) (EUA).

Por su parte, las instituciones que han abordado el tema de contaminación por residuos plásticos (con estudios reportados) se presentan en la Tabla 28.

Tabla 28. Instituciones que participan en la caracterización y monitoreo de residuos sólidos urbano y plásticos en medio marino

Siglas	Institución	No. de sitios estudiados	Fuentes
UAM AZC	Universidad Autónoma Metropolitana, Plantel Azcapotzalco	33	(67, 73, 76, 109-112)
UABC	Universidad Autónoma de Baja California	31	(15, 62-65)
Greenpeace	Greenpeace	20	(113)
ITVER	Instituto Tecnológico de Veracruz	20	(113)
Colectivo Interdisciplinario de Ciencia Aplicada y Derecho Ambiental A.C.	Colectivo Interdisciplinario de Ciencia Aplicada y Derecho Ambiental A.C.	20	(113)
ITERCHAM	Instituto Tecnológico Superior de Champotón	7	(114)
ITSTB	Instituto Tecnológico Superior de Tierra Blanca	6	(100)
UG	Universidad de Guanajuato	6	(100)
UAECH	Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo	6	(100)
UASLP	Universidad Autónoma de San Luis Potosí	6	(100)
UCOL – FACIMAR	Universidad de Colima - Facultad de Ciencias Marinas	3	(115)



Siglas	Institución	No. de sitios estudiados	Fuentes
UDG-DEDSZC	Universidad de Guadalajara - Departamento para el Desarrollo Sustentable de Zonas Costeras	3	(115)
CICIMAR-IPN	Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del Instituto Politécnico Nacional	2	(86, 87)
Pelagios Kakunja AC	Pelagios Kakunja AC	2	(86, 87)
UW	Universidad de Wisconsin	2	(86, 87)
UV	Universidad Veracruzana	1	(116)
FARMC, USA	Fins Attached Marine Research and Conservation	1	(86)
ITBB	Instituto Tecnológico de Bahía de Banderas	1	(87)
MMC	The Manta Trust	1	(87)
UAS - FACIMAR	Universidad Autónoma de Sinaloa - Facultad de Ciencias Marinas	1	(87)

Adicionalmente se mencionan instituciones que, aun cuando no cuenten con publicaciones arbitradas o reportes de resultados disponibles, se dedican a realizar monitoreo ambiental e informar sobre la presencia de residuos en zonas costeras de nuestro país. Estas instituciones, usualmente de la sociedad civil, cuentan además con labores de educación ambiental y son un punto vital en la articulación entre comunidades y autoridades locales. La gran

mayoría de las aquí mencionadas participaron de forma activa en la realización de los Talleres de re-orientación del Inventario Nacional de Fuentes de Contaminación Plástica.

Las instituciones descritas en la Tabla 28 se muestran en la Figura 29.

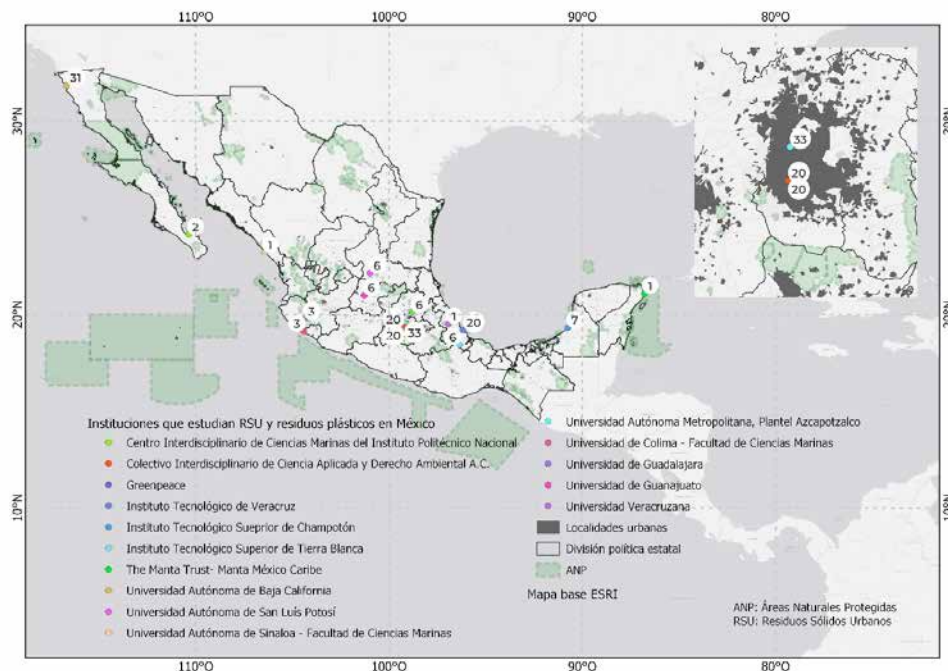


Figura 29. Instituciones que estudian RSU y residuos plásticos en México





A diferencia de los estudios sobre microplásticos, en el caso de las investigaciones sobre residuos plásticos se observa una mayor proporción de instituciones tecnológicas superiores. En términos de sitios muestreados, la UABC y la UAM-Unidad Azcapotzalco lideran, aunque organismos no gubernamentales, como Greenpeace, también ocupan un papel protagónico en el reporte y caracterización. Adicionalmente, se aprecia una menor participación por parte de instituciones internacionales.





Anexo 15. Solicitudes de información en materia de vertimientos

Para conocer sobre la situación de los vertimientos de residuos sólidos portuarios en los últimos cuatro años en el país, se realizaron diferentes solicitudes a través de la Plataforma Nacional de Transparencia a veintidós dependencias federales con competencia en la zona marítima del país en temas relacionados con permisos en materia ambiental.

Dieciséis de ellas fueron dirigidas a la Administración del Sistema Portuario Nacional de cada uno de los puertos ubicados a lo largo del país, mientras que las restantes se enviaron a la Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca (CONAPESCA), Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), Instituto Nacional de Pesca (INAPESCA), Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) y la Secretaría de Marina (SEMAR).

Se solicitó información relacionada con los vertimientos legales de residuos sólidos portuarios en los diferentes municipios costeros del país (número de permisos, fecha de vertimiento, tipo y volumen de los residuos vertidos, la zona donde se realizó el vertimiento y las medidas de control y prevención marina para cada caso), así como información relacionada con alguna denuncia ciudadana o de autoridades locales sobre vertimientos irregulares o ilegales en zonas costeras.

Todas las solicitudes se realizaron el 18 de agosto de 2022 y, para el 15 de septiembre del mismo año, se habían recibido quince respuestas pertenecientes a once Administraciones de los Sistemas Portuarios Nacionales, SEMAR, CONAGUA, CONAPESCA e INAPESCA. En la mayoría de las respuestas recibidas las dependencias declararon que la información relacionada con la solicitud es inexistente en sus archivos y en su base datos, o que no están facultadas para emitir permisos de vertimientos (a excepción de la SEMAR, que sí está facultada).

Respecto a la respuesta recibida por la SEMAR, se menciona que de acuerdo con la Ley de Vertimientos en las Zonas Marinas Mexicanas vigente (2020) en su artículo tercero bis (y el Anexo II) no se considera como trámite de vertimiento a los residuos sólidos portuarios, y que, respecto al tema de verti-

mientos y contaminación por buques, es aplicable el Protocolo de 1996 relativo al Convenio sobre la prevención de la contaminación del Mar por vertimiento de desechos y otras materias, y el convenio internacional para prevenir la contaminación por los buques (MARPOL), respectivamente.

Además de la información proporcionada por la SEMAR, se recibió por parte de dos Administraciones de los Sistemas Portuarios Nacionales (Salina Cruz y Ensenada) información detallada sobre vertimientos de residuos en sus respectivas jurisdicciones. Respecto a la Administración del Puerto de Salina Cruz, la respuesta señala que en los últimos cuatro años se han emitido dos permisos de vertimientos. Sin embargo, estos vertimientos no califican como residuos ya que son utilizados como material de construcción de acuerdo con el artículo 5, fracción XXIX de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos.

Estos vertimientos se realizaron en la zona definida por las coordenadas Lat. 16° 9'23.49"N, Long. 95° 12'0.68"O (centro aproximadamente del polígono) y las acciones de control, monitoreo y prevención de contaminación marina implementadas son:

- Programa de implementación y monitoreo del sistema de mallas de caracol púrpura (*Policopurpura pansa*)
- Programa de control y seguimiento de la calidad del agua y del fondo marino
- Programa de monitoreo, rescate, reubicación y ahuyentamiento (sic.) de fauna terrestre y marina
- Programa de rescate de las especies marinas de lento o nulo desplazamiento, como cnidarios, moluscos, equinodermos, crustáceos

Por último, la Administración del Sistema Nacional Portuario de Ensenada brindó información sobre los permisos de vertimientos emitidos por dicha entidad en los últimos cuatro años como se muestra en la Tabla 29.





Tabla 29. Permisos de vertimientos emitidos por la Administración del Sistema Portuario Nacional de Sonora

Autorización de vertimiento	Fecha	Tipo de material	Volumen vertido	Localización del sitio de vertimiento	
				Latitud	Longitud
Of. Núm B.- 816/2020 DP. - 160/2020	24/07/2020	Lodos, gravas y arenas	520,000 m ³	31°43'36.8" 31°41'36.4"	116°49'49.6" 116°47'29.0"
Of. Núm. B.- 40/2021 DP. -002/2021	13/01/2021	Lodos, gravas y arenas	520,000 m ³	31°43'36.8" 31°41'36.4"	116°49'49.6" 116°47'29.0"
Of. Núm B.- 1072/2021 DP. -215/2021	01/09/2021	Lodos, gravas y arenas	520,000 m ³	31°46'44.70" 31°45'44.29"	116°53'37.69" 116°52'27.32"

Respecto a las medidas de control, monitoreo y prevención de la contaminación que se han implementado por las autoridades durante los vertimientos se encuentran:

- Queda prohibido el vertimiento de cualquier tipo de desecho o sustancia procedente de las embarcaciones, maquinaria y/o cualquier otro equipo que lleve a cabo las operaciones de vertimiento, así como cualquier material no amparado por los permisos.
- Llevar a cabo registros fotográficos que muestre las condiciones de las zonas autorizadas para realizar las actividades de vertimiento (columna de agua y lecho marino).
- Programa de actividades donde se especificó cómo se llevó a cabo el vertimiento, el tiempo de duración y cantidad programada de material a verter.
- Análisis de muestras de sedimentos tomadas en el área a dragar, considerando granulometría, materia orgánica total, coliformes totales y fecales, así como enterococos y salmonela.
- Informe técnico de los resultados de análisis físicoquímicos y bacteriológicos (turbidez, sólidos suspendidos totales, sólidos disueltos, DBO, coliformes fecales y totales, así como enterococos y Salmonela) de cinco muestras de agua tomadas dentro de la zona de tiro autorizado.
- Llevar bitácoras de vertimiento.
- Durante las actividades de vertimiento se deberá suspender las actividades cuando se presente las siguientes situaciones:

□ Al advertir la presencia u ocurrencia de un fenómeno meteorológico que por su magnitud e intensidad ponga en riesgo la vida humana o que pudiera causar daños a los ecosistemas.

□ En caso de contingencia ambiental generada por las actividades de vertimiento.

No se recibió respuesta respecto a denuncias ciudadanas o de autoridades locales sobre vertimientos irregulares o ilegales.





Anexo 16. Cálculo de indicadores de los Objetivos de Desarrollo Sostenible

Las Tablas 30 y 31 presentan los valores y fórmulas utilizadas en el cálculo de los indicadores del ODS 12, para la meta 12.2.

Tabla 30. Datos empleados en el cálculo de indicadores de ODS

Datos	Fuente	Valor	Unidades
Consumo aparente de plásticos	Resultado de la aplicación de la herramienta, con datos de COMTRADE	8,371.00	kt/año
Generación de residuos plásticos	(8)	5,801.80	kt/año
Población	(9)	128,900,000	Habitantes
PIB	Banco Mundial (117)	1,075,889,630,000.00	Dólares

Tabla 31. Cálculo de indicadores de ODS

Indicador	Cálculo	Valor	Unidades
Huella de plásticos per cápita	Generación de residuos plásticos / población	45.01	kg/hab/año
Huella de plásticos por PIB	Generación de residuos plásticos / PIB	5.39	g _{plástico} /USD
Consumo de plásticos per cápita	Consumo aparente de plásticos / población	64.94	kg/hab/año
Consumo de plásticos por PIB	Consumo aparente de plásticos / PIB	7.78	g _{plástico} /USD



Anexo 17. Indicadores de calidad del agua en el medio marino

En este anexo se analiza a detalle el comportamiento en zonas costeras de los distintos parámetros utilizados para evaluar la calidad del agua en México.

17.1. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅)

En la Figura 30 se presenta el mapa de la DBO₅ en la zona costera de México. Se puede observar que hay un número considerable de puntos de muestreo en los cuales dicha información no está disponible. Es decir, tan solo el 9 % de los sitios costeros monitoreados tiene datos disponibles, lo que representa un desconocimiento del cumplimiento del parámetro en más del 91 % de los puntos susceptibles de monitoreo.

Casi todos los sitios con información disponible cumplen con el límite máximo permisible (LMP), pues de acuerdo con los datos del SINA sólo hay un registro con concentraciones mayores a 30 mg/l (que es el LMP). Este sitio se ubica en la desembocadura del Río Baluarte, muy cerca de la laguna costera del Huizache, en Sinaloa, y presenta una concentración de 47.2 mg/l (118).

17.2. Demanda química de oxígeno (DQO)

En la Figura 31 se presenta el mapa del monitoreo de DQO en los diferentes sitios de la costa. Se aprecia que, al igual que en el caso anterior, existen puntos de muestreo en los que la información no está disponible, por lo que no es posible clasificar el estado de cumplimiento.

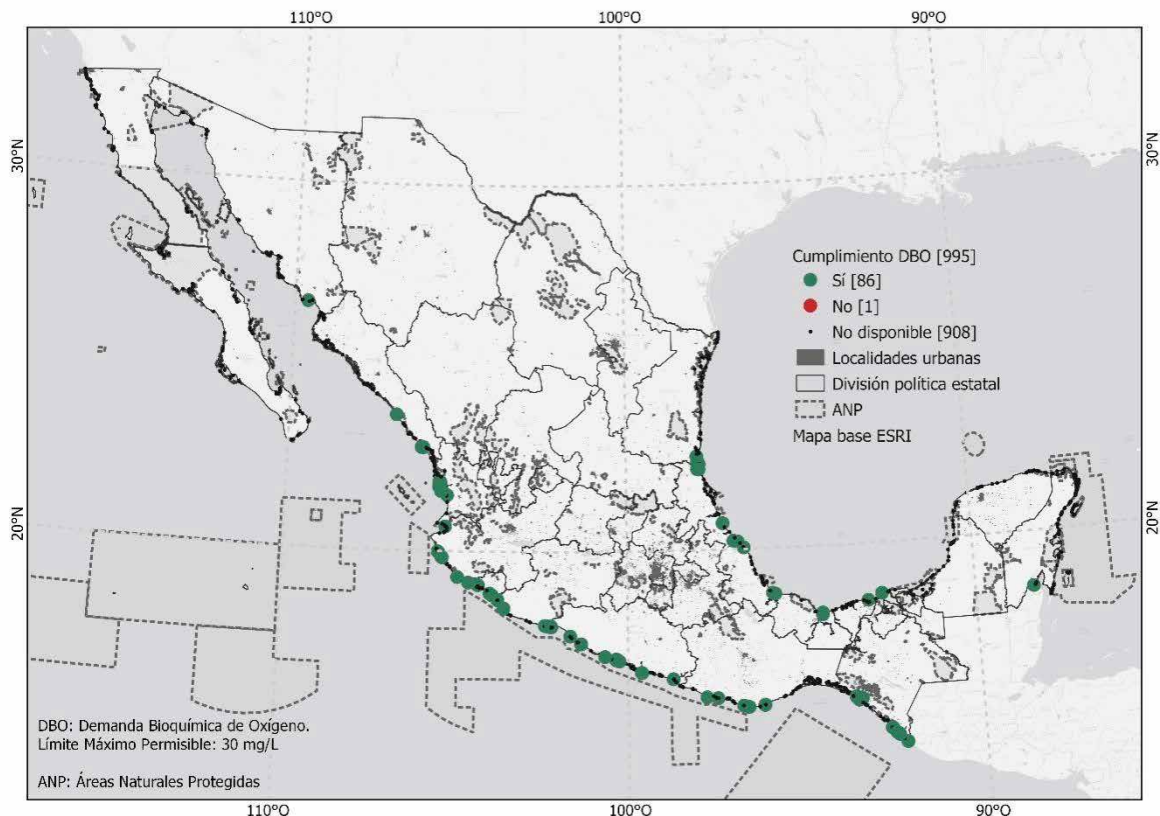


Figura 30. Estatus de cumplimiento de los LMP de parámetros de calidad de agua superficial en zonas costeras: DBO₅ en aguas superficiales

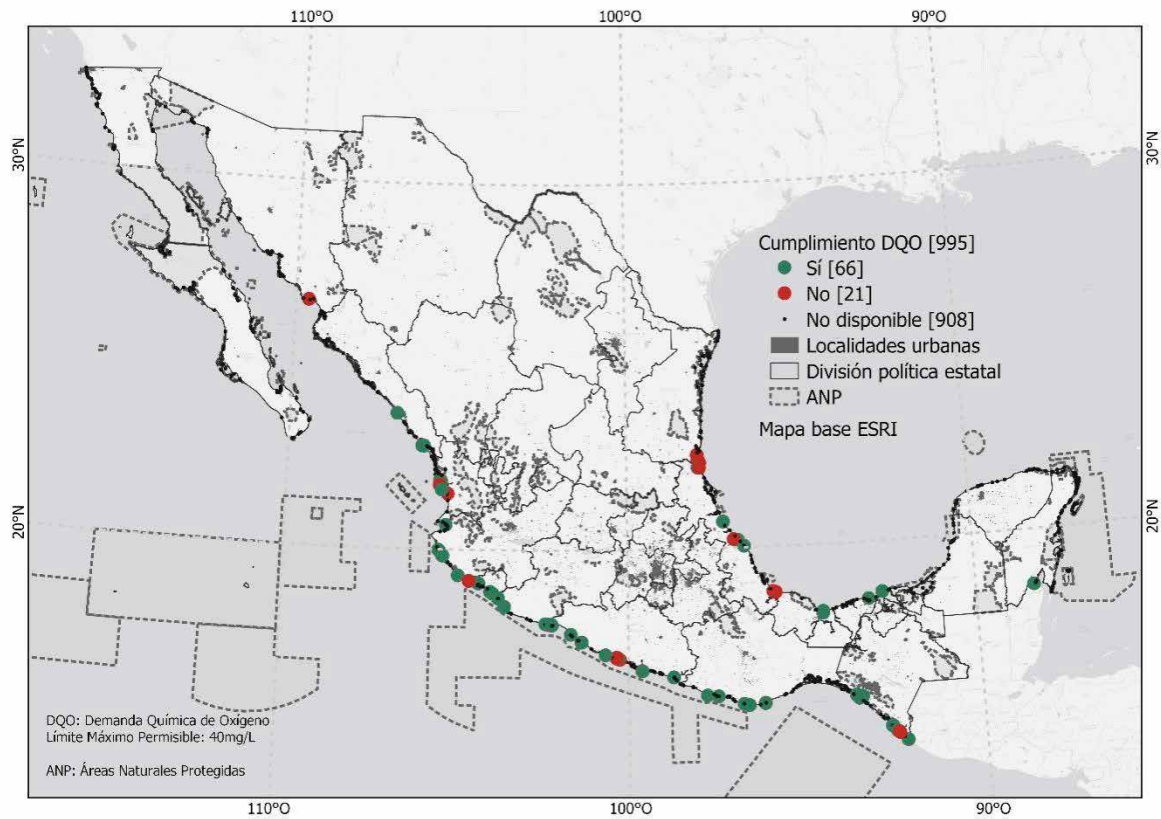


Figura 31. Estatus de cumplimiento de los LMP de parámetros de calidad de agua superficial en zonas costeras: DQO en aguas superficiales

Para el caso de los sitios en donde sí se midió este parámetro, se evidencia que hay un incumplimiento de los LMP (40 mg/l) en 21 sitios (un tercio de los LMP (40 mg/l) en 21 sitios (un tercio de los puntos con mediciones disponibles), de los cuales, casi 60 % se concentran en tres estados: Tamaulipas, Guerrero y Veracruz, tal como se observa en la Figura 32.

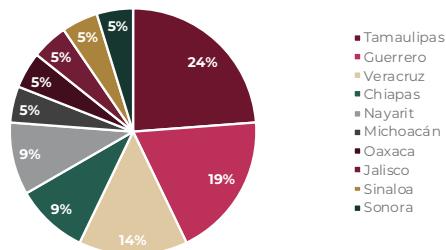


Figura 32. Distribución porcentual de sitios que no cumplen los LMP de DQO a nivel estatal

El desglose de los sitios que no cumplen con los LMP de DQO puede verse en la Tabla 32; todos ellos están considerados como contaminados por CO-NAGUA (119).



Tabla 32. Sitios en zonas costeras que no cumplen con los LMP en materia de DQO

Lugar	Entidad	Concentración (mg/l)
Zona sujeta a conservación ecológica Cabildo-Amatal 1	Chiapas	64.8
Zona sujeta a conservación ecológica Cabildo-Amatal 2	Chiapas	60.48
Mar - Desembocadura Laguna Tres Palos	Guerrero	75.142
Laguna de Mitla 1	Guerrero	40.5
Laguna de Mitla 3	Guerrero	45.86
Laguna de Mitla 4	Guerrero	65.14
Desembocadura Río Marabasco	Jalisco	41.5
Laguna Costera El Caimán 3	Michoacán	81
Marismas Nacionales 4 [Zona Estuarina]	Nayarit	53.825
La Tovar 2 (La Tovar)	Nayarit	50.825
Cuencas y Corales de la Zona Costera de Huatulco 6	Oaxaca	145.5
Río Baluarte 1	Sinaloa	47.175
Cero	Sonora	63.575
Marismas Altamira Sur	Tamaulipas	92.03
Laguna El Conejo Norte	Tamaulipas	90.02
Laguna El Conejo, Salida	Tamaulipas	99.55
Río Barberena Aquiles Serdán	Tamaulipas	89.043
Canal de la Cortadura, Zona Centro de Tampico	Tamaulipas	58.07
Sist. Lagunar Alvarado (Papaloapan)	Veracruz	43
Sist. Lagunar Alvarado (Alvarado)	Veracruz	56.09
Tres Encinos	Veracruz	40.142

17.3. Sólidos suspendidos totales (SST)

La mayoría de los 995 puntos que presentan valores tienen estatus de cumplimiento (concentraciones por debajo de 150 mg/l). Sólo en un sitio no hay in-

formación disponible, y únicamente 25 de los 995 sitios monitoreados no cumplen con los LMP, tal como puede verse en la Figura 33.

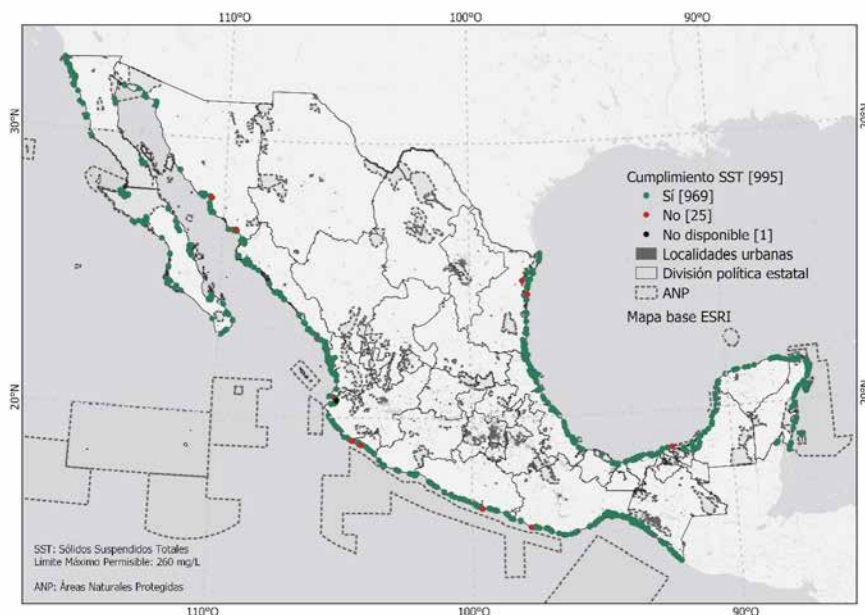


Figura 33. Estatus de cumplimiento de los LMP de parámetros de calidad de agua superficial en zonas costeras: SST



La información específica de los 25 sitios que incumplen con el LMP se presenta en la Tabla 33.

Tabla 33. Sitios en zonas costeras que no cumplen los LMP de SST

Lugar	Entidad	Concentración (mg/l)
Emiliano Zapata II	Campeche	154
Río Coahuayana 1	Colima	306.5
Desembocadura Río Coahuayana 2	Colima	167.1
Centro Laguna de Juluapan	Colima	179
Canal de Tepalcates	Colima	196.8333
Desembocadura Río Papagayo II	Guerrero	1002.128
Desembocadura Río Marabasco	Jalisco	404.6
Desembocadura Río San Nicolás a Bahía la Alamedas	Jalisco	293
Desembocadura Río Pitillal	Jalisco	331.6667
Desembocadura Río Coahuayana	Michoacán	182.2
Desembocadura Río Nexpa	Michoacán	152.6
Desembocadura del Río Ameca a Playa Nuevo Vallarta	Nayarit	155
Estero El Quelele	Nayarit	159.6
Nuevo Vallarta (Estero El Quelele / Nvo. Vallarta)	Nayarit	173
Desembocadura Río Verde 1	Oaxaca	605.357
Laguna Colorada 1	Oaxaca	329.63
Desembocadura Río Baluarte	Sinaloa	535.5
Río Baluarte 1	Sinaloa	901.5
Humedales de Yavaros-Moroncarit 7	Sonora	349.8
Industrial Pesquera Heras, S.A. de C.V. (Aguas Arriba)	Sonora	180.2
Estero El Soldado 3	Sonora	450.2
Las Guasimas Seg 35, 3 ISA9	Sonora	247.625
Laguna Madre Humedal 3	Tamaulipas	165
Boca Catan	Tamaulipas	180
Golfo de México Laguna Madre	Tamaulipas	199

De los sitios señalados, más de la mitad se concentra en los estados de Sonora (4), Colima (4), Tamaulipas (3) y Jalisco (3) como puede verse en la Figura 34.

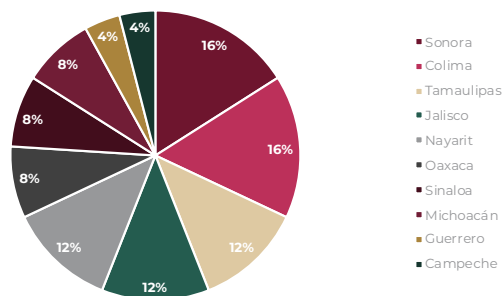


Figura 34. Distribución porcentual de sitios que no cumplen los LMP de SST a nivel estatal

Debe observarse que 17 de los 25 sitios son humedales costeros, de los cuales 9 se ubican en lagunas costeras.

17.4. Coliformes fecales (CF)

En el caso del cumplimiento de los LMP de coliformes fecales, la situación es similar a la información de DBO y DQO, ya que no hay datos para la mayoría de los puntos de monitoreo en las costas nacionales (908), como puede verse en la Figura 35.

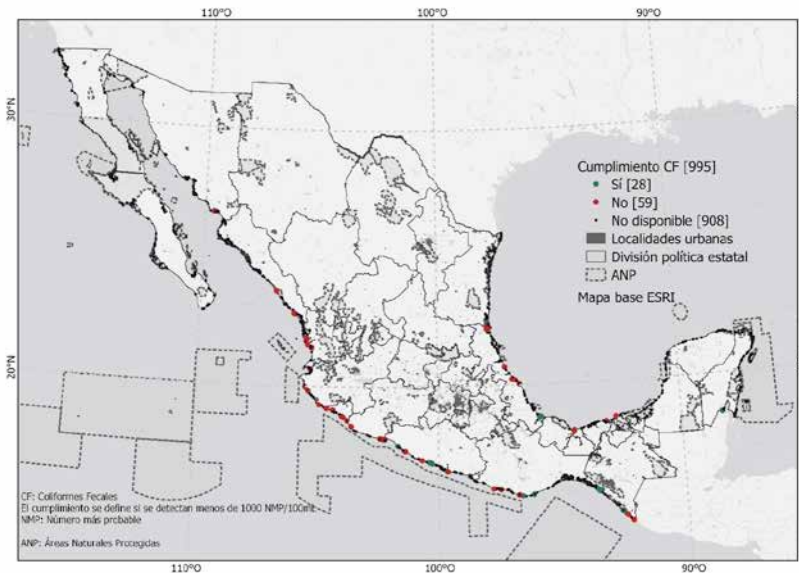


Figura 35. Estatus de cumplimiento de los LMP de parámetros de calidad de agua superficial en zonas costeras: CF

En gran parte de los puntos con información disponible, el parámetro no se cumple (59 sitios) pues se registran más de 1000 NMP/100 ml (Número Más Probable).

Más de la mitad de todos los sitios se concentran en cinco entidades: Nayarit (10), Jalisco (8), Veracruz (7) y Colima y Michoacán con la misma cantidad de sitios (6) (37 de 59 sitios), como puede verse en la Figura 36. La mayor proporción de los sitios en los que no se cumplen con los LMP se encuentran en el estado de Nayarit.

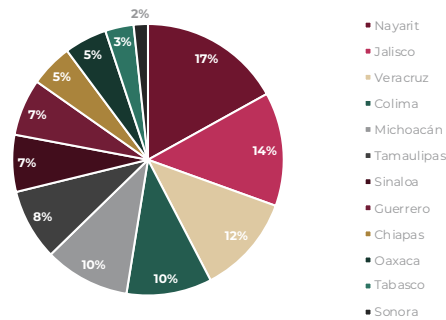


Figura 36. Distribución porcentual de sitios que no cumplen los LMP de CF a nivel estatal

La mayoría de los cuerpos de agua en donde no se cumplen los LMP en materia de CF son humedales costeros, entre los que destacan los estuarios y las vertientes de los ríos, las lagunas y los esteros (Figura 37). Por ejemplo, la mayoría de los puntos de Nayarit que no cumplen con los LMP de CF se en-

cuentran en la Reserva de la Biosfera de las Marismas Nacionales Nayarit.



Figura 37. Cuerpos de agua en los que se ha detectado el incumplimiento del LMP en coliformes fecales

Adicionalmente, aunque todos los sitios presentan un grado de contaminación al rebasar los LMP, el 61 % de ellos están categorizados como “fuertemente contaminados” mientras que el resto (39 %) se clasifican como “contaminados” (Figura 38).

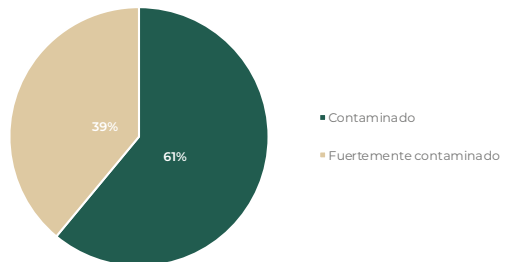


Figura 38. Grado de contaminación de los sitios costeros mexicanos que no cumplen el LMP de CF

Finalmente, las concentraciones medidas en los sitios monitoreados se encuentran entre valores ligeramente superiores al límite (1,100 NMP/100 ml), hasta concentraciones de más de 24,000 NMP/100 ml.

17.5. *Escherichia coli* (*E. coli*)

El comportamiento de este parámetro es similar al de coliformes fecales. La disponibilidad de la información es limitada y es menor la proporción de sitios que cumplen con los LMP, tal como puede verse en la Figura 39. De los 995 sitios costeros monitoreados, más del 91% carecen de información. Del restante 9% (87 sitios), 28 no cumplen con los LMP de *E. coli*.

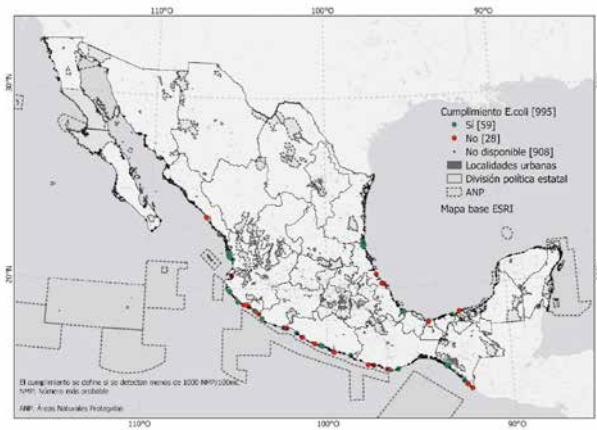


Figura 39. Estatus de cumplimiento de los LMP de parámetros de calidad de agua superficial en zonas costeras: *E. coli*

Los sitios que no cumplen con los LMP se concentran en los estados de Veracruz (5), Colima (4) y Guerrero (4), tal como se puede apreciar en la Figura 40.

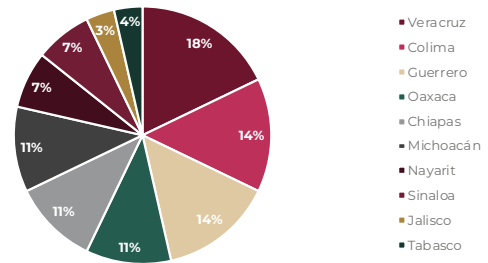


Figura 40. Distribución porcentual de sitios que no cumplen los LMP de *E. coli* a nivel estatal

Los 28 sitios que no cumplen con los LMP de *E. coli* y sus concentraciones se desglosan en la Tabla 34.

Tabla 34. Sitios en zonas costeras que no cumplen los LMP de *E. coli*

Lugar	Entidad	Concentración (mg/l)
Desembocadura del Río Suchiate Seg 74, 2 ISA8	Chiapas	930
Zona sujeta a conservación ecológica Cabildo-Amatal 1	Chiapas	1,500
Zona sujeta a conservación ecológica Cabildo-Amatal 2	Chiapas	1,500
Boca de Pascuales	Colima	5,172
Arroyo Salagua	Colima	3,654
Laguna Valle de Las Garzas Manzanillo	Colima	17,329
Desembocadura Río Coahuayana 2	Colima	4,590
Desembocadura Río Papagayo 11	Guerrero	11,000
Desembocadura Río Tecpan	Guerrero	1,500
Desembocadura Río Petatlan 2	Guerrero	930
Desembocadura Río Petatlan	Guerrero	11,000
Desembocadura Río Marabasco	Jalisco	5,520
Desembocadura Río Coahuayana	Michoacán	3,880
Laguna Costera El Caimán 5	Michoacán	24,196
Río Balsas Corriente Izq Puente	Michoacán	17,329
RH11-1 Presidio-San Pedro (La Batanga)	Nayarit	934
Desembocadura del Río Ameca a Playa Nuevo Vallarta	Nayarit	6,131
Desembocadura del Río Cozoaltepec al Mar Seg 51 ISA 10B	Oaxaca	4,600
Desembocadura del Río Grande al Mar 1 Seg 47 ISA10B	Oaxaca	24,000
Desembocadura Río Verde 1	Oaxaca	2,100

Lugar	Entidad	Concentración (mg/l)
Desembocadura Río Piaxtla	Sinaloa	1,539
Desembocadura Río Baluarte	Sinaloa	6,830
Desembocadura Río Grijalva	Tabasco	2,400
Desembocadura Río Cazones	Veracruz	930
Puente Nautla	Veracruz	4,600
Desembocadura Río Colipa	Veracruz	24,000
Puente Coatzacoalcos I	Veracruz	2,400
Tres Encinos	Veracruz	4,600

Nota: cuatro sitios son clasificados por CONAGUA como contaminados, aunque no rebasan el LMP de 1000 NMP/100 ml.

La mayoría de los sitios contaminados presenta concentraciones menores a 5,000 NMP/100 ml, aunque hay sitios que llegan a registrar casi cinco veces más esa concentración.

Finalmente, los subtipos de cuerpos de agua en los que hay mayor presencia de *E. Coli*, de acuerdo con los datos registrados, son los estuarios, tal como se aprecia en la Figura 41.

17.6. Enterococos fecales (EF)

En el caso de los enterococos fecales existe más información disponible, ya que sólo en 94 de los 995 puntos (menos del 10 % de los sitios monitoreados) no hay datos de concentración (Figura 42).



Figura 41. Tipo de cuerpos de agua en los que se ha detectado el incumplimiento del LMP en materia de *E.coli*

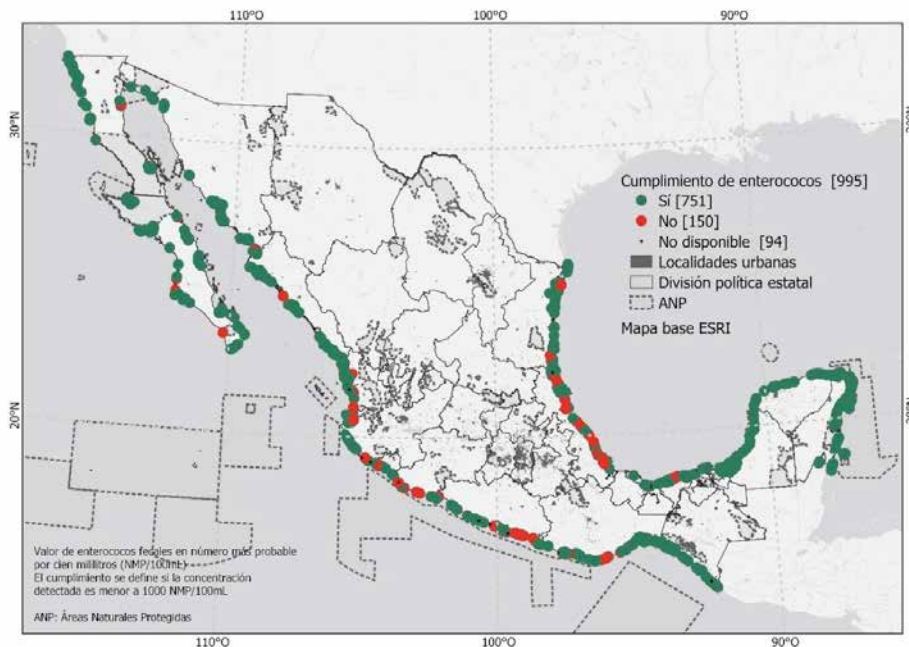


Figura 42. Estatus de cumplimiento de los LMP de parámetros de calidad de agua superficial en zonas costeras: EF

En poco más del 75 % de los sitios se cumple con el LMP de NMP/100 ml. Al igual que en secciones anteriores (coliformes fecales), dado que son muchos puntos que no cumplen, sólo se muestran generalidades del conjunto de datos de los sitios en los que hay concentraciones de enterococos fecales por encima de los LMP.

La distribución de los estados a los que pertenecen los sitios en donde se rebasan los LMP se muestra en la Figura 43. Se aprecia que más del 50% de todos los puntos con algún grado de contaminación se encuentran en Veracruz y Guerrero (31% y 25% respectivamente).

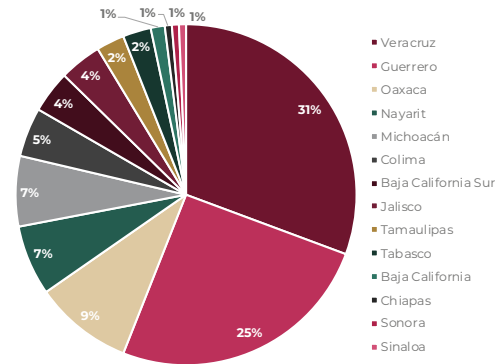


Figura 43. Distribución porcentual de sitios que no cumplen los LMP de EF a nivel estatal

La mayoría de los sitios con presencia de contaminación son las aguas costeras directamente frente a las playas o las lagunas costeras (Figura 44).

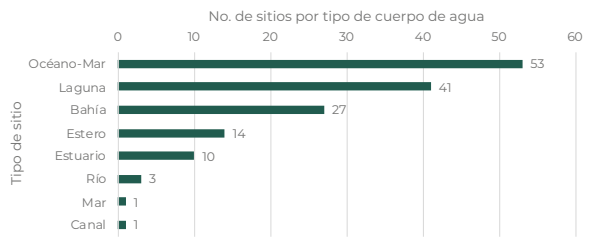


Figura 44. Cuerpos de agua en los que se ha detectado el incumplimiento del LMP en materia de EF

Dada la concentración de sitios monitoreados por encima de los LMP en Veracruz y Guerrero, se hizo un análisis más puntual de las áreas de estos dos estados. En el caso de Veracruz, la mayor cantidad de los puntos por encima de los LMP (12 sitios) se encuentran justo en el Puerto de Veracruz, frente al ANP del Sistema Arrecifal de Veracruz.

Por el otro lado, en el estado de Guerrero, la mayoría de los puntos se encuentran en las playas de las bahías de Acapulco (16 sitios) y justo frente al ANP Parque Nacional el Veladero. La distribución espacial de ambos sitios puede verse en la Figura 45.



Figura 45. Localización de los sitios que no cumplen los LMP de EF en Veracruz y Guerrero

Lo anterior indica que las ANP, independientemente de la regulación que tengan en materia ambiental, son proclives de verse afectadas por este tipo de contaminante que pone en riesgo su ecosistema y los servicios que provee.

La mayoría de los sitios contaminados se encuentran por encima de 100 NMP/100 ml; con más de 500 NMP/100 ml el sitio se considera “fuertemente contaminado”. De los sitios que no cumplen con los LMP, más del 70 % (de un total de 150 sitios) está por encima de los LMP a nivel nacional, lo cual los clasifica como “fuertemente contaminados” (Figura 46).

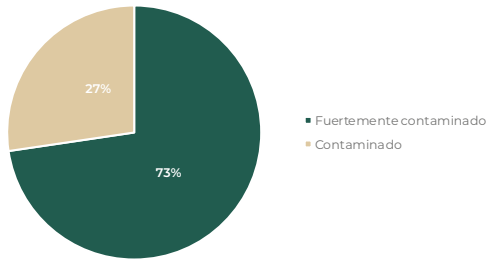


Figura 46. Grado de contaminación de los sitios costeros mexicanos que no cumplen el LMP de EF

17.7. Oxígeno disuelto (OD)

La situación del porcentaje de OD en los sitios costeros de México puede verse en la Figura 47. Se aprecia que la mayoría de los sitios evaluados (943 de 995 sitios) cumplen con los límites máximos permisibles establecidos para este parámetro y que sólo en 12 sitios la información no se encuentra disponible.

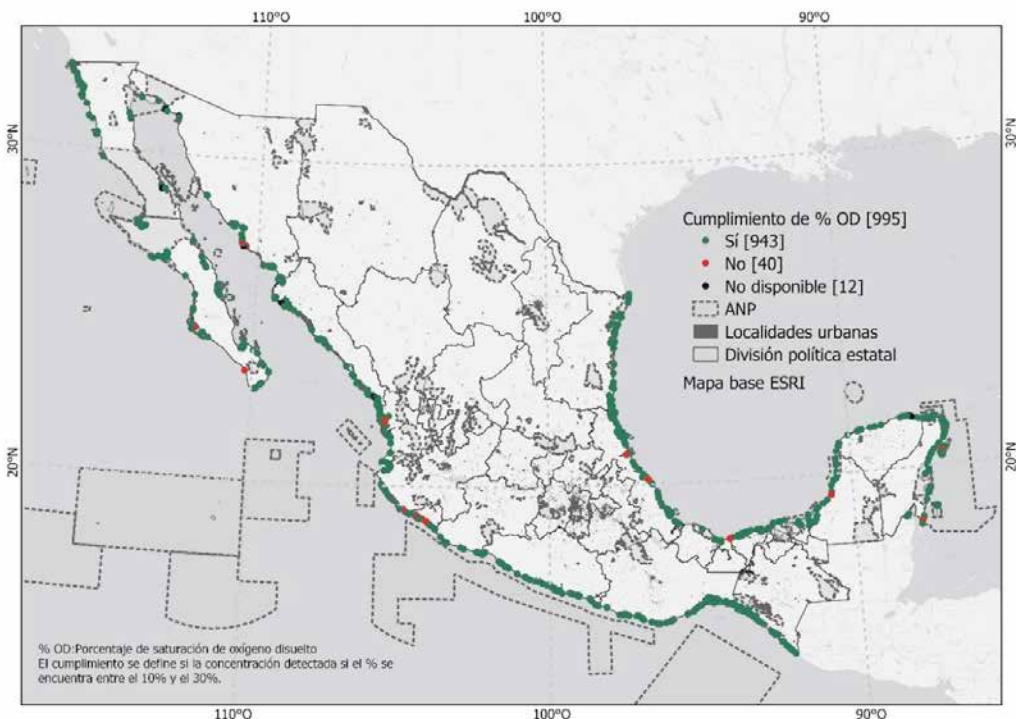


Figura 47. Estatus de cumplimiento de los LMP de parámetros de calidad de agua superficial y columna vertical de aguas en zonas costeras: OD





a información sobre los sitios que no cumplen con los LMP se encuentra en la Tabla 35.

Tabla 35. Concentraciones de oxígeno disuelto de los sitios que no cumplen con el LMP

Nombre del sitio	Entidad	Saturación de OD (superficial)	Saturación de OD (medio)	Saturación de OD (fondo)
Laguna Todos Santos - Centro de la Laguna	Baja California Sur	95.15	ND	146
Bahía Magdalena 1	Baja California Sur	130.6	133	131.4
Desembocadura Río Champotón 2	Campeche	22.7	ND	ND
Desembocadura Arroyo Santiago	Colima	5	ND	ND
El Tunel Cooperativa de Pescadores	Colima	145.4	ND	ND
Colonia Padre Hidalgo-Bonanza	Colima	146.1	ND	ND
Laguna de Cuyutlan 11	Colima	187.7	ND	ND
Carretera Libre Crucero de Cuyutlan	Colima	138.6	ND	ND
Laguna de Coyuca 2	Guerrero	56.2	36.4	24.8
Laguna Salina 1	Guerrero	ND	ND	27.5
Laguna Tecomate 8	Guerrero	26.6	ND	ND
Laguna Tecomate 7	Guerrero	29	ND	ND
Estero la Manzanilla 2	Jalisco	5	ND	ND
Laguna Chalacatepec 1	Jalisco	5	ND	ND
Laguna Chalacatepec 2	Jalisco	13.9	ND	ND
Laguna Costera El Caimán 5	Michoacán de Ocampo	26	ND	ND
Laguna Costera El Caimán 4	Michoacán de Ocampo	26.2	ND	ND
Marismas Nacionales 4 [Zona Estuarina]	Nayarit	88.1	ND	5
Laguna Agua Grande 5 (Estero Teacapan 5)	Nayarit	26.7	ND	ND
Río San Pedro 12	Nayarit	50.1	ND	25.1
La Tovar 3 (Estero El Conchal)	Nayarit	22.4	ND	22.6
Pimientillo (Embarcadero)	Nayarit	5	ND	ND
Laguna Colorada 1	Oaxaca	28.1	ND	ND
Laguna Manialtepec 1	Oaxaca	59.3	46.4	22.3
Playa Niño	Quintana Roo	137.4	ND	ND
Parque Nacional Arrecife de Cozumel 1	Quintana Roo	131.1	ND	ND





Nombre del sitio	Entidad	Saturación de OD (superficial)	Saturación de OD (medio)	Saturación de OD (fondo)
Xcalak 1	Quintana Roo	16	ND	ND
Laguna Huizache 3	Sinaloa	17.9	ND	ND
Maz Industrial, S.A. de C.V. (Aguas Abajo)	Sinaloa	20.1	ND	ND
Maz Industrial, S.A. de C.V. (Frente al Muelle)	Sinaloa	38.4	ND	29.3
Río Mayo 1	Sonora	130.6	ND	ND
Complejo Lagunar Bahía Guasimas-Estero Lobos 1	Sonora	168.8	ND	ND
Bahía de Lobos 1	Sonora	141.7	ND	ND
Sistema Lagunar Agiabampo-Bacrehuis-Río Fuerte Antiguo 5	Sonora	144.9	ND	ND
Sistema Lagunar Agiabampo 4	Sonora	152.4	ND	ND
Barra del Río Tonalá	Tabasco	25.2	ND	74.3
Playa Chachalacas	Veracruz de Ignacio de la Llave	140.2	ND	136.5
Laguna la Mancha (Sur)	Veracruz de Ignacio de la Llave	28	ND	ND
Playa El Raudal	Veracruz de Ignacio de la Llave	136.6	ND	131.6
Tenechaco 2	Veracruz de Ignacio de la Llave	17.9	ND	14.1

Nota 1: Los valores ND son reportados en el conjunto de datos como -999.99

Estos sitios son considerados por la CONAGUA como cuerpos lénticos de agua superficial, es decir, que son cerrados y por lo tanto no tienen corrientes; en ellos el agua no fluye. En este caso el parámetro de oxígeno disuelto se evalúa en la superficie, la zona media y el fondo del cuerpo del agua y cada uno debe tener un porcentaje de 31-130 % para que entre en el cumplimiento del parámetro. Si en una de las tres zonas del cuerpo de agua el valor está fuera del LMP, el resultado final en el sitio es “no cumple” (120).

En la mayoría de los sitios que no cumplen con este parámetro se observa que no tienen disponible el resultado de OD en alguna de las zonas del cuerpo de agua. Sin embargo, también se aprecia que algunos de ellos (por ejemplo, las playas, ríos, arroyos) no deben ser considerados como cuerpos lénticos debido a que si tienen corrientes y el agua fluye en ellos, en este caso se les debe categorizar como cuerpos lóticos de agua superficial.

En general, el parámetro más conocido de OD para estos sitios es el OD superficial y, en menor medida, el medio y el de fondo. Las entidades con más sitios de estudio fuera de los LMP son Colima, Sonora y Nayarit (los tres con 5 sitios) (Figura 48), las cuales concentran poco más de un tercio de los puntos fuera de límite.

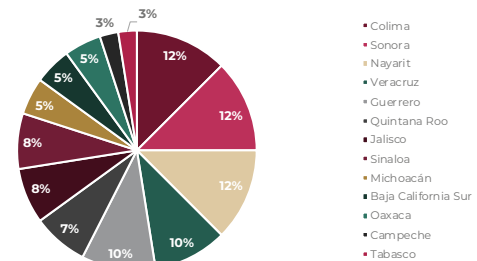


Figura 48. Distribución porcentual de sitios que no cumplen los LMP de OD a nivel estatal



La mayoría de los sitios que no cumplen los parámetros de norma en términos de OD son lagunas costeras (usualmente humedales), como puede apreciarse en la Figura 49.

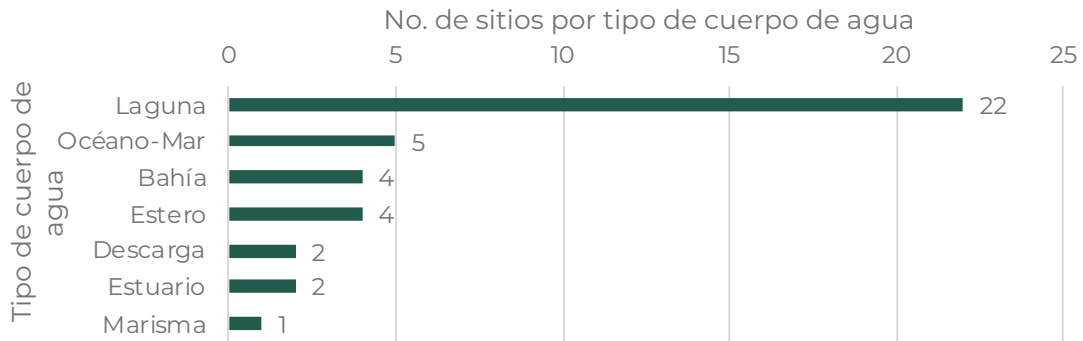


Figura 49. Cuerpos de agua en los que se ha detectado el incumplimiento del LMP en materia de OD

17.8. Toxicidad (Toxicidad *Vibrio fischeri*)

En términos de la evaluación de la toxicidad aguda, todos los puntos monitoreados costeros, salvo uno, cumplen con los parámetros establecidos por CONAGUA, como puede verse en la Figura 50.

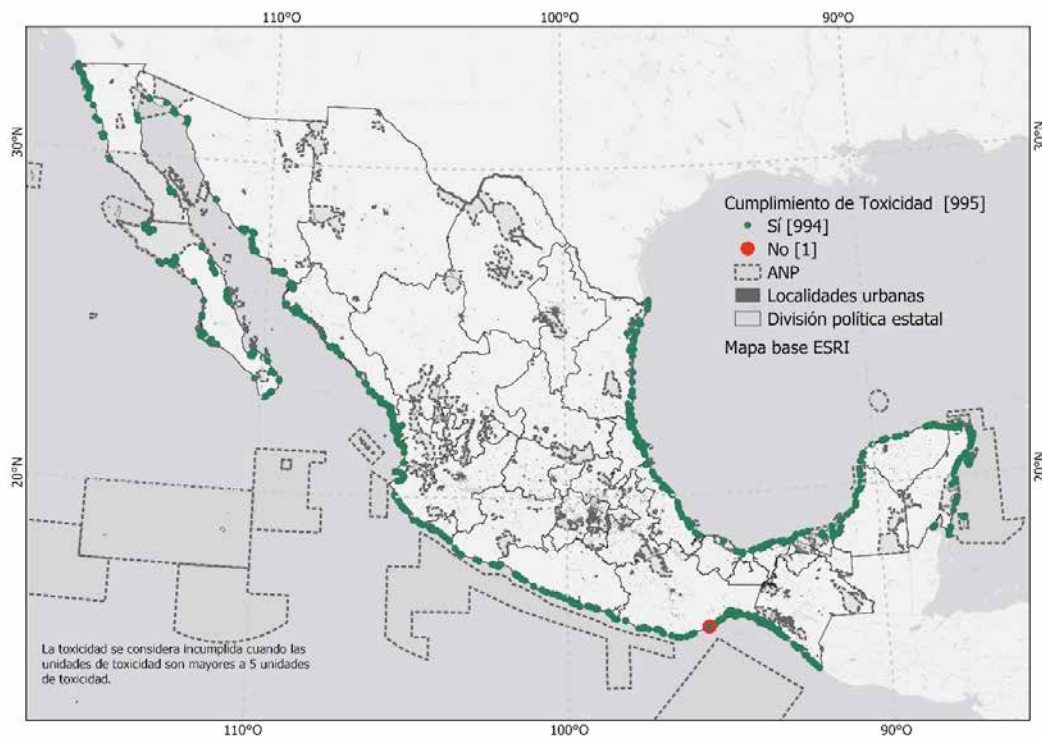


Figura 50. Estatus de cumplimiento de los LMP de parámetros de calidad de agua superficial en zonas costeras: toxicidad *Vibrio fischeri* aguda 15 minutos



El único punto que no cumple con los parámetros de toxicidad *Vibrio fischeri* se encuentra ubicado en la Laguna Colorada, en el municipio de Santiago Astata, Oaxaca, perteneciente a la cuenca del Río Mazatán.

La laguna Colorada forma parte del complejo lagunar La Colorada, el cual está compuesto por escurrimientos temporales, excepto la propia laguna y un manantial dulce-acuícola localizado en el crucero que da acceso a la playa de la Colorada. El mantenimiento de este complejo lagunar es indispensable para las funciones ambientales de la laguna costera, que a su vez se compone de cuatro microcuencas (121).

En lo que respecta a la laguna La Colorada, ésta tiene potencial acuícola. En ella ocurren, tanto procesos físicos (mezcla de aguas marinas y continentales en ciertas épocas del año y presencia perenne de aguas continentales), como otros factores indispensables para la acuicultura. La variabilidad climática ha conllevado a que La Colorada haya permanecido cerrada por algunas temporadas, incluso de varios años, lo cual originó que presentara niveles muy bajos de nutrientes (122).



Anexo 18. Evaluación de la calidad de la información en la aplicación de la metodología de puntos críticos (HOTSPOTS)

A continuación, se presentan los resultados de la evaluación de la calidad de la información, tal como se sugiere en la herramienta (52).

En ésta se asigna un valor de 1 a 5 a los datos de entrada para la modelización. Un índice de calidad de puntos críticos inferior a 3 significa que los resultados de los puntos críticos son lo suficientemente sólidos como para respaldar las decisiones sobre las intervenciones adecuadas, mientras que un índice mayor a 3 sugiere que las fuentes de datos o el enfoque de modelización empleados para generar los resultados, pueden requerir mejoras antes de que se tome cualquier decisión significativa sobre las intervenciones. Los parámetros considerados en la evaluación de la calidad se describen en la Tabla 36.

de polímeros y sectores cumplen con el criterio de calidad que permite la toma de decisiones.

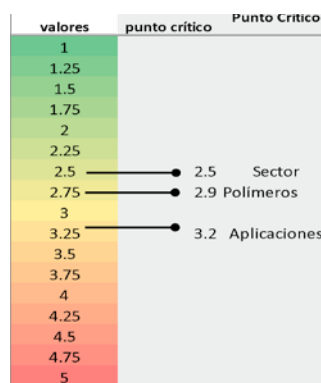


Figura 51. Síntesis de la evaluación de la calidad de información utilizada para alimentar el modelo con la escala sugerida

Tabla 36. Parámetros empleados en la evaluación de la calidad de la información

Parámetro	Descripción
Fiabilidad	Nivel de confianza en la fuente de datos, en función de los métodos de obtención y métodos de verificación disponibles
Correlación temporal	Diferencia entre el año de generación de los datos y el año de aplicación de la herramienta
Correlación geográfica	Discrepancia geográfica entre la zona de estudio los datos obtenidos
Granularidad	Diferencia entre los datos necesarios y datos obtenidos, evalúa si los datos son completos y representativos

Los promedios de cada punto crítico se obtuvieron de la matriz de evaluación. Posteriormente, estos se representaron gráficamente en escala de colores. En esta hoja de cálculo, la matriz de evaluación de "Sector_MFA" y "Sector_EOL" no cambia sustantivamente, porque sus insumos corresponden a las secciones predeterminadas que se incluyen en la herramienta.

La única modificación que se hizo a los datos pre-cargados fue el actualizar las calificaciones de los insumos contenidos y generados por la herramienta, sobre todo en cuanto a la temporalidad, ya que algunos de ellos provienen de fuentes de información de 2018. En este sentido, la evaluación de estos parámetros se ajustó de 1 a 2.

La Figura 51 presenta gráficamente la evaluación de la calidad de la información para polímeros, aplicaciones y sectores. Se observa que sólo las secciones

En el caso de las aplicaciones, el promedio obtenido es ligeramente superior al valor límite permisible.

Algunos de los aspectos relacionados con la calidad de la información que cabe destacar son:

1. Probable subestimación de la generación, que no se mide directamente.
2. Posible sobreestimación de RSU de entrada a los SDF; una de las ideas centrales en las mesas de trabajo del 1º taller del INFCP es que, en muchos municipios, los servicios de recolección y transporte de RSU están concesionados y que las percepciones económicas dependen directamente del tonelaje transportado y depositado en el SDF, lo que crearía un incentivo de mercado para registrar mayor cantidad de residuos de la generada.





-
3. No se está considerando una entrada de RSU a los SDF que son ajenos o adicionales a la generación per cápita estimada a nivel estatal.
 4. No se cuenta con información sobre la aportación del sector informal en la recolección o recuperación de RSU.
 5. No se cuenta con información con respecto a los flujos informales e ilegales de materias primas, productos y residuos plásticos.

Los datos reportados por INEGI y SEMARNAT en general se refieren sólo a RSU, sin considerar residuos de manejo especial o residuos peligrosos.





Referencias de los Anexos

1. Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México (SEDEMA). Inventario de residuos sólidos de la Ciudad de México 2020. Ciudad de México; 2021.
2. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). Diagnóstico básico para la gestión integral de los residuos. Anexos. Ciudad de México; 2020.
3. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos. Ciudad de México; 2020.
4. Asociación Mexicana de Agencias de Inteligencia de Mercado y Opinión (AMAI). Nivel Socioeconómico AMAI 2022. Regla NSE AMAI 2022. 2021.
5. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Censo Nacional de Población y Vivienda 2020. Estadísticas de población. Aguascalientes; 2020. p. 1.
6. Asociación Mexicana de Agencias de Inteligencia de Mercado y Opinión (AMAI). Qué es NSE. Qué es NSE. 2022. p. 1.
7. UN Habitat, Urban Pathways, Waste Wise Cities, African Clean Cities Platform. Waste Wise Cities Tool (WaCT). Step by Step Guide to Assess a City's Municipal Solid Waste Management Performance through SDG indicator 11.6.1 Monitoring. Nairobi (Kenya); 2021.
8. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Demarcaciones Territoriales de la Ciudad de México 2019. Programas del INEGI. Censos con datos de 2019, publicados en 2020. Tabulados básicos. 2020. p. 1.
9. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Población por entidad a nivel nacional. Censo de Población y Vivienda 2020. Subsistema de Información Demográfica y Social. 2020. p. 1.
10. Vázquez Morillas A, Álvarez Zeferino JC, González Cardoso G, Velasco Pérez M, Espinosa Valdemar RM, González Aragón A. Caracterización de residuos en la planta compactadora de Iztapalapa. 2020;1-41.
11. Vázquez-Morillas A, Álvarez Zeferino JC, Mendoza Sánchez M, González Cardoso G, Velasco Pérez M, Espinosa Valdemar RM, et al. Caracterización de residuos en la estación de transferencia de Azcapotzalco. Ciudad de México; 2019.
12. Secretaría de Turismo (SECTUR). Actividad Hotelera: Porcentaje de Ocupación en Establecimientos de Hospedaje de Categoría Turística. Datatur. Base de datos de la SECTUR. 2022. p. 1.
13. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas [DENUE]. Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas. 2022. p. 1.
14. Secretaría de Educación Pública (SEP). Estadísticas e indicadores educativos por Entidad Federativa. Planeación Educativa. 2022. p. 1.
15. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). Servicios públicos. Red Nacional de Metadatos. 2022. p. 1.
16. Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). Camas de hospital. Estadísticas del Centro OECD México. 2021. p. 1.
17. Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI]. Espacios públicos. Marco Geoestadístico 2016. 2017. p. 1.
18. World Wildlife Fund (WWF), Greenview, Ricaurte E, Ruggles-Brise O, Aggarwal S, McBride M. Hotel Waste Measurement Methodology v1.0. Washington, DC; 2021.
19. Mongtoeun Y, FUJIWARA T, Sethy S. A Study of Commercial Solid Waste Generation and Composition in Phnom Penh City, CAMBODIA. J Nat Sci Res. 2014;4(13):49-54.





20. Vera Hervás L. La oficina ideal: 14m 2 por empleado | Pyme | Cinco Días. Cinco días, el País. 2014 Oct;1.
21. Martínez E, Sánchez V, Villalobos Ó, de la Mora L, García W, Cervantes P, et al. Gestión Integral de Residuos Sólidos Base Cero 2018-2021. 2018;27-33.
22. Rodríguez-Miranda JP, García-Ubaque CA, Zafra-Mejía CA. Hospital waste: Generation rates in Bogotá, 2012-2015. Rev Fac Med. 2016;64(4):625-8.
23. Calvillo E. Experiencias para el cliente El 'ingrediente' de los restaurantes en 2021. Deloitte Noticias. 2021. p. 1.
24. COFECE. Reporte comercio al menudeo alimentos y bebidas 2020. 2020;
25. Giglia A. Comercio, consumo y cultura en los mercados públicos de la Ciudad de México. 1ra ed. Ciudad de México: Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa, División de Ciencias Sociales y Humanidades, Departamento de Antropología; 2018. 201 p.
26. Secretaría de Desarrollo Económico (SEDECO) de la Ciudad de México. Habrá pagos digitales en tianguis y mercados de la CDMX. Comunicación y Notas. 2021. p. 1.
27. Muñoz Cadena CE, Morales Pérez RE. Generación de residuos orgánicos en las unidades económicas comerciales y de servicios en la Ciudad de México. Estud Demogr Urbanos Col Mex. 2018;33(3):1.
28. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), Mendoza Cantú A, Ramírez Muñoz T, Araiza Aguilar JA. Atlas Nacional de Residuos Sólidos Urbanos. Ciudad de México; 2022.
29. UNHabitat. Waste wise cities tool. Nairobi, Kenia; 2021. p. 84.
30. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Diccionario de datos para la descripción de los sitios de disposición final contenida en los Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Demarcaciones Territoriales de la Ciudad de México 2019. Vol. 2019. Aguascalientes; 2019.
31. United Nations (UN). United Nations Comtrade Database. UN Comtrade Database. 2022. p. 1.
32. Asociación Nacional de la Industria Química [ANIQ]. Valor de Producción y Comercio Exterior de las resinas sintéticas. Anuario estadístico ANIQ. 2021. p. 1.
33. Asociación Nacional de la Industria Química (ANIQ). Anuario Estadístico 2021. Ciudad de México; 2021.
34. Asociación Nacional de la Industria del Plástico (ANIPAC). Primer Estudio Cuantitativo de la Industria de Reciclaje de Plásticos en México. Primer Estudio Cuantitativo de la Industria de Reciclaje de Plásticos en México. Ciudad de México; 2021.
35. Greenpeace, Alianza México sin plástico. Reciclar, la falacia de la industria en la lucha contra la contaminación plástica. Estado del reciclaje en México. Ciudad de México; 2019.
36. Bouchet A, Paruta P, Billard G, Boucher J, Peano L. National Guidance for Plastic Pollution Hotspotting and shaping action: T5 Modelling Regional Hotspots. 2020.
37. Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca. Anuario estadístico de Acuacultura y pesca (CONAPESCA). Anuario estadístico de Acuacultura y pesca 2018. Ciudad de México; 2018.
38. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). Embarcaciones registradas por tipo de pesca y pesquerías principales (Número de embarcaciones). Consultas temáticas. 2021. p. 1.
39. OCEANA Europe. Arrastre de fondo. Publicaciones en español, arrastre de fondo. 2022. p. 1.
40. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). EMIM Principales características, datos mensuales productos, versión 2020. Datos y Temas 2021. Ciudad de México: INEGI; 2021. p. 1.
41. Morales-González A. Degradación de pañales desechables usados mediante digestión anaerobia (tesis de maestría). Universidad Autónoma metropolitana; 2016.
42. Heinrich Böll Stiftung, #breakfreefromplastic. Atlas del plástico 2019. Datos y cifras sobre el mundo de los polímeros sintéticos. Berlín, Alemania; 2019.
43. Instituto Nacional de Psiquiatría Ramón de la Fuente Muñiz, Instituto Nacional de Salud





- Pública, Comisión Nacional Contra las Adicciones, Secretaría de Salud, Reynales- Shigematsu L, Zavala-Arciniega L, et al. Encuesta Nacional de Consumo de Drogas, Alcohol y Tabaco 2016-2017: Reporte de Tabaco. Ciudad de México; 2017.
44. Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI]. División Estatal. Marco Geoestadístico Nacional. 2021. p. 1.
45. Comisión Nacional del Agua [CONAGUA]. Cuencas Nacionales. Sistema Nacional de Información del Agua SINA. 2020. p. 1.
46. Lebreton LCM, Van Der Zwet J, Damsteeg JW, Slat B, Andrady A, Reisser J. River plastic emissions to the world's oceans. *Nat Commun.* 2017;8(June):1-10.
47. Geoportal de la Infraestructura de Datos Espaciales de la Unidad GITS del Instituto de Geografía de la UNAM. Áreas Urbanas del Marco Geoestadístico del INEGI. 2002. p. 131-42.
48. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Marco geoestadístico de México. Programas de Información del INEGI. 2022. p. 1.
49. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). Áreas Naturales Protegidas Estatales, Municipales, Ejidales, Comunitarias y Privadas de México 2020. Geoportal CONABIO. 2020. p. 1.
50. Hijmans R. Download data by country. *Diva Gis.* 2011. p. 1.
51. Vázquez Morillas A. Resultados de la aplicación de la guía nacional para localizar puntos críticos de contaminación por plásticos y orientación la acción. Documento inédito. Ciudad de México; 2022.
52. Boucher J, Zgola M, Liao X, Kounina A, Billard G, Paruta P, et al. Guía nacional para localizar puntos críticos de contaminación por plásticos y orientar la acción. Introducción a la metodología. Nairobi (Kenya); 2020.
53. Bouchet A, Paruta P, Billard G, Boucher J, Peano L. National Guidance for Plastic Pollution Hotspotting and shaping action: Modelling Polymer / Application / Sector Hotspots. Nairobi (Kenya); 2020.
54. Rivera-Garibay OO, Álvarez-Filip L, Garelli-Ríos O, Pérez-Cervantes E, Estrada-Saldívar N. Impacto de la contaminación por plástico en áreas naturales protegidas mexicanas. 2020.
55. Beltrán-Villavicencio M., Mendoza-Muñoz N., Vázquez-Morillas A. Á-ZJC. Presencia de hidrocarburos en microplásticos de una playa mexicana. In: *Memorias de congreso nacional AMICA 2019.* Ciudad de México, México; 2019. p. 83-7.
56. Hernández-Hernández E. Evaluación de microplásticos en sedimentos del río Tecate (tesis de licenciatura). [Tijuana, Baja California]: Universidad Autónoma de Baja California; 2018.
57. Piñon-Colín T de J. Microplásticos en la cuenca del río Tijuana, B.C. [Tijuana, Baja California]: Universidad Autónoma de Baja California; 2021.
58. Lozano-Hernández EA, Ramírez-Álvarez N, Rios-Mendoza LM, Macías-Zamora JV, Sánchez-Osorio JL, Hernández-Guzmán FA. Microplastic concentrations in cultured oysters in two seasons from two bays of Baja California, Mexico. *Environ Pollut.* 2021 Dec;290(118031).
59. Lozano-Hernández EA. Cuantificación y caracterización de microplásticos presentes en el ostión de cultivo *Crassostrea Gigas* en Bahía de Todos Santos y Bahía San Quintín. [Ensenada, Baja California]: Universidad Autónoma de Baja California; 2020.
60. Piñon-Colin T de J, Rodriguez-Jimenez R, Pastrana-Corral MA, Rogel-Hernandez E, Wakida FT. Microplastics on sandy beaches of the Baja California Peninsula, México. *Mar Pollut Bull.* 2018 Jun;131:63-71.
61. Piñon-Colín T de J. Microplásticos en playas de la península de Baja California. [Tijuana, Baja California]: Universidad Autónoma de Baja California; 2017.
62. Ramírez-Álvarez N, Rios-Mendoza LM, Macías-Zamora JV, Oregel-Vázquez L, Alvarez-Aguilar A, Hernández-Guzmán FA, et al. Microplastics: Sources and distribution in surface waters and sediments of Todos Santos Bay, Mexico. *Sci Total Environ.* 2020 Feb;703(134838).
63. Salazar-Pérez C, Amezcua F, Rosales-Valencia A, Green L, Pollorena-Melendrez JE, Sarmiento-Martínez MA, et al. First insight into plastics ingestion by fish in the Gulf of California, México. *Mar Pollut Bull.* 2021 Oct;171(112705).





64. Vázquez-Oregel L. Presencia de microplásticos en la Bahía Todos Santos, Ensenada Baja California, México (tesis de licenciatura). Universidad Autónoma de Baja California; 2018.
65. Rosado-Piña VL, Mendoza-Muñoz N, Vázquez-Morillas A, Alvarez-Zeferino JC, Beltrán-Villavicencio M, Ojeda-Benítez S. Caracterización de microplásticos y muestreo de residuos sólidos urbanos de la playa de Tuxpan, Veracruz. *Los residuos como Recur.* 2018;11(1).
66. Alvarez JC, Tapia J, Cruz AA, Vázquez A, Ojeda S, Cruz S. Presencia de microplásticos en cuatro zonas de la playa Coatzacoalcos. In: Cruz-Sotelo SE, Velasco-Pérez M, Ojeda-Benitez S, Jiménez-Martínez NM, Ordaz-Guillen Y, Venegas-Sahagún BA, et al., editors. *Encuentro de Expertos en Residuos Sólidos Gestión Integral de Residuos.* 2020. p. 370-7.
67. Cruz AA, Vázquez A, Alvarez JC, Ojeda S, Beltrán M, Cruz SE. Relación de la calidad ambiental y la presencia de residuos sólidos y microplásticos en cinco playas mexicanas. In: Cruz-Sotelo SE, Velasco-Pérez M, Ojeda-Benitez S, Jiménez-Martínez NM, Ordaz-Guillen Y, Venegas-Sahagún BA, et al., editors. *Encuentro de Expertos en Residuos Sólidos Gestión Integral de Residuos.* 2020. p. 358-69.
68. Tapia J, Morales D, Cruz, Arelly Areanely Alvarez JC, Vázquez A, Ojeda S, Cruz SE. Variación de la concentración de microplásticos en tres líneas temporales de residuos de una playa mexicana. In: Vallester E, Vallester A, Hatke T, editors. *Libro de actas IX Simposio Iberoamericano de Ingeniería de Residuos.* Panamá; 2021. p. 67-72.
69. Cruz AA, Alvarez JC, Tapia J, Vázquez A, Ojeda S, Cruz SE. Evaluación de la concentración de microplásticos en la playa Barra de Sontecomapan, a diferentes distancias de la desembocadura de la laguna Sontecomapan. In: Velasco-Pérez M, Espinosa-Valdemar RM, Turpin-Marion SJ, Vázquez-Morillas A, editors. *Encuentro de Expertos en Residuos Sólidos Residuos Sólidos en el México actual.* 2021. p. 30-7.
70. Cruz-Salas AA, Álvarez-Zeferino JC, Vázquez-Morillas A, Ojeda-Benítez S. Presencia de microplásticos en zona de baja y alta afluencia en una playa del Golfo de México. In: Lima R, Florentín C, editors. *Libro de actas VIII Simposio Iberoamericano de Ingeniería de Residuos.* Asunción, Paraguay; 2019. p. 799-807.
71. Alvarez JC, Cruz AA, Vázquez A, Ojeda S, Cruz SE, Martínez C. Efecto de la profundidad en el muestreo de microplásticos en playas de arena. In: VIII Simposio sobre Investigaciones Marinas y Acuícolas en el Pacífico Mexicano. 2019.
72. Alvarez JC, Vázquez A, Cruz AA, Ojeda S, Beltrán M, Sotelo S, et al. Microplásticos en ambientes marinos, obtención de datos iniciales para entender la problemática nacional. In: *Memorias de congreso nacional AMICA 2019.* Ciudad de México; 2019. p. 139-44.
73. Rosado-Piña VL. Adsorción de plomo en microplásticos. Universidad Autónoma Metropolitana; 2017.
74. Sánchez-García ME, Rangel-Alvarez NC, Beltrán-Villavicencio M, Vázquez-Morillas A, Alvarez-Zeferino JC. Separación y caracterización de microplásticos en playas mexicanas. In: Ojeda-Benítez S, Taboada-González PA, Aguilar-Virgen Q, Cruz-Sotelo SE, Nakasima-López M, editors. *9º Encuentro de Expertos en Residuos Sólidos.* Querétaro; 2016. p. 27-33.
75. Alvarez-Zeferino JC, Ojeda-Benítez S, Vázquez-Morillas A. Residuos sólidos urbanos en una playa mexicana, implicaciones en la formación de microplásticos. In: García de Cortázar AL, López-Martínez A, Esteban-García AL, Cuartas-Hernández M, editors. *VII simposio Iberoamericano en Ingeniería de Residuos.* Santander, España; 2017. p. 774.
76. Cruz-Salas AA. Evaluación de la calidad ambiental y su relación con la presencia de microplásticos en cinco playas mexicanas. Universidad Autónoma Metropolitana; 2020.
77. Alvarez-Zeferino JC, Ojeda-Benítez S, Cruz-Salas AA, Martínez-Salvador C, Vázquez-Morillas A. Microplastics in Mexican beaches. *Resour Conserv Recycl.* 2020 Apr;155(104633).
78. Retama I, Jonathan MP, Shruti VC, Velumani S, Sarkar SK, Roy PD, et al. Microplastics in tourist beaches of Huatulco Bay, Pacific coast of southern Mexico. *Mar Pollut Bull.* 2016;113(1-2):530-5.
79. Arreola-Alarcón IM, Reyes-Bonilla H, Sakthi JS, Rodríguez-González F, Jonathan MP. Seasonal tendencies of microplastics around coral reefs in selected Marine Protected National Parks of Gulf of California, Mexico. *Mar Pollut Bull.* 2022 Feb;175(113333).





80. Sánchez-Hernández LJ, Ramírez-Romero P, Rodríguez-González F, Ramos-Sánchez VH, Márquez Montes RA, Romero-Paredes Rubio H, et al. Seasonal evidences of microplastics in environmental matrices of a tourist dominated urban estuary in Gulf of Mexico, Mexico. *Chemosphere*. 2021 Aug;277(130261).
81. Martínez-Tavera E, Duarte-Moro AM, Sujitha SB, Rodríguez-Espinosa PF, Rosano-Ortega G, Expósito N. Microplastics and metal burdens in freshwater Tilapia (*Oreochromis niloticus*) of a metropolitan reservoir in Central Mexico: Potential threats for human health. *Chemosphere*. 2021 Mar;266(128968).
82. Shruti VC, Jonathan MP, Rodríguez-Espinosa PF, Rodríguez-González F. Microplastics in freshwater sediments of Atoyac River basin, Puebla City, Mexico. *Sci Total Environ*. 2019 Mar;654:154–63.
83. Retama-Gallardo I. Evaluación Ambiental de las Playas de Huatulco, Oaxaca, México. [Ciudad de México]: Instituto Politécnico Nacional; 2016.
84. Muthuswamy-Ponniiah J, Sujitha SB, Rodríguez-González F, Campos-Villegas LE, Hernández-Camacho CJ, Sarkar SK. Evidences of microplastics in diverse fish species off the Western Coast of Pacific Ocean, Mexico. *Ocean Coast Manag*. 2021 Apr;204(105544).
85. Rios-Mendoza LM, Ontiveros-Cuadras JF, Leon-Vargas D, Ruiz-Fernández AC, Rangel-García M, Pérez-Bernal LH, et al. Microplastic contamination and fluxes in a touristic area at the SE Gulf of California. *Mar Pollut Bull*. 2021 Sep;170(112638).
86. Pelamatti T, Rios-Mendoza LM, Hoyos-Padilla EM, Galván-Magaña F, De Camillis R, Marmolejo-Rodríguez AJ, et al. Contamination knows no borders: Toxic organic compounds pollute plastics in the biodiversity hotspot of Revillagigedo Archipelago National Park, Mexico. *Mar Pollut Bull*. 2021 Sep;170(112623).
87. Pelamatti T, Fonseca-Ponce IA, Rios-Mendoza LM, Stewart JD, Marín-Enríquez E, Marmolejo-Rodríguez AJ, et al. Seasonal variation in the abundance of marine plastic debris in Banderas Bay, Mexico. *Mar Pollut Bull*. 2019 Aug;145:604–10.
88. Sánchez-Campos MA. Contaminación por microplásticos en agua, zooplancton y sedimento de la laguna de Sontecomapan, Veracruz. [Ciudad de México]: Universidad Nacional Autónoma de México; 2021.
89. Amaya-Márquez AI. Evaluación de los microplásticos en la Laguna arrecifal de Puerto Morelos, Quintana Roo, México y sus efectos en la biota, tomando como ejemplo una especie de invertebrado bentico: *Ophiocoma echinata*. [Ciudad de México]: Universidad Nacional Autónoma de México; 2016.
90. Gómez-Hernández IR. Efecto de los microplásticos de polivinil cloruro (pvc) y del fluoranteno en *Eupolymnia rullieri* e *Isognomon alatus*, dos especies del macrobentos del caribe mexicano. [Ciudad de México]: Universidad Nacional Autónoma de México; 2016.
91. Valencia-Castañeda G, Ruiz-Fernández AC, Frías-Espicúeta MG, Rivera-Hernández JR, Green-Ruiz CR, Páez-Osuna F. Microplastics in the tissues of commercial semi-intensive shrimp pond-farmed *Litopenaeus vannamei* from the Gulf of California ecoregion. *Chemosphere*. 2022 Jun;297(134194).
92. Quesadas-Rojas M, Enriquez C, Valle-Levinson A. Natural and anthropogenic effects on microplastic distribution in a hypersaline lagoon. *Sci Total Environ*. 2021 Jul;776(145803).
93. Castro-Zárate EX. Análisis cuantitativo de microplásticos de tamaño 0.5 mm a 5 mm en sedimentos costeros del norte del Caribe mexicano. [Ciudad de México]: Universidad Nacional Autónoma de México; 2019.
94. Flores-Cortés M. Características texturales y contaminación por microplásticos en los sedimentos costeros del municipio de Tecolutla, Veracruz. [Ciudad de México]: Universidad Nacional Autónoma de México; 2021.
95. Sánchez-Hernández LJ. Evaluación de la presencia de microplásticos en peces comerciales, agua y sedimento del estuario de Tecolutla, Veracruz. [Ciudad de México]: Universidad Nacional Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa; 2018.
96. Alejo M del C, Reyes C, Ahumada MA, González AF, Herrera JE. Anthropogenic Microparticles: Coastal Distribution in the Southern Mexican Pacific Coast. *Thalass An Int J Mar Sci*. 2021 Oct;37:917–26.
97. Kozak ER, Franco-Gordo C, Mendoza-Pérez J, Sánchez-Nuño N, Martínez-Sánchez XA,





- Melo-Agustín P, et al. Surface layer microplastic pollution in four bays of the central Mexican Pacific. *Mar Pollut Bull.* 2021 Aug;169(112537).
98. Olavarrieta-García T. Universidad Autónoma de Baja California Sur: Abundancia de microplásticos en la Bahía de La Paz y niveles de ftalatos en el rorqual común (*Balaenoptera physalus*). [La Paz, Baja California Sur]: Universidad Autónoma de Baja California Sur; 2017.
99. Fossi MC, Marsili L, Baini M, Giannetti M, Coppola D, Guerranti C, et al. Fin whales and microplastics: The Mediterranean Sea and the Sea of Cortez scenarios. *Environ Pollut.* 2016 Feb;209:68–78.
100. Narciso-Ortiz L, Coreño-Alonso A, Mendoza-Olivares D, Lucho-Constantino CA, Lizardi-Jiménez MA. Baseline for plastic and hydrocarbon pollution of rivers, reefs, and sediment on beaches in Veracruz State, México, and a proposal for bioremediation. *Environ Sci Pollut Res.* 2020;27(18):23035–47.
101. Alejo-Plata M, Herrera-Galindo E, Cruz-González DG. Description of buoyant fibers adhering to *Argonauta nouryi* (Cephalopoda: Argonautidae) collected from the stomach contents of three top predators in the Mexican South Pacific. *Mar Pollut Bull.* 2019 May;142:504–9.
102. Tunnell JW, Dunning KH, Scheef LP, Swanson KM. Measuring plastic pellet (nurdle) abundance on shorelines throughout the Gulf of Mexico using citizen scientists: Establishing a platform for policy-relevant research. *Mar Pollut Bull.* 2020 Feb;151(110794).
103. Fossi MC, Baini M, Panti C, Galli M, Jiménez B, Muñoz-Arnanz J, et al. Are whale sharks exposed to persistent organic pollutants and plastic pollution in the Gulf of California (Mexico)? First ecotoxicological investigation using skin biopsies. *Comp Biochem Physiol Part C Toxicol Pharmacol.* 2017 Sep;199:48–58.
104. García-Sánchez X. Relación entre hábitos alimenticios y presencia de microplásticos en el tracto gastrointestinal de individuos juveniles de tiburón martillo común *sphyrna lewini* en el Golfo de California. [Mazatlán, Sinaloa]: Universidad Nacional Autónoma de México; 2022.
105. Borges-Ramírez MM, Mendoza-Franco EF, Escalona-Segura G, Osten JR von. Plastic density as a key factor in the presence of microplastic in the gastrointestinal tract of commercial fishes from Campeche Bay, Mexico. *Environ Pollut.* 2020 Dec;267(115659).
106. Grillo JF, Guerrero Rebolledo A, Sabino MA, Ramos R. Microplastics in Latin America and the Caribbean: On the adoption of reporting standards and quality assurance and quality control protocols. *Environ Adv.* 2022 Jul;8(100236).
107. Alvarez-Zeferino JC, Ojeda-Benítez S, Cruz-Salas AA, Martínez-Salvador C, Vázquez Morillas A. Dataset of quantification and classification of microplastics in Mexican sandy beaches. *Data Br.* 2020 Dec;33:106473.
108. Vazquez LO. Presencia de microplásticos en BTS, Ensenada, BC, México. 2018;65.
109. Álvarez-Zeferino J.C., Ojeda-Benítez S., Cruz-Salas A.A., Vázquez-Morillas A. Basura marina: Residuos en playas mexicanas. In: *Memorias de congreso nacional AMICA 2019.* 2019. p. 88–93.
110. Alvarez JC, Cruz, Arely Areanely Vázquez A, Ojeda S, Beltrán M, Cruz, Samantha Eugenia Martínez C. Microplásticos y residuos sólidos en playas turísticas de México, una mirada a la situación actual. In: Lima R, Florentín C, editors. *Libro de actas VIII Simposio Iberoamericano en Ingeniería de Residuos.* Asunción, Paraguay; 2019. p. 269–79.
111. Cruz A, Vázques A, Alvarez JC, Ojeda S, Enríquez M del R, Gutiérrez M del R. Composición de residuos sólidos en la zona restaurantera y hotelera de una playa mexicana. In: *Libro Trabajos Técnicos 8º Congreso Interamericano de Residuos Sólidos DIRSA/AIDIS.* Asunción, Paraguay; 2019. p. 168–73.
112. Cruz-Salas AA, Vázquez-Morillas A, Alvarez-Zeferino JC, Ojeda-Benitez S, Sotelo-Cruz S, Beltrán-Villavicencio M. Presencia de residuos sólidos en cinco playas mexicanas y su relación con indicadores de calidad ambiental. In: *Libro Trabajos Técnicos 8º Congreso Interamericano de Residuos Sólidos DIRSA/AIDIS.* Asunción, Paraguay; 2019. p. 163–7.
113. Peralta-Peláez L., Santander-Monsalvo J, Garelli-Ríos O, Rivera-Garibay OO. Amenaza plástica: un problema en las costas veracruzanas. 2022.
114. Hernández-Crisostomo C, Poot-Delgado CA. Residuos Sólidos Generados en Malecón Turístico. *Conciencia Tecnológica.* 2017;(53).





-
115. Díaz-Torres ER, Ortega-Ortiz CD, Silva-Iñiguez L, Nene-Preciado A, Orozco ET. Floating Marine Debris in waters of the Mexican Central Pacific. *Mar Pollut Bull.* 2017 Feb;115(1-2):225-32.
116. Vergara-Sánchez G. Propuesta para el manejo de los residuos sólidos en las playas de Nautla, Veracruz para conservar los sitios de anidación de las tortugas marinas. [Xalapa Veracruz]: Universidad Veracruzana; 2015.
117. Grupo Banco Mundial. México. Visión en conjunto. Estadísticas por país, presentadas por el Banco Mundial. 2022. p. 1.
118. Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). Demanda Bioquímica de oxígeno (5 días). Indicadores de calidad del agua Escala de clasificación de calidad de agua Demanda Bioquímica de oxígeno (5 días). 2021. p. 1.
119. Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). Demanda química de oxígeno. Escala de clasificación de calidad del agua Demanda química de oxígeno. 2022. p. 1.
120. CONAGUA - Comisión Nacional del Agua. Red Nacional de Medición de la Calidad del Agua (RENAMECA). Indicadores de la calidad del agua superficial y subterránea. 2021.
121. Gobierno del Estado de Oaxaca, Secretaría de Agricultura Ganadería Desarrollo Rural Pesca y Alimentación (SAGARPA). Diagnóstico y plan municipal del municipio de Santiago Astata, Tehuatepec, Oaxaca. 2008 a 2010. Oaxaca de Juárez; 2008.
122. SAGARPA. Diagnóstico y Plan Municipal. Municipio: Santiago Astata, Tehuatepec 2008-2010. Oaxaca; 2008.



El Inventario Nacional de Fuentes de Contaminación Plástica (INFCP). Anexos en su versión digital se terminó de editar en julio de 2023. El diseño editorial se realizó por parte de la Coordinación General de Comunicación Social de la Semarnat.

El contenido es responsabilidad de los autores.



INVENTARIO NACIONAL DE FUENTES DE CONTAMINACIÓN PLÁSTICA ANEXOS

ONU 
programa para el
medio ambiente

Universidad
Autónoma
Metropolitana 
Casa abierta al tiempo Azcapotzalco



GOBIERNO DE
MÉXICO

MEDIO AMBIENTE
SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES