



**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE BOCA DEL RÍO**

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS Y SU IMPACTO EN EL SISTEMA  
DE LAGUNAS INTERDUNARIAS DE LA CIUDAD DE VERACRUZ  
IMPLEMENTANDO EL ANÁLISIS ESPACIAL

**TESIS**

QUE COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN  
CIENCIAS EN INGENIERIA AMBIENTAL

PRESENTA

**ING. DORA ADRIANA ESTEFANIA PAREDES LIZAMA**

DIRECTOR DE TESIS:

DRA. FABIOLA LANGO REYNOSO

CODIRECTOR DE TESIS

DR. PEDRO CESAR REYNA GONZÁLEZ

ASESORES

DRA. MARÍA DEL REFUGIO CASTAÑEDA CHÁVEZ

DR. JESÚS MONTOYA MENDOZA

SEPTIEMBRE 2019; BOCA DEL RÍO, VERACRUZ, MÉXICO



"2019, Año del Caudillo del Sur, Emiliano Zapata"

Boca del Río, Ver., **22/agosto/ 2019**

ASUNTO: AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN

**C. DORA ADRIANA ESTEFANÍA PAREDES LIZAMA  
PASANTE DE LA MAESTRÍA EN CIENCIAS EN INGENIERÍA AMBIENTAL  
PRESENTE**

De acuerdo con el fallo emitido por los integrantes del Comité Revisor de la TESIS PARA OBTENCIÓN DE GRADO, desarrollada por usted cuyo título es:

**"CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS Y SU IMPACTO EN EL SISTEMA DE LAGUNAS INTERDUNARIAS DE LA CIUDAD DE VERACRUZ IMPLEMENTANDO EL ANÁLISIS ESPACIAL"**

Esta División de Estudios de Posgrado e Investigación le concede **AUTORIZACIÓN** para que proceda a su impresión.

**ATENTAMENTE**

*Excelencia en Educación Tecnológica  
Por nuestros mares responderemos*

**M. C. ANA LETICIA PLATAS PINOS  
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS  
DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN**

c.c.p. Coordinación de la Maestría  
c.c.p. Expediente





"2019, Año del Caudillo del Sur, Emiliano Zapata"

**ACTA DE REVISIÓN DE TESIS**

Número Registro **A-0606-120118**

En la ciudad de Boca del Río, Ver., siendo las 14:00 horas del día 12 del mes de agosto de 2019 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis designada por el Consejo del Posgrado de la Maestría en Ciencias en Ingeniería Ambiental del ITBOCA, para examinar la Tesis de Grado titulada:

**"CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS Y SU IMPACTO EN EL SISTEMA DE LAGUNAS INTERDUNARIAS DE LA CIUDAD DE VERACRUZ IMPLEMENTANDO EL ANÁLISIS ESPACIAL"**

Que presenta el (la) alumno(a):

**ING. DORA ADRIANA ESTEFANÍA PAREDES LIZAMA**

Aspirante al Grado de:

**Maestro en Ciencias en Ingeniería Ambiental**

Después de escuchar las opiniones sobre el documento escrito e intercambiar puntos de vista, los miembros de la Comisión manifestaron SU APROBACIÓN, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes para su defensa ante el jurado correspondiente.

**LA COMISIÓN REVISORA:**

**Dra. Fabiola Lango Reynoso**  
Director de Tesis

**Dr. Pedro César Reyna González**  
Codirector

**Dra. María del Refugio Castañeda Chávez**  
Asesor

**Dr. Jesús Montoya Mendoza**  
Asesor



## **RESUMEN**

El Sistema de Lagunas Interdunarias de la ciudad de Veracruz (SLICV) forma parte de los ecosistemas naturales protegidos conocidos como sitios Ramsar, cuyo objetivo se centra en la conservación de sus funciones ecológicas. Son cuerpos de agua dulce, someras, que se establecieron debido al afloramiento del manto freático, lo constituyen como sistemas poco frecuentes en el resto del país por lo que tienen un valor especial regional. Las lagunas Interdunarias de la ciudad de Veracruz han sido objeto de desprestigio, en cierto sentido de su valor estético y biológico a lo largo de muchos años debido a la insalubridad, malos olores y enfermedades (Pasquel, 1959; Cruz, 1998), En 1570 con respecto al mapa de la Expansión y transformación del territorio: La ineficiencia de los fraccionamientos urbanizados Zona conurbada de Veracruz, México reportaban la existencia de más de 200 lagunas; La pérdida gradual de las lagunas Interdunarias de la ciudad de Veracruz tiene diversos factores: cambios en el uso del suelo, alta densidad poblacional, incremento de focos de infección. Por lo anterior, la presente investigación tiene como objetivo la caracterización de los residuos que se vierten en el SLICV y el impacto que estos generan dentro de este ecosistema, así como aquellos que pudieran afectar la condición de organismos (flora y fauna). Para lo cual, una parte fundamental de este trabajo, se realizará a través de la incorporación del uso de Sistemas de Información Geográfica, mediante el cual se caracterizará espacialmente la ubicación de los diferentes tipos de residuos y las posibles zonas de afectación y/o impacto actuales y potenciales que se encuentran identificadas en la ciudad de Veracruz. Se ubicaron geográficamente los 18 sitios de muestreo correspondientes a todo el SLICV, en la cual en cada laguna se Identificaron los residuos localizados, se determinó el impacto de los diferentes tipos de residuos identificados sobre los servicios ecosistémicos que provee cada laguna. Los resultados obtenidos mostraron que las lagunas con mayores residuos fueron: Laguna Lagartos, Laguna Laureles, Laguna el Encanto, Laguna Ilusión, Laguna Malibrán, teniendo una concentración mayor al 50% de residuos, y el residuo predominante en todo el SLICV es el residuo solido urbano, siendo el servicio ecosistémico de regulación el más afectado.

**Palabras Claves:** Laguna, Servicios Ecosistémicos, Impacto, Residuo, Humedal.

## **ABSTRACT**

The Interdunaria Lagoon System of the city of Veracruz (SLICV) is part of the protected natural ecosystems known as Ramsar sites, whose objective is to conserve their ecological functions. They are bodies of fresh water, shallow, that were established due to the outcrop of the water table, they constitute it as infrequent systems in the rest of the country, so they have a special regional value. The Interdunaria lagoons of the city of Veracruz have been subject to discredit, in a sense of their aesthetic and biological value over many years due to unhealthiness, bad smells and diseases (Pasquel, 1959; Cruz, 1998), In 1570 with respect to the map of the Expansion and transformation of the territory: The inefficiency of the urbanized subdivisions Conurbated Zone of Veracruz, Mexico reported the existence of more than 200 lagoons; The gradual loss of the Interdunaria lagoons in the city of Veracruz has several factors: changes in land use, high population density, increased infection foci. Therefore, this research aims to characterize the waste that is dumped in the SLICV and the impact that these generate within this ecosystem, as well as those that could affect the condition of organisms (flora and fauna). For which, a fundamental part of this work, will be carried out through the incorporation of the use of Geographic Information Systems, through which the location of the different types of waste and the possible areas of impact and / or impact will be spatially characterized Current and potentials that are identified in the city of Veracruz. The 18 sampling sites corresponding to the entire SLICV were located geographically, in which in each lagoon the localized waste was identified, the impact of the different types of waste identified on the ecosystem services provided by each lagoon was determined. The results obtained showed that the lagoons with the highest residues were: Laguna Lagartos, Laguna Laureles, Laguna el Encanto, Laguna Ilusión, Laguna Malibrán, having a concentration greater than 50% of waste, and the predominant residue throughout the SLICV is the solid waste urban, with the ecosystem service of regulation being the most affected.

**Keywords:** Lagoon, Ecosystem Services, Impact, Waste, Wetland.

## INDICE DE CONTENIDO

<b>RESUMEN</b> .....	2
<b>DEDICATORIA</b> .....	4
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	5
<b>INDICE DE FIGURAS</b> .....	8
<b>INDICE TABLAS</b> .....	11
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>II. PLANTAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	4
<b>III. ANTECEDENTES</b> .....	6
3.1. Lagunas urbanas en México y su problemática ambiental .....	6
3.2. Sistema de Información Geográfica como herramienta para la evaluación de alternativas de manejo en sistemas ambientales. ....	8
3.3. Residuos en lagunas urbanas y su impacto ambiental.....	10
<b>IV. MARCO TEÓRICO</b> .....	12
4.1 Humedales.....	12
4.2 Clasificación de los humedales .....	13
4.3 Servicios ecosistémicos de los humedales.....	13
4.4 Lagunas Interdunarias .....	15
4.5 Sitios Ramsar. ....	16
4.6 Residuos y su clasificación .....	17
4.7 Análisis Espacial.....	19
<b>V. JUSTIFICACIÓN</b> .....	20
<b>VI. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN</b> .....	21
<b>VII. HIPOTESIS</b> .....	21
<b>VIII. OBJETIVO</b> .....	21
<b>IX. ÁREA DE ESTUDIO</b> .....	22
<b>X. MATERIALES Y METODO</b> .....	23
10.1 Tipo de estudio .....	23
10.2 Delimitación y digitalización del área de estudio .....	23

10.3 Ubicación y caracterización espacial de las fuentes de contaminación .	24
10.4 Determinación del impacto de los residuos en el SLICV .....	26
<b>XI. RESULTADO .....</b>	<b>27</b>
11.1 Laguna Lagartos.....	28
11.2 Laguna del Carmen .....	29
11.3 Laguna Tarimoya.....	30
11.4 Laguna las Conchas .....	31
11.5 Laguna Laureles .....	32
11.6 Laguna la Colorada .....	33
11.7 Laguna Dos Caminos .....	34
11.8 Laguna Unidad habitacional de Marina .....	35
11.9 Laguna el Encanto .....	36
11.10 Laguna Ensueño.....	37
11.11 Laguna Ilusión .....	38
11.12 Laguna Viveros o Parque De Quevedo .....	39
11.13 Laguna D .....	40
11.14 Laguna del Encierro.....	41
11.15 Laguna Caracol .....	42
11.16 Laguna El Coyol .....	43
11.17 Laguna Malibrán .....	44
11.18 Laguna Olmeca .....	45
11.19 Servicios Ecosistémicos .....	47
<b>XII. DISCUSION .....</b>	<b>50</b>
<b>XIII. CONCLUSIONES .....</b>	<b>53</b>
<b>XIV. LITERATURA CITADA .....</b>	<b>55</b>
<b>XV. ANEXOS.....</b>	<b>60</b>
15.1 Fotografías de residuos localizados en el sistema lagunar interdunario de la ciudad de Veracruz.....	60
15.2 Base de datos de los residuos en cada una de las lagunas.....	78

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Área de estudio Sistema Lagunar Interdunario de la ciudad de Veracruz. .....	22
Figura 2. Polígonos del SLICV obtenido mediante la interface de Google Earth Pro. ....	24
Figura 3. Ubicación espacial de fuentes de contaminación localizados en el SLICV.....	24
Figura 4. Residuos Mixtos en Laguna Ensueño .....	27
Figura 5. Ubicación espacial de los diferentes tipos de residuos identificados en la Laguna Lagartos. ....	28
Figura 6. Porcentaje de residuos identificados en la Laguna Lagartos.....	28
Figura 7. Ubicación espacial de los diferentes tipos de residuos identificados en la Laguna del Carmen.....	29
Figura 8. Porcentaje de residuos identificados en la Laguna del Carmen .....	29
Figura 9. Ubicación espacial de los diferentes tipos de residuos identificados en la Laguna Tarimoya .....	30
Figura 10. Porcentaje de residuos identificados en la Laguna Tarimoya.....	30
Figura 11. Ubicación espacial de los diferentes tipos de residuos identificados en la Laguna las Conchas.....	31
Figura 12. Porcentaje de residuos identificados en la Laguna las Conchas.....	31
Figura 13. Ubicación espacial de los diferentes tipos de residuos identificados en la Laguna Laureles.....	32
Figura 14. Porcentaje de residuos identificados en la Laguna Laureles.....	32
Figura 15. Ubicación espacial de los diferentes tipos de residuos identificados en la Laguna la Colorada .....	33
Figura 16. Porcentaje de residuos identificados en la Laguna la Colorada .....	33
Figura 17. Ubicación espacial de los diferentes tipos de residuos identificados en la Laguna dos Caminos. ....	34
Figura 18. Porcentaje de residuos identificados en la Laguna dos Caminos.....	34

Figura 19. Ubicación espacial de los diferentes tipos de residuos identificados en la Laguna el Encanto .....	36
Figura 20. Porcentaje de residuos identificados en la Laguna el Encanto.....	36
Figura 21. Ubicación espacial de los diferentes tipos de residuos identificados en la Laguna Ensueño .....	37
Figura 22 Porcentaje de residuos identificados en la Laguna Ensueño .....	37
Figura 23. Ubicación espacial de los diferentes tipos de residuos identificados en la Laguna Ilusión .....	38
Figura 24. Porcentaje de residuos identificados en la Laguna Ilusión .....	38
Figura 25. Ubicación espacial de los diferentes tipos de residuos identificados en la Laguna Viveros o Parque de Quevedo .....	39
Figura 26. Porcentaje de residuos identificados en la Laguna Viveros o Parque de Quevedo.....	39
Figura 27. Ubicación espacial de los diferentes tipos de residuos identificados en la Laguna D.....	40
Figura 28. Porcentaje de residuos identificados en la Laguna D.....	40
Figura 29. Ubicación espacial de los diferentes tipos de residuos identificados en la Laguna del Encierro .....	41
Figura 30. Porcentaje de residuos identificados en la Laguna del Encierro .....	41
Figura 31. Ubicación espacial de los diferentes tipos de residuos identificados en la Laguna Caracol.....	42
Figura 32. Porcentaje de residuos identificados en la Laguna Caracol.....	42
Figura 33. Ubicación espacial de los diferentes tipos de residuos identificados en la Laguna el Coyal.....	43
Figura 34. Porcentaje de residuos identificados en la Laguna el Coyal.....	43
Figura 35. Ubicación espacial de los diferentes tipos de residuos identificados en la Laguna Malibrán.....	44
Figura 36. Porcentaje de residuos identificados en la Laguna Malibrán.....	44
Figura 37. Ubicación espacial de los diferentes tipos de residuos identificados en la Laguna Olmeca .....	45

Figura 38. Porcentaje de residuos identificados en la Laguna Olmeca .....	45
Figura 39. Residuos en el sistema de lagunas Interdunarias de la ciudad de Veracruz, Residuos Solidos Urbanos (RSU), Residuos de Manejo Especial (RME), Residuos Peligrosos (RP) Y Residuos Mixtos (RM).....	47
Figura 40. Análisis cualitativo de sistemas ambientales. ....	48

## INDICE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de los residuos .....	18
Tabla 2. Análisis de frecuencia de los diferentes tipos de residuos identificados en la Laguna Lagartos. ....	28
Tabla 3. Análisis de frecuencia de los diferentes tipos de residuos identificados en la Laguna del Carmen.....	29
Tabla 4. Análisis de frecuencia de los diferentes tipos de residuos identificados en la Laguna Tarimoya .....	30
Tabla 5. Análisis de frecuencia de los diferentes tipos de residuos identificados en la Laguna las Conchas.....	31
Tabla 6 Análisis de frecuencia de los diferentes tipos de residuos identificados en la Laguna Laureles.....	32
Tabla 7 Análisis de frecuencia de los diferentes tipos de residuos identificados en la Laguna la Colorada .....	33
Tabla 8. Análisis de frecuencia de los diferentes tipos de residuos identificados en la Laguna dos Caminos. ....	34
Tabla 9. Análisis de frecuencia de los diferentes tipos de residuos identificados en la Laguna el Encanto .....	36
Tabla 10. Análisis de frecuencia de los diferentes tipos de residuos identificados en la Laguna Ensueño .....	37
Tabla 11. Análisis de frecuencia de los diferentes tipos de residuos identificados en la Laguna Ilusión .....	38
Tabla 12. Análisis de frecuencia de los diferentes tipos de residuos identificados en la Laguna Viveros o Parque de Quevedo .....	39
Tabla 13. Análisis de frecuencia de los diferentes tipos de residuos identificados en la Laguna D.....	40
Tabla 14. Análisis de frecuencia de los diferentes tipos de residuos identificados en la Laguna del Encierro .....	41
Tabla 15. Análisis de frecuencia de los diferentes tipos de residuos identificados en la Laguna Caracol.....	42

Tabla 16. Análisis de frecuencia de los diferentes tipos de residuos identificados en la Laguna el Coyol. ....	43
Tabla 17. Análisis de frecuencia de los diferentes tipos de residuos identificados en la Laguna Malibrán.....	44
Tabla 18. Análisis de frecuencia de los diferentes tipos de residuos identificados en la Laguna Olmeca .....	45

## I. INTRODUCCIÓN

México es uno de los países más extensos del mundo (1,964,375 km<sup>2</sup>) y tiene una gran diversidad de ecosistemas y por ende es considerado uno de los 17 países megadiversos según el Centro de Monitoreo de la Conservación del Ambiente (INEGI, 2008). En nuestro país actualmente existen 142 sitios designados como Humedales de Importancia Internacional con una superficie de 8,657,057 hectáreas (Ramsar, 2005).

Los humedales se encuentran entre los entornos más productivos a nivel mundial. Son cunas de diversidad biológica que suministran el agua y la productividad primaria de la cual innumerables especies de plantas y animales dependen para la supervivencia. Los humedales se presentan en una gran variabilidad ambiental y se pueden encontrar incluso dentro de los ecosistemas más secos tierra adentro. Se forman diferentes tipos de humedales de acuerdo principalmente con un grado de humedal o de inundación (Wheeler *et al.*, 2002).

La interacción entre los componentes físicos, biológicos y químicos de un humedal, como el suelo, el agua, las plantas y los animales, permiten a este ecosistema desempeñar muchas funciones vitales como, almacenamiento de agua; protección contra las tormentas y mitigación de las inundaciones; estabilización de la costa y control de la erosión; recarga de las aguas subterráneas (circulación del agua desde el humedal hacia el acuífero subterráneo); descarga de aguas subterráneas (movimiento ascendente del agua, que pasa a ser agua superficial en un humedal); purificación del agua por conducto de la retención de nutrientes, sedimentos y sustancias contaminantes; y estabilización de las condiciones climáticas locales, en particular la precipitación y la temperatura (Velasco-Fierro *et al.*, 2015).

Los humedales brindan enormes beneficios ambientales, entre los que se encuentran: suministro de agua, la cual permite albergar y ser sitio de refugio y crianza para una gran variedad de especies de peces y otros organismos que cumplen parte de sus ciclos biológicos, beneficios para la agricultura, por conducto

de la conservación de la capa freática y la retención de nutrientes en los terrenos aluviales y oportunidades de recreación y turismo (Lambert, 2003).

Con base en lo anterior, el estado de Veracruz cuenta con nueve sitios designados como Humedales de importancia internacional que son Cascada de Texolo y su entorno, Humedales de la Laguna La Popotera, Laguna de Tamiahua, La Mancha y El Llano, Manglares y humedales de la Laguna de Sontecomapan, Manglares y Humedales de Tuxpan, Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano, Sistema Lagunar Alvarado y por último Sistema de Lagunas Interdunarias de la Ciudad de Veracruz. Los Humedales son considerados de importancia internacional ya que contienen un ejemplo representativo, raro o único de un tipo de humedal natural o casi natural hallado dentro de la región biogeográfica (Ramsar 2005)

El Sistema de Lagunas Interdunarias de la Ciudad de Veracruz (SLICV) forma parte de los espacios naturales protegidos conocidos como sitios Ramsar (Sarabia-Bueno, 2004), con el objetivo de conservar sus funciones ecológicas: carga y recarga del manto freático, retención de sedimentos, mantenimiento de la calidad del agua y soporte para distintos hábitats.

Este sistema de lagunas es vital para las aves migratorias, ya que, junto con otras lagunas y esteros del centro del estado, está ubicado dentro de una de las rutas de paso más importantes del mundo, cuya función primordial es el refugio (Sarabia-Bueno *op cit*).

El sistema lagunar Interdunarias forma parte de la región costera del Estado de Veracruz, en este se encuentra integrado por humedales, los cuales se componen en la suma de lagunas de no más de seis metros de profundidad (Moreno Casasola, 2010), rodeadas por dunas de arena, en algunos casos estas dunas se encuentran consolidadas o fijas: estos humedales tienen un vínculo directo e indirecto con las zonas costeras y con otros ecosistemas cercanos. Debido a esta relevancia, estos sistemas poco frecuentes en el resto del país, tienen un valor especial internacional.

La importancia primordial para la ciudad de Veracruz de estos sistemas reside en la capacidad que tiene para generar recursos y servicios ambientales, los cuales van más allá de dotar espacios escénicos sumamente rentables, estos sitios filtran agua y sirven como barrera ante los cambios meteorológicos que pudieran azotar a la ciudad cercana a la costa (López Portillo, 2010)

## II. PLANTAMIENTO DEL PROBLEMA

En México se han detectado tres problemas para la conservación y manejo de estos sistemas lagunares interiores: 1) no existen aportaciones suficientes para atender la problemática ambiental y contaminación de estos ecosistemas; 2) existe poca o nula responsabilidad y organización de las personas para promover programas para la prevención de la contaminación y 3) la falta de un programa de monitoreo a corto y largo plazo que verifique y certifique la calidad ambiental de estos cuerpos lagunares presentes dentro de la ciudad de Veracruz.

El Sistema de Lagunas Interdunarias de la Ciudad de Veracruz (SLICV) han sido objeto de desprestigio y carentes en cierto sentido de su valor estético y biológico a lo largo de muchos años debido a la insalubridad, malos olores y enfermedades (Pasquel, 1959; Cruz, 1998).

Por ende, la pérdida gradual de las lagunas Interdunarias de la ciudad de Veracruz tiene diversos factores: cambios en el uso del suelo, alta densidad poblacional, incremento de focos de infección, malos manejos del recurso hídrico, pero sobre todo poca valorización de las lagunas y falta de planes de manejo (Sarabia-Bueno, 2004).

Algunos registros históricos reportaban la existencia de más de 200 lagunas (Sarabia-Bueno *op cit*). Es importante hacer notar que, dada su geomorfología, la principal característica de estas lagunas veracruzanas es la calificación de ser “caminantes”, es decir, efímeras, aparecían y desaparecían. Por esta razón, es difícil saber con certeza su número exacto (Rodríguez-Luna *et al.*, 2011).

El principal problema que se presenta en estos ecosistemas, es el impacto que ejerce la ocupación urbana, mediante la intervención de asentamientos humanos, en la medida en los que estos van creciendo de forma trascendentes, sin tener noción por los entornos naturales, generando una serie de problemas tanto a nivel social, urbano y de salud.

Por otra parte, el manejo y contaminación derivada de los diferentes tipos de residuos se han convertido en un tema prioritario para el país dentro de una amplia gama de temas que guardan relación con la problemática ambiental. Los residuos es el término aplicado a todas las actividades asociadas con el manejo de los diversos flujos de residuos dentro de la sociedad, y su meta básica es administrarlos de tal forma que sean compatibles con el medio ambiente y la salud pública (Cárcamo- Meola, 2009).

Unos de los principales problemas ambientales más graves generado por la humanidad desde mucho tiempo, generando un gran impacto de contaminación sobre los recursos naturales, los ecosistemas, la salud y la calidad del ambiente, ya que el mismo es causado por el crecimiento de la población, el consumismo, la ignorancia, el desconocimiento y una educación ambiental que promueva la cultura del reciclaje y la gestión integral de los residuos sólidos. Asimismo, este problema ambiental caracterizado por la generación de residuos, ha provocado efectos sobre el deterioro del medio ambiente, la salud humana y la calidad de vida de las futuras generaciones (Domingo-Gómez 2013).

### **III. ANTECEDENTES**

#### **3.1. Lagunas urbanas en México y su problemática ambiental**

En México, los lagos son escasos, de poca extensión y, generalmente, su importancia es local. Sus aguas se aprovechan para la pesca, el riego agrícola o el turismo; Las aguas de los lagos y lagunas de México tiene otra gran utilidad para la población aledaña, entre las que se utilizan riego, agua potable, generación de energía eléctrica y otros usos.

Un primer trabajo corresponde a Sarabia Bueno (2004), quien realizó su tesis doctoral titulado Sistema lagunar de la ciudad de Veracruz, México: propuesta de manejo bajo la visión de proyección y gestión ambiental. Este estudio es el antecedente más relevante con respecto al Sistema Lagunar Interdunario de la ciudad de Veracruz, donde son lagunas urbanas en Veracruz con una extensión mayor a 140 Ha, en el cual abordo la visión de proyección y gestión ambiental con técnicas de observación directa por transectos aplicando la percepción de los actores involucrados para saber cuáles son los conflictos y potencialidades e infraestructura del sistema lagunar veracruzano. En él se realizaron análisis físico, químicos y biológicos del agua para determinar su calidad y vocación; se analizó y clasifíco la cobertura y diversidad vegetal. Los resultados obtenidos de este estudio fue la interrelación social y ambiental para conocer y sumar un interés que no se había manifestado con respecto al sistema lagunar, y así mismo propuso un plan de manejo integral que con lleve a la mejora del paisaje con todos los actores involucrados.

Por otro lado, Sánchez (2005) en Tamaulipas, realizo el estudio titulado “Retos de la planeación turística en la conservación de las lagunas urbanas degradadas de México. El caso de Tamaulipas”, en esta investigación se abordaron los problemas de contaminación de la zona urbana y conurbadas, sobre todo litorales como Tampico, concluyendo que la laguna de estudio ha sufrido contaminación y degradación de su frágil ecosistema por la acción del hombre (vertidos incontrolados, ocupación de los márgenes, falta de planeación de las actividades

turísticas y falta de ordenamiento urbano y medio ambiental, enfatizando que se debe recuperar en México el concepto de desarrollo sostenible sobre todo cuando nos referimos a espacios naturales y turísticos.

Muchos estudios buscaron diferentes alternativas para encontrar planes de manejo para lagunas urbanas como Herrera-Silveira (2006) quien estudió ocho lagunas costeras de Yucatán (Laguna Celestún, Chelem, Dzilam, Holbox, Chacmochuk, Nichupte, Bojorquez), ubicadas al sureste de México, las cuales tienen diferentes actividades impulsadas por su productividad, atractivo escénico y biodiversidad de estas mismas. Sin embargo, los servicios ambientales de algunas de ellas se han reducido a consecuencia del incremento en descargas de aguas residuales, modificaciones hidrológicas y cambios de uso de la tierra. Se analizaron los componentes de calidad del agua, fitoplancton y pastos marinos de 8 lagunas costeras de Yucatán. Los resultados obtenidos mostraron que la variabilidad hidrológica se asociaba al patrón climático y es dependiente del balance entre los aportes de agua dulce vía descargas subterráneas y los marinos siendo la calidad del agua en general es buena, encontrando un nivel de riesgo en las lagunas de Chelem y Bojorquez

Sánchez (2012) realizó un estudio de la calidad ambiental de la laguna urbana La Pólvora en la cuenca del río Grijalva, sobre la calidad del agua y la diversidad de la macrofauna epibentónica, particularmente de la comunidad de peces en la laguna urbana La Pólvora en la temporada de estiaje. Los resultados obtenidos mostraban que el potencial de hidrógeno, sólidos suspendidos totales, oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno, nitratos y fósforo total cumplieron con las normas mexicanas vigentes para uso recreativo de contacto secundario.

La diversidad de macrofauna epibentónica y de peces se consideró baja en comparación con otros ecosistemas limnéticos de la región debido a las pocas especies de moluscos y peces capturados, así como a la ausencia de insectos acuáticos, macrocrustáceos y peces de la familia Poeciliidae.

La contaminación en las lagunas urbanas ha sido un tema trascendental, no obstante, Velasco Fierro *et al.* (2015) quienes realizaron un análisis ambiental por contaminación en trece localidades aledañas a la laguna de Coyuca de Benítez, Guerrero. En el estudio, se hizo un análisis geoespacial de puntos de contaminación de residuos sólidos y descarga de aguas residuales donde se encontraron 60 puntos rojos de los cuales 5 son de descarga de aguas negras y 55 de residuos sólidos, además se realizaron encuestas a los ciudadanos de trece localidades aledañas a la Laguna de Coyuca de Benítez. De acuerdo en los resultados obtenidos, las localidades Bajos del ejido, El Conchero, Kilometro diecisiete, Luces en el Mar y San Nicolás de las Playas tienen un servicio de recolección deficiente y en las demás localidades el servicio de recolección es inexistente a lo que se traduce en quema de basura y en tiraderos que son arrastrados a la Laguna por las corrientes de agua que se forman en épocas de lluvia. Todas las localidades cuentan con fosa séptica, sólo Bajos del Ejido cuenta con drenaje, pero no funciona porque aún no está concluido. Se recomienda que las instituciones como los tomadores de decisiones elaboren un plan de manejo de residuos sólidos que considere un relleno sanitario, equipamiento como vehículos especiales para pasar por las calles angostas de las localidades y dotar de servicios como el drenaje.

### **3.2. Sistema de Información Geográfica como herramienta para la evaluación de alternativas de manejo en sistemas ambientales.**

Entre los estudios relevante para la implementación de SIG en ambientes naturales destaca el estudio de Sendra (2000) quien menciona que el uso de estas herramientas constituye un importante insumo en las tareas de planificación ambiental y ordenación del territorio. Con ellos es posible resolver con más facilidad complejos problemas de asignación "óptima" de actividades al territorio, considerando para ello tanto su aptitud intrínseca, como el posible impacto ambiental de la localización, en ese punto del territorio, de una concreta actividad.

Heng Li Zhen Chen (2004) implementaron un estudio llamado “Aplicación de GPS integrado y tecnología GIS para reducir los residuos de construcción y mejorar la eficiencia de la construcción”, propusieron establecer una metodología que les permitiera lograr una reducción en los residuos producidos por la construcción. Para esto, trabajaron integradamente la tecnología de los SIG y GPS permitiendo obtener información actualizada con respecto a la cantidad de materiales que se encuentran en la obra, cuáles se han gastado y que tipos de residuos se han empleado dependiendo de la actividad que se realiza. Los resultados experimentales indican que el sistema propuesto puede minimizar la cantidad de desperdicio de material en el sitio, y con ello consideraron propuestas de manejo y así dar un enfoque informativo a cada construcción, para obtener menos residuos.

Morería (2006) realizó un estudio titulado Red de Información Ambiental, el cual se constituye como un sistema permanente de información ambiental para facilitar a los ciudadanos en general y a los científicos, técnicos y gestores una ayuda que permita progresar en la mejora del medio ambiente y avanzar en la sostenibilidad del mismo. Estos criterios, emanados directamente del Centro Europeo de Referencia para la información ambiental, la propia Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA), han sido asumidos por las autoridades ambientales de la Comunidad Autónoma de Andalucía. La Red de Información reunieron formatos y modelos de datos compatibles, los mejores datos disponibles sobre el medio ambiente andaluz, los cuales fueron punto de partida para la realización de evaluaciones ambientales, cuyos resultados se divulgan o facilitan a través de diferentes medios; como un sistema de gestión de metadatos, un sistema de gestión de proyectos y un sistema de gestión de imágenes y cartografía a través de una Intranet desarrollada específicamente para esta agencia europea.

Wallo, *et al.* (2009) en su estudio “Implementación de un SIG para el mejoramiento del sistema de vigilancia ambiental y los pronósticos de la contaminación atmosférica en el municipio de Regla en la Habana Cuba”, consideraron que el uso de SIG constituyen una herramienta eficaz para el análisis espacial de la

información con vistas a la determinación de la influencia de la contaminación sobre las condiciones ambientales y su alerta temprana, además que el resultado derivado del uso de SIG permiten poner en manos de los tomadores de decisiones una importante herramienta a la hora de la aplicación de medidas de mitigación en el menor tiempo posible, contribuyendo al mejoramiento del sistema de vigilancia ambiental.

Recientemente, Romero (2016) realizó el estudio sobre la teledetección satelital y los sistemas de protección ambiental, donde los objetivos fundamentales de los estudios de teledetección es la obtención de mapas temáticos. Estos datos, pueden integrarse junto a otros mapas obtenidos por métodos convencionales, en un SIG sobre el territorio. Esta investigación ofrece grandes posibilidades para la realización de progresos en el conocimiento de la naturaleza, aunque todavía no se ha logrado todo lo que de ella se esperaba debido a que se deben realizar perfeccionamientos en el nivel de resolución espacial, espectral y temporal de los datos. Además, es necesario un mayor rigor científico en la interpretación de los resultados obtenidos, tratando de no extraer conclusiones definitivas de los estudios medioambientales realizados mediante técnicas de Teledetección.

### **3.3. Residuos en lagunas urbanas y su impacto ambiental.**

Existen estudios de residuos afectando en al ambiente, pero son pocos estudios que han dado a conocer investigaciones relacionadas a las lagunas urbanas y el impacto de los diferentes tipos de residuos.

Es importante conocer el impacto que tienen los residuos sólidos urbanos en todos los aspectos social y económica, pero sobre todo el daño que genera al ambiente en todo el planeta, convirtiéndose así en una problemática a nivel mundial. Por lo anterior, es importante que se realicen diversas propuestas y estrategias para comenzar a remediar considerablemente el fenómeno de la contaminación de suelo y agua por los residuos que se generan en la sociedad, para ayudar a la naturaleza en su restauración y la reconversión de tales efectos (García, 2008).

Algunos de los trabajos de mayor relevancia, destaca el realizado por González (2008), sobre el impacto de la tasa de humedad en la biodegradación de los residuos sólidos urbanos de la ciudad de Veracruz, utilizando biorreactores a escala. Los resultados obtenidos destacan que, en el estado de Veracruz se genera cerca de 5,280 toneladas por día de residuos sólidos urbanos (RSU), de los cuales el 70% se descargan sin tecnología en espacios abiertos y sólo se dispone de cinco rellenos sanitarios concluye que la humedad aportada por los lixiviados introducidos, aceleró la tasa de hidrólisis de la fracción orgánica contenida en los RSU. No obstante, se inhibió la acidogénesis, lo cual se evidenció por la falta de producción de ácidos grasos volátiles (AGVs) y de metano. Por tal motivo, no se desarrollaron el resto de las etapas.

Las propuestas de políticas de residuos en los últimos años han incluido diversos aspectos sociales, económico-financieros, culturales e institucionales, pero sin dar suficiente importancia al aspecto ambiental. Por ello no han logrado minimizar los impactos negativos en el ambiente y en la salud humana, producida a raíz del mal manejo de residuos (SEMARNAT, 2006).

Sin embargo, la causa de la contaminación (suelo, aire y agua) es promovida por la demanda de materias primas para satisfacer el creciente consumo de bienes y servicios de una población en aumento, que trae como consecuencia una descomunal generación de residuos de distintos tipos y de los problemas asociados para su disposición final adecuada, así como las afectaciones a la salud humana y a los ecosistemas (SEMARNAT *op cit*).

## **IV. MARCO TEÓRICO**

### **4.1 Humedales**

La Convención Ramsar da una definición sumamente amplia de humedales, los considera como todas aquellas áreas de marismas, pantanos, turberas o superficies cubiertas de agua, sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, con agua estancada o corriente, dulce, salobre o salada. Incluye las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda los seis metros.

Los humedales son ecosistemas de gran importancia a nivel mundial y nacional. Deben tener uno o más de los siguientes tres atributos (Mitsch & Gosselink 2000): el suelo o sustrato debe estar saturado de agua de manera temporal o permanente; presentar una lámina o capa de agua poco profunda o agua subterránea próxima a la superficie del terreno, ya sea permanente o temporal; y al menos periódicamente, el terreno debe mantener predominantemente una vegetación acuática o hidrófila (Landgrave *et al.* 2012).

Los humedales, al igual que el resto de las comunidades vegetales de la zona costera, no pueden aislarse de las comunidades adyacentes. La interconexión entre las fuentes de agua tierra adentro con los humedales de la zona costera se ha denominado “engrane ecológico de la zona costera”, lo cual significa que los sistemas dulceacuícolas y marinos están relacionados de tal manera que no sólo crean entre ambos los sistemas estuarinos, sino que los mantienen (Gore, 1992). Estos a su vez, proporcionan gran cantidad de recursos (alimentos, madera, miel, plantas comestibles y medicinales, etc.) y provee de servicios ecosistémicos (control de inundaciones, captura de carbono, aporte de nutrientes a los cuerpos de agua, refugio para especies silvestres y de interés comercial, filtración y limpieza de agua, entre otros) de gran valor para la sociedad (Landgrave *et al.* 2012).

## **4.2 Clasificación de los humedales**

Bajo la definición de humedales presentada en este capítulo y siguiendo los lineamientos dados por Abarca y Cervantes (1996), encontramos varios tipos de humedales.

- A. Humedales interiores: Ubicados dentro de la cuenca cerrada y que corresponden a la planicie de inundación de los ríos y arroyos, márgenes de estanques y depresiones inundadas, aisladas y rodeadas por tierra, sin contacto con el mar, aunque su salinidad puede variar.
- B. Humedales costeros: Son las zonas húmedas que se localizan en el litoral, manteniendo una comunicación permanente o temporal con el mar y pueden o no estar conectados a sistemas dulceacuícolas, con salinidades desde salobres hasta marinas. Las lagunas costeras se diferencian de los estuarios sobre bases geomorfológicas. Un estuario es considerado como la boca de un río o un cuerpo de agua semicerrado, con una conexión libre con el mar y por tanto, un intercambio significativo entre el agua de mar y el agua dulce. Las lagunas costeras son depresiones de la zona costera con una comunicación efímera o permanente con el mar, pero protegida por algún tipo de barrera.
- C. Humedales marinos: Son aquellas superficies de la plataforma continental que no excedan los seis metros de profundidad.

## **4.3 Servicios ecosistémicos de los humedales**

Los humedales proveen servicios muy importantes para el equilibrio ecológico del planeta. Entre las funciones y los valores reconocidos de los humedales destacan el proveer un hábitat para la vida silvestre y acuática; fungir como lugares de enseñanza, investigación y recreación; propiciar el reciclaje y la transformación de nutrientes; atenuar los flujos de inundación; recargar acuíferos; retener partículas y contaminantes; estabilizar los suelos, y ser uno de los ecosistemas con mayor productividad.

En 1977, Westman sugirió que los beneficios que proporcionan los ecosistemas potencialmente podrían ser enumerados para que la sociedad pueda hacer políticas más informadas y las decisiones de gestión. Llamó a estos beneficios sociales "servicios de la naturaleza".

Tres las definiciones comúnmente citadas son:

- ... Las condiciones y procesos a través de los cuales los ecosistemas naturales, y las especies que los componen, sustentan y cumplen la vida humana (Daily 1997).
- Los beneficios que las poblaciones humanas obtienen, directa o indirectamente, del ecosistema Funciones (Costanza *et al* 1997).
- Los beneficios que las personas obtienen de los ecosistemas (MEA 2005).

La Evaluación de Ecosistemas del Milenio (MEA,2005), clasificó los diferentes servicios ecosistémicos en cuatro tipos: de soporte, de provisión, de regulación y culturales.

Los servicios de apoyo o soporte son aquellos procesos de los ecosistemas que permiten proveer el resto de los servicios ambientales. Estos pueden o no tener implicaciones directas sobre el bienestar humano. Entre ellos se encuentra el mantenimiento de la biodiversidad, el ciclo hidrológico, el ciclo de nutrientes, la formación del suelo, la producción primaria, la polinización. Los servicios de aprovisionamiento, suministro o provisión son recursos tangibles y finitos, es decir productos obtenidos de los ecosistemas, que se contabilizan y consumen ya sea renovables o no. Entre ellos se encuentra el agua, los alimentos para consumo humano, los combustibles, las medicinas y las fibras. Los servicios de regulación son aquellos que mantienen los procesos biogeoquímicos naturales de los ecosistemas, como son la regularización del clima y de los gases que producen los efectos de invernadero y los cambios hidrológicos, ayudando a controlar las inundaciones y purificando el agua, el control de la erosión entre otros. Finalmente,

los servicios culturales, tanto tangibles como intangibles, es decir los beneficios no materiales que se obtienen de los ecosistemas, son el resultado de las percepciones del hombre y están en función de las diferentes culturas y sus valores.

#### **4.4 Lagunas Interdunarias**

Las Lagunas Interdunarias “son cuerpos de agua que nacen de los mantos freáticos y que se forman entre el sistema de dunas cuando el nivel de arena baja lo suficiente. Se mantienen con nivel tales, por causa de los afloramientos de aguas (Peralta, 2009)

El Golfo de México se caracteriza por un fuerte transporte de sedimentos por corrientes de agua y vientos capaces de mover arena y formar grandes médanos (Moreno–Casasola y Espejel, 1986). En la región correspondiente al norte de México, la línea de la costa está orientada de norte a sur, igual que los vientos dominantes que transportan arena, permitiendo la formación de grandes sistemas de médanos (Moreno–Casasola, 1982, 2004) con depresiones inundadas temporal o permanentemente, formando hondonadas (sensu Ranwell, 1972) y lagos interdunarios, respectivamente.

Estos hábitats se localizan desde Tamaulipas hasta Tabasco, pero principalmente en la zona media de Veracruz, entre los municipios de Alto Lucero y Boca del Río, que coincide con las grandes extensiones de médanos del centro de Veracruz. Los lagos que se localizan en los municipios de Boca del Río y Veracruz están inmersos en el crecimiento urbano (Siemens *et al.*, 2006) y forman parte del sitio Ramsar Lagunas Interdunarias de Veracruz.

Este tipo de ecosistemas se encuentran ampliamente distribuidos en otras zonas costeras del mundo (Leentvaar, 1997; Wetzel, 1981). Sin embargo, la mayoría de los estudios se han realizado en Estados Unidos (Tiner, 2003), Gran Bretaña (Ranwell, 1972), Sudáfrica (Boorman *et al.*, 1997; Leentvaar, 1997) y sobre todo Holanda y Alemania (Lammerts y Grootjans, 1998; Sival y Lammerts, 1997; Sival y Strijkstra–Kalk, 1997, van der Meulen y Naber, 1997; Leentvaar, 1997 y De Bruyn,

1997, entre otros), en los trópicos, en Brasil están los trabajos de Domínguez y Bittencourt (1994), Queiroz–Matias y Paula–Nunes (2001); todos estos estudios tienen en común el estudio del comportamiento de estos humedales y lo llaman humedales aislados. En el caso de México, Martínez *et al* (1997), Moreno–Casasola y Vázquez (1999) y Vázquez (2004) han abordado principalmente el estudio de la vegetación de depresiones con inundación temporal, mientras que Yetter (2004) estudió la hidrología de un conjunto de humedales en los que se incluye este tipo de lagos, determinando que las principales entradas de agua son a través del manto freático de fuentes tanto cercanas como distantes, así como por lluvias. Sarabia-Bueno (2004) estudió la química del agua de las lagunas interdunarias de la ciudad de Veracruz, mientras que Peralta–Pélaez *et al* (2007) realizaron estudios de diversidad de insectos acuáticos en estos ecosistemas productivos. Las lagunas interdunarias y sus humedales prestan servicios ambientales en la región, como zonas de recarga de mantos freáticos, depuración de aguas provenientes de las zonas agrícolas, áreas para la pesca, zonas de alimento, estancia y anidación para un gran número de aves migratorias, por mencionar algunos (Leentvaar, 1997, Tiner, 2003, Grootjans *et al.*, 2004).

#### **4.5 Sitios Ramsar.**

La convención tiene varios mecanismos para ayudar a las partes contratantes a designar como sitios Ramsar sus humedales más importantes y a adoptar las medidas necesarias para manejarlos de manera eficaz, manteniendo sus características ecológicas (Ramsar, 2005)

Los sitios Ramsar se designan porque cumplen con los criterios para la identificación de humedales de importancia internacional. El primer criterio se refiere a los sitios que contienen tipos de humedales representativos, raros o únicos, y los otros ocho abarcan los sitios de importancia internacional para la conservación de la diversidad biológica. Estos criterios hacen énfasis en la importancia que la convención concede al mantenimiento de la biodiversidad (Ramsar *op cit.*).

En la actualidad, la lista de Ramsar es la red más extensa de áreas protegidas del mundo. Hay más de 2.200 sitios Ramsar que abarcan más de 2,1 millones de kilómetros cuadrados en los territorios de las 169 Partes Contratantes de Ramsar en todo el mundo.

#### **4.6 Residuos y su clasificación.**

Los residuos se definen en la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) como aquellos materiales o productos cuyo propietario o poseedor desecha y que se encuentran en estado sólido o semisólido, líquido o gaseoso y que se contienen en recipientes o depósitos; pueden ser susceptibles de ser valorizados o requieren sujetarse a tratamiento o disposición final conforme a lo dispuesto en la misma Ley (DOF, 2003). La LGPGIR menciona que, en función de sus características y orígenes, se les clasifica en tres grandes grupos residuos sólidos urbanos (RSU), residuos de manejo especial (RME) y residuos peligrosos (RP) (Tabla 1)

<b>CLASIFICACION DE LOS RESIDUOS</b>		
<i>Residuos Peligrosos (RP)</i>	<i>Sólidos Urbanos (RSU)</i>	<i>Manejo Especial (RME)</i>
La clasificación de un residuo como peligroso, se establecerá en las normas oficiales mexicanas que especifiquen la forma de determinar sus características, que incluyan los listados de los mismos y fijen los límites de concentración de las sustancias contenidas en ellos, con base en los conocimientos científicos y las evidencias acerca de su peligrosidad y riesgo.	Los residuos sólidos urbanos podrán subclasificarse en orgánicos e inorgánicos con objeto de facilitar su separación primaria y secundaria, de conformidad con los Programas Estatales y Municipales para la Prevención y la Gestión Integral de los Residuos, así como con los ordenamientos legales aplicables.	Los residuos de manejo especial son aquellos generados en los procesos productivos, que no reúnen las características para ser considerados como peligrosos o como residuos sólidos urbanos, o que son producidos por grandes generadores de residuos sólidos urbanos.
<b>TIPOS DE CLASIFICACIÓN DE CADA UNO</b>		
Los residuos de la industria minera-metalúrgica provenientes del minado y tratamiento de minerales tales como jales, residuos de los patios de lixiviación abandonados, así como los metalúrgicos provenientes de los procesos de fundición, refinación y transformación de metales	Organicos	Residuos de las rocas o los productos de su descomposición
		Residuos de servicios de salud
		Residuos generados por las actividades pesqueras, agrícolas, silvícolas, forestales, avícolas ganaderas, incluyendo los insumos utilizados en estas actividades
		Residuos de los servicios de transporte, así como los generados a consecuencia de las actividades que se realizan en puertos, aeropuertos, terminales ferroviarias y portuarias y en las aduanas
		Lodos provenientes del tratamiento de aguas residuales;
	Inorganicos	Residuos de tiendas departamentales o centros comerciales generados en grandes volúmenes
		Residuos de la construcción, mantenimiento y demolición en general
		Residuos tecnológicos provenientes de las industrias de la informática, fabricantes de productos electrónicos o de vehículos automotores y otros que al transcurrir su vida útil, por sus características, requieren de un manejo específico;
		Pilas que contengan litio, níquel, mercurio, cadmio, manganeso, plomo, zinc, o cualquier otro elemento que permita la generación de energía en las mismas
		Los neumáticos usados
Fuente: LEY GENERAL PARA LA PREVENCIÓN Y GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS (2003)		

Tabla 1. Clasificación de los residuos.

#### **4.7 Análisis Espacial**

El análisis espacial incluye un conjunto de herramientas que amplían las capacidades del análisis estadístico tradicional para abordar aquellos casos en los que la distribución espacial de los datos tiene influencia sobre las variables medidas y esta se considera relevante. La georreferenciación de los datos permite manejar un conjunto de conceptos nuevos como son los de distancia (entre dos puntos), adyacencia (entre dos polígonos o dos líneas), interacción y vecindad (entre puntos) (Fotheringham - Brunson, *et al* 2000)

En la bibliografía sobre SIG suelen mezclarse bajo este término una serie de herramientas bastante diferentes:

- Manipulación de datos espaciales, las herramientas básicas de gestión de un SIG
- Análisis descriptivo y exploratorio de datos espaciales
- Análisis estadístico inferencial de datos espaciales para determinar si los resultados del análisis descriptivo verifican determinadas hipótesis acerca de los datos
- Modelización espacial con el objeto de predecir la distribución espacial de los fenómenos estudiados

Dentro del análisis espacial el estudio de variables espaciales, las herramientas utilizadas se han visto ya en los temas de álgebra de mapas e interpolación; por tanto, el resto del tema se centrará en el análisis espacial de entidades:

- La distribución espacial de entidades puntuales
- Las relaciones entre entidades lineales interconectadas (redes)
- Las relaciones entre polígonos fronterizos

## **V. JUSTIFICACIÓN**

Considerando los trabajos realizados por Sarabia-Bueno (2004), quien realizó una caracterización sobre las lagunas Interdunarias de la ciudad de Veracruz, es el precedente más completo sobre el estudio de este tipo de ambientes, ya que este sistema de cuerpos de agua juega un papel importante, como fuente de abastecimiento de agua y conservación de flora y fauna en la zona conurbada Veracruz-Boca del Río; sin embargo, no existen estudios que muestren el análisis y caracterización de los residuos que se vierten dentro de estos sistemas, ya que los pocos antecedentes que hablan al respecto se encuentran fragmentados, no dando la importancia relevante a la parte ambiental.

Por lo anterior, la presente investigación tiene como importancia en la caracterización de los residuos que se vierten en el sistema de lagunas interdunarias de la ciudad de Veracruz y el impacto que estos generan dentro de este ecosistema, así como aquellos que pudieran afectar la condición de organismos (flora y fauna) dentro de estos ambientes y fuera, como son la población humana aledaña a estos cuerpos lagunares.

Para lo cual, una parte fundamental de este trabajo, se realizará a través de la incorporación del uso de Sistemas de Información Geográfica, mediante el cual se caracterizara espacialmente la ubicación de los diferentes tipos de residuos y por ende las posibles zonas de afectación y/o impacto actuales y potenciales que estos generan sobre la provisión de los sistemas ecosistémicos que proveen este tipo de humedales y por consecuencia evaluar alternativas que con lleven a buscar propuestas para el manejo y cuidado ambiental de estos sistemas lagunares dentro de la zona conurbada Veracruz- Boca del Río.

## **VI. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN**

¿Cómo afecta los residuos sobre los servicios ecosistémicos y el impacto en el Sistema de Lagunas Interdunarias de la ciudad de Veracruz (SLICV)?

## **VII. HIPOTESIS**

La caracterización de residuos en el SLICV con un enfoque espacial, permitirá determinar si existe una relación entre residuo , servicios ecosistémicos e impacto, para establecer alternativas puntuales de manejo de estos ecosistemas lagunares.

## **VIII. OBJETIVO**

### **Objetivo general**

Caracterizar los diferentes tipos de residuos y evaluar su impacto en el SLICV implementando el análisis espacial.

### **Objetivos específicos**

- ✓ Establecer espacialmente el Sistema de Lagunas Interdunarias de la ciudad de Veracruz.
- ✓ Determinar los tipos de residuos localizados en el Sistema de Lagunas Interdunarias de la ciudad de Veracruz.
- ✓ Determinar el impacto de los diferentes residuos sobre los servicios ecosistémicos que provee el Sistema de Lagunas Interdunarias de la ciudad de Veracruz.

## IX. ÁREA DE ESTUDIO

El Sistema de Lagunas Interdunarias de la Ciudad de Veracruz (SLICV) se localiza en el municipio de Veracruz, el cual se encuentra ubicado entre las coordenadas geográficas extremas: al norte 19°16', al sur 19°06' de latitud norte; al este 96°06' y al oeste 96°20' de longitud oeste; Este sistema lagunar tiene como categoría de manejo existente tales como: Área Natural protegida (ANP), Sitio Ramsar (RAMSAR), Región Terrestre Prioritaria (RTP), Región Marina Prioritaria (RMP), Áreas de Importancia para Aves (AICAS). (Ramsar 2005)

Este sistema tiene una superficie de 140.63 ha aproximadamente (Figura 1).

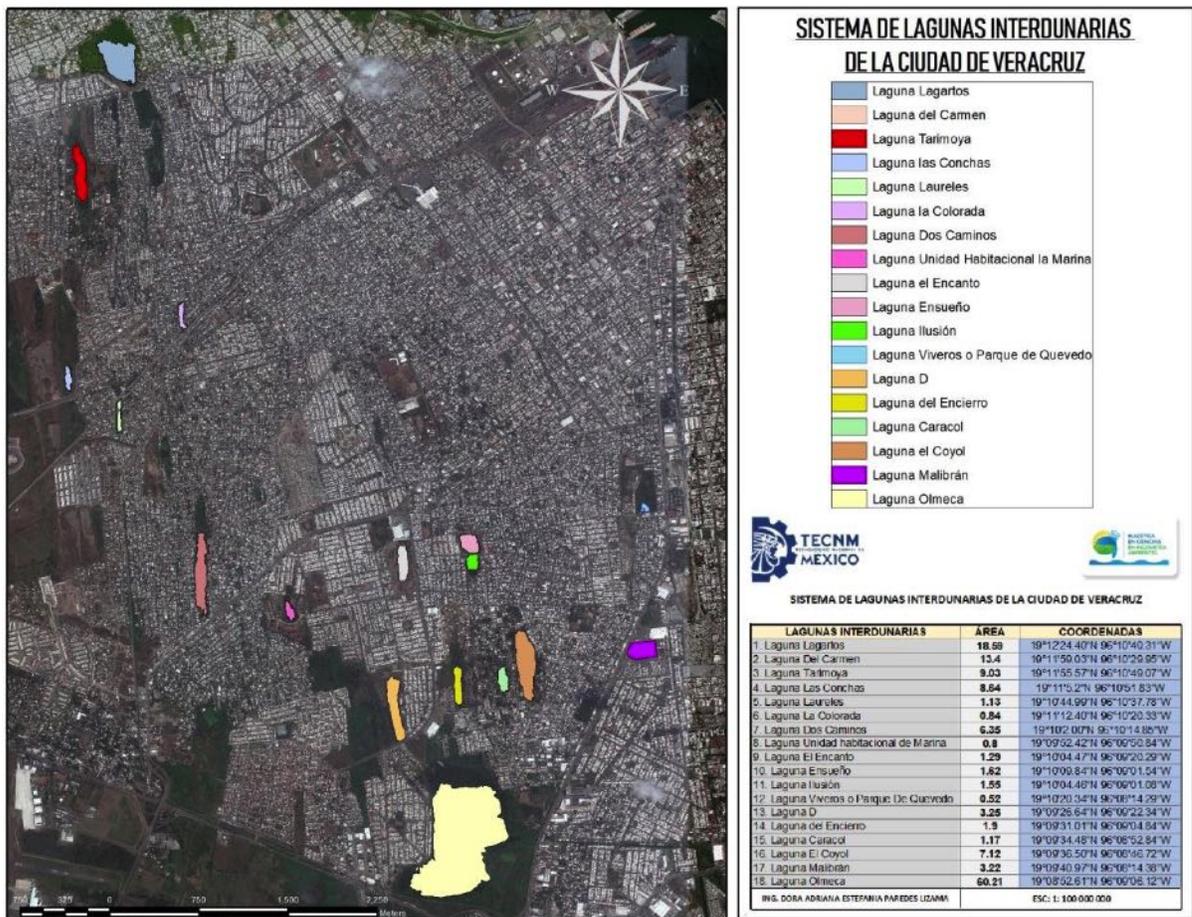


Figura 1. Área de estudio Sistema Lagunar Interdunario de la ciudad de Veracruz.

## **X. MATERIALES Y METODO**

### **10.1 Tipo de estudio**

El enfoque metodológico en la presente investigación se categoriza como tipo descriptiva y aplicada, ya que se está desarrollando una propuesta basada en una problemática real en un ambiente natural y cuya caracterización e implementando del enfoque espacial con base en el uso de Sistemas de Información Geográfica, la cual permitió identificar fuentes directas de residuos que afectan un ecosistema natural (Sistema de Lagunas Interdunarias de la Ciudad de Veracruz) y cuyos resultados podrían ser utilizados por autoridades para la generación de alternativas de manejo en estos ambientes.

### **10.2 Delimitación y digitalización del área de estudio**

Para definir la escala inicial de esta investigación, se utilizó como base una imagen de satélite del servidor Google Earth, obtenida y descargada con el software de acceso libre Sas Planet (SAS.Planet, 2007-2018) y la cual sirvió para delimitar espacialmente el área de estudio. Para delimitar los polígonos de cada una de las lagunas interdunarias de la ciudad de Veracruz, se utilizó el software de acceso libre Google Earth Pro (Google, 2018), y mediante la herramienta “agregar polígonos”, se digitalizaron todas las lagunas que pertenecen al SLICV identificadas en la imagen de satélite (Fig. 2). Los polígonos obtenidos se guardaron como archivos con terminación kml para posteriormente ser importados al ambiente de SIG.

### **10.3 Ubicación y caracterización espacial de las fuentes de contaminación**

Con ayuda del software Google Earth Pro, una vez digitalizadas las lagunas del SLICV, se procedió a realizar un estudio prospectivo para identificar posibles puntos de contaminación presentes en cada laguna. Para lo cual, se realizó una aproximación espacial y se marcó los sitios donde posiblemente se encontrarían diferentes tipos de residuos. Este marcaje se realizó con la ayuda del GPS del software uso libre Google Maps para posteriormente, realizar la visita in situ a los puntos antes señalando (Figura 3), considerando el libre acceso y seguridad a estos

sitios, sin que se viese en riesgo la integridad y riesgo de la investigación al invadir propiedad privada o zonas de prohibida entrada al lugar.



Figura 2. Polígonos del SLICV obtenido mediante la interface de Google Earth Pro.

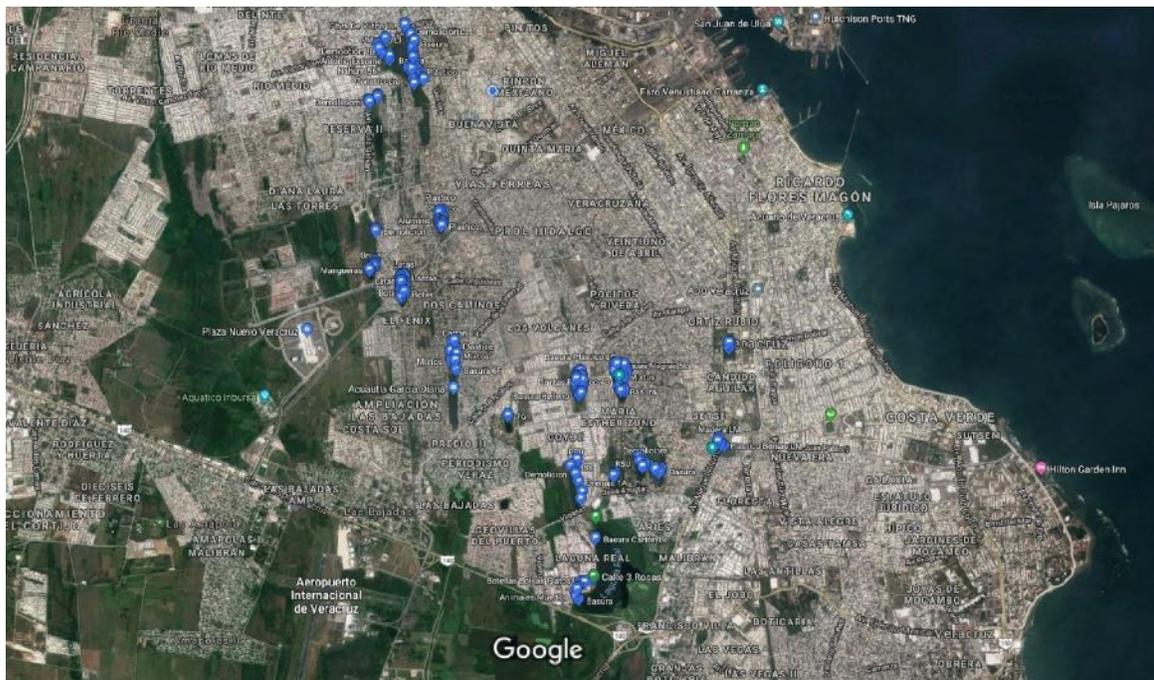


Figura 3. Ubicación espacial de fuentes de contaminación localizados en el SLICV

Una vez identificadas las fuentes de contaminación, derivado del trabajo de campo, se generó un sistema de clasificación de los diferentes tipos de residuos en cada punto de muestreo, tomando como referencia la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (DOF, 2018).

A partir de esta información, y con ayuda del software Microsoft Excel 2010 (Microsoft, 2010), se generó una base de datos, en las que se describe la ubicación espacial de las diferentes fuentes de contaminación. Con ayuda del software ArcMap™ Versión 10.3 (ESRI, 2014) y utilizando la herramienta Add XY data (ESRI, 2014), esta información fue importada a un ambiente de SIG para la generación de capas de información, la cual fue exportada en forma de mapas en los cuales se representan, la caracterización espacial de los diferentes tipos de residuos presentes en cada una de las lagunas de SLICV.

#### **10.4 Determinación del impacto de los residuos en el SLICV**

Con base en la caracterización obtenida de las diferentes fuentes de contaminación en el SLICV, se contarán el número de sitios presentes en cada laguna y con la clasificación de cada tipo de residuo se realizó un análisis de frecuencia y posteriormente se determinó el grado de impacto ecológico y/o ambiental que pudieran presentarse sobre los servicios ecosistémicos que provee cada laguna. Estos fueron agrupados de acuerdo a la función a la que pertenecen, con base en las categorías establecidas en el documento de la evaluación de ecosistemas del milenio (MEA, 2005). Esta información sirvió como insumo para la construcción de matrices de impacto cuantitativas y cualitativas donde se compararon los servicios ecosistémicos identificados, el grado de impacto que tuvieron sobre estos servicios y la tendencia actual de las amenazas presentes, de acuerdo con la Evaluación del Milenio (MEA *op. cit.*) en cada cuerpo de agua del SLICV.

Por ende, para saber la frecuencia de todos estos residuos se hizo un análisis de frecuencia, con lo obtenido en nuestra base de datos, y así obtener un resumen de la información acerca de la cantidad de veces que una variable toma un valor determinado. Nuestro tipo de estudio estadístico es de frecuencia absoluta. Por otra parte, teniendo estos resultados estadísticos individualmente, se realizó uno completo del sistema lagunar Interdunario de la ciudad de Veracruz, esto es con el fin de determinar el impacto que estos contaminantes proveen con apoyo de los sistemas ecosistémicos. Los sistemas ecosistémicos de este humedal fueron ejecutados por análisis tanto cualitativo como cuantitativo, esto con el único fin de acentuar cuál de las lagunas es más impactada y también que sistema ambiental es el más deteriorado.

## **XI. RESULTADO**

Los resultados obtenidos muestran que en cada una de las lagunas existen diferentes tipos de residuos ubicados en *in situ* y delimitados espacialmente mediante el software ArcGIS. De acuerdo con lo identificado en cada laguna, se identificaron tres tipos de residuos: Residuos Sólidos Urbanos (RSU), Residuos de Manejo Especial (RME) y Residuos Peligrosos (RP), y se propuso una clasificación nueva de residuo, llamada Residuos Mixtos (RM) que es el conjunto de materia orgánica e inorgánica que no se puede caracterizar, clasificar ni cuantificar, tomando como referencia los residuos identificados en la Laguna Ensueño (Figura 4)



*Figura 4. Residuos Mixtos en Laguna Ensueño*

## 1.1 Laguna Lagartos

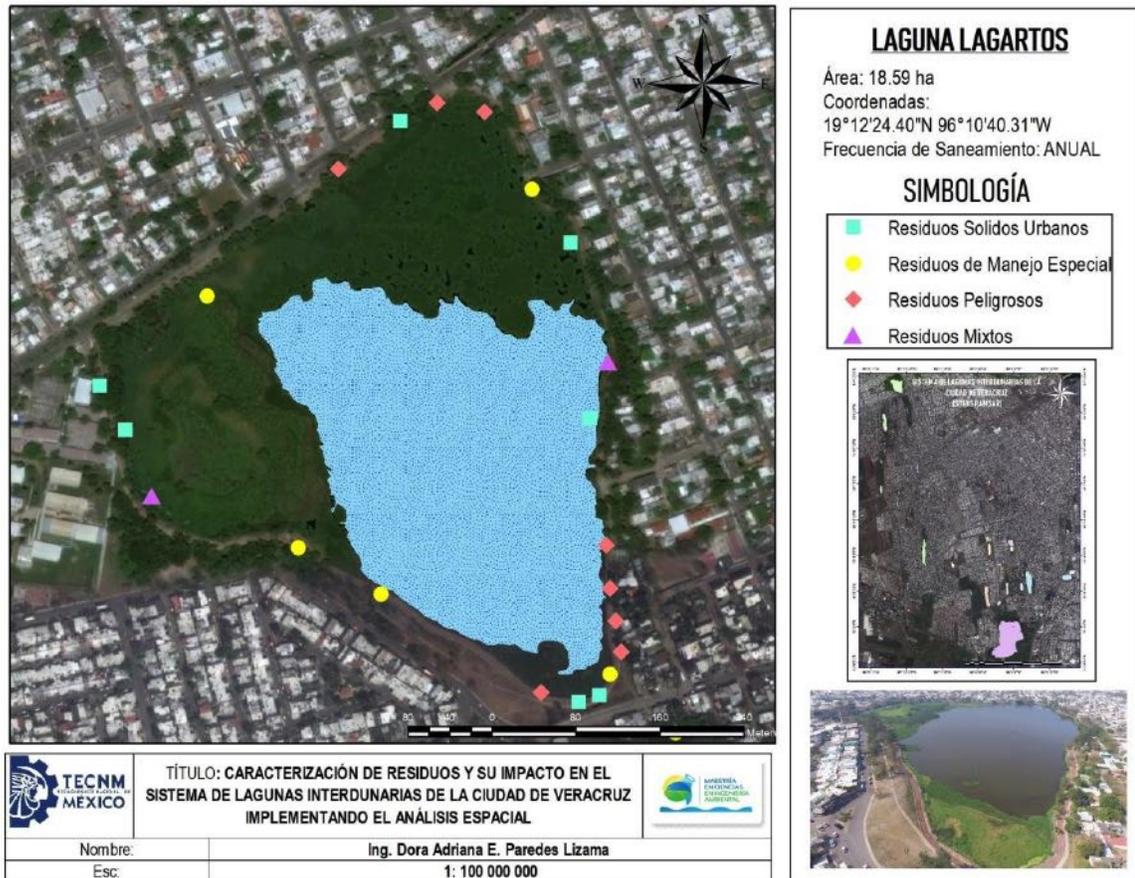


Figura 5. Ubicación espacial de los diferentes tipos de residuos identificados en la Laguna Lagartos.

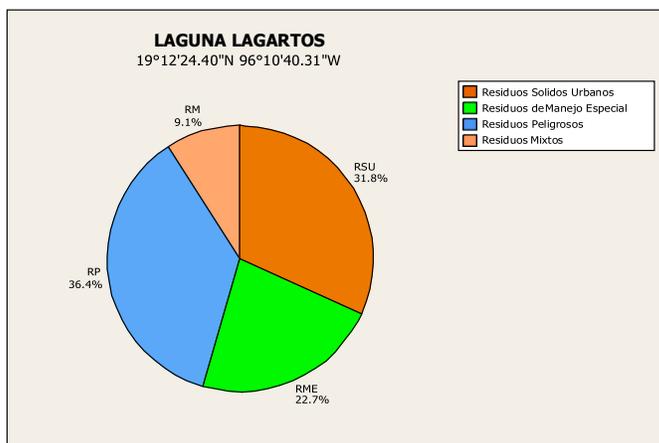


Figura 6. Porcentaje de residuos identificados en la Laguna Lagartos.

ANÁLISIS DE FRECUENCIA		
RESIDUOS	CONTEO	PORCENTAJE
RSU	7	31.82%
RME	5	22.73%
RP	8	36.36%
RM	2	9.09%
<b>N=</b>	<b>22</b>	<b>100.00%</b>

Tabla 2. Análisis de frecuencia de los diferentes tipos de residuos identificados en la Laguna Lagartos.

## 11.2 Laguna del Carmen

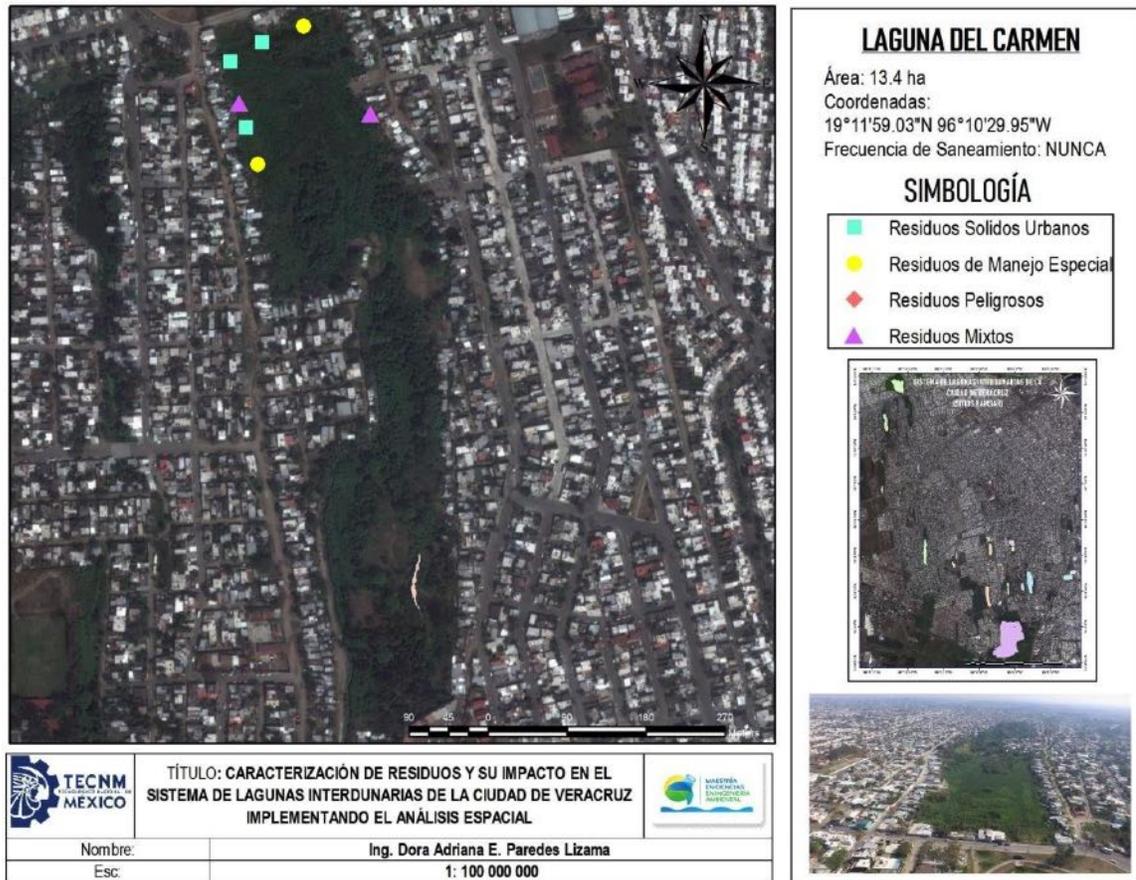


Figura 7. Ubicación espacial de los diferentes tipos de residuos identificados en la Laguna del Carmen

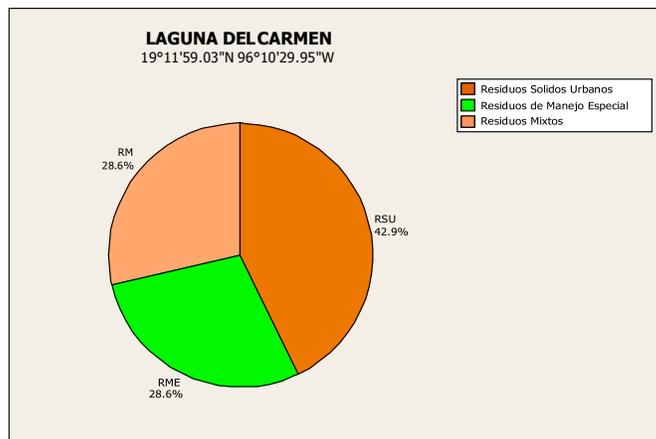


Figura 8. Porcentaje de residuos identificados en la Laguna del Carmen.

ANÁLISIS DE FRECUENCIA		
RESIDUOS	CONTEO	PORCENTAJE
RSU	3	42.86%
RME	2	28.57%
RP	0	0.00%
RM	2	28.57%
N=	7	100.00%

Tabla 3. Análisis de frecuencia de los diferentes tipos de residuos identificados en la Laguna del Carmen.

### 11.3 Laguna Tarimoya

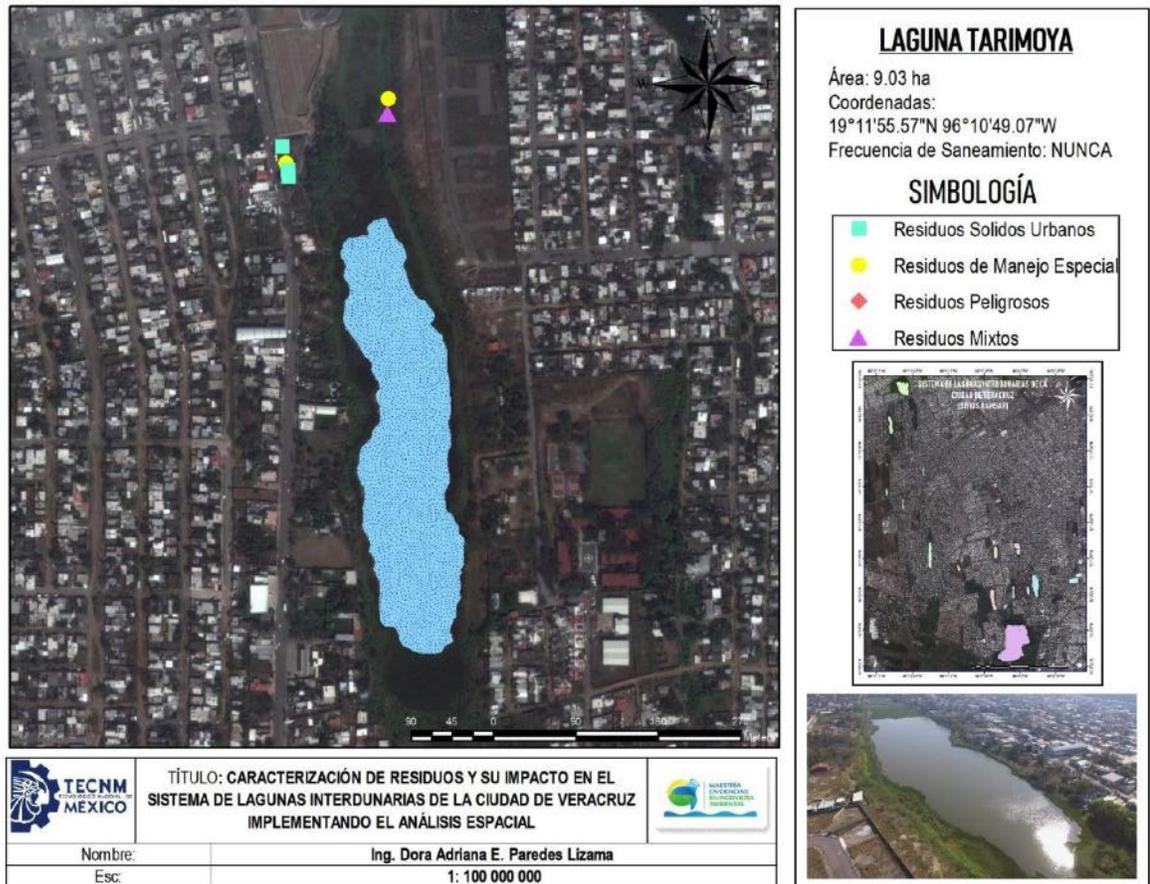


Figura 9. Ubicación espacial de los diferentes tipos de residuos identificados en la Laguna Tarimoya

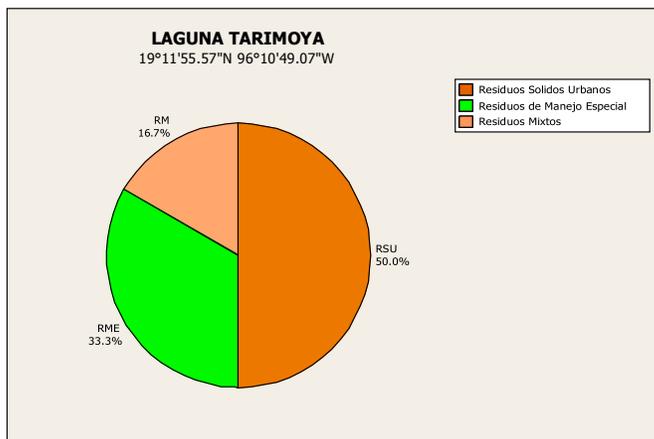


Figura 10. Porcentaje de residuos identificados en la Laguna Tarimoya.

ANÁLISIS DE FRECUENCIA		
RESIDUOS	CONTEO	PORCENTAJE
RSU	3	50.00%
RME	2	33.33%
RP	0	0.00%
RM	1	16.67%
N=	6	100.00%

Tabla 4. Análisis de frecuencia de los diferentes tipos de residuos identificados en la Laguna Tarimoya.

## 11.4 Laguna las Conchas

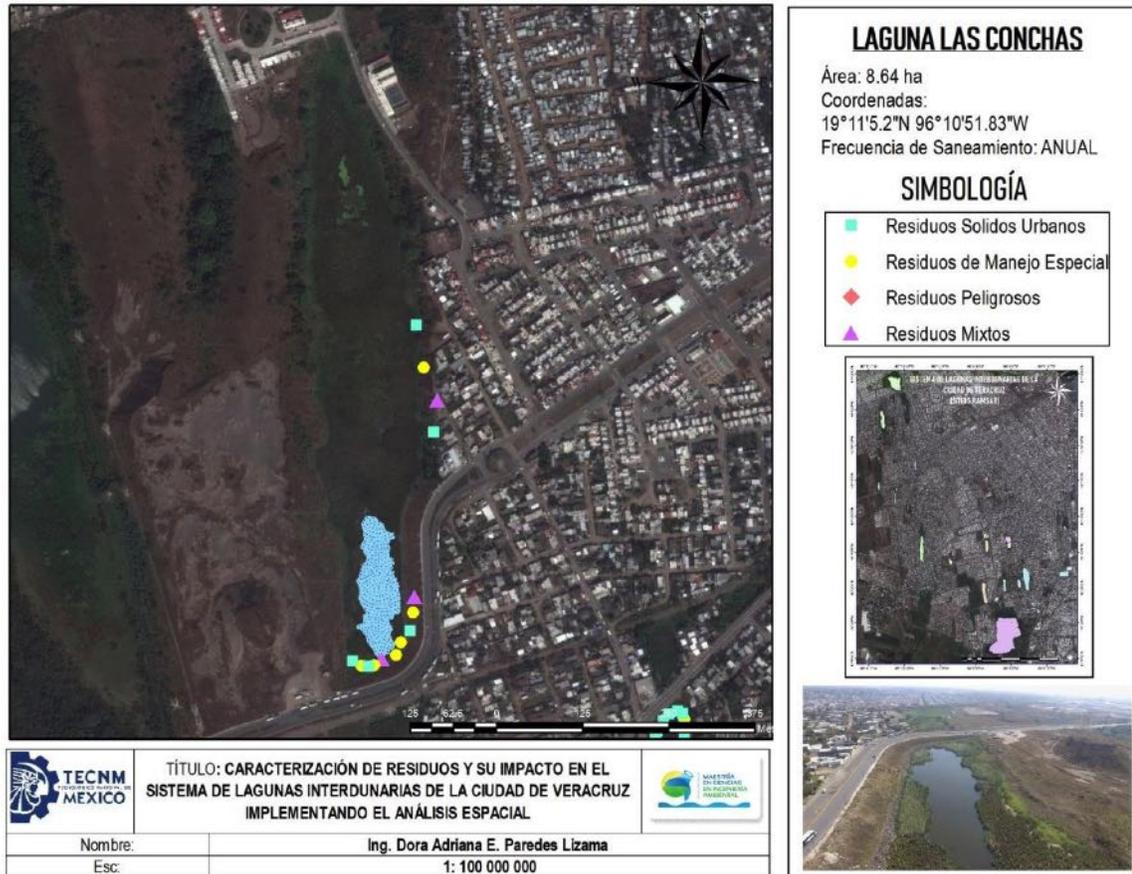


Figura 11. Ubicación espacial de los diferentes tipos de residuos identificados en la Laguna las Conchas.

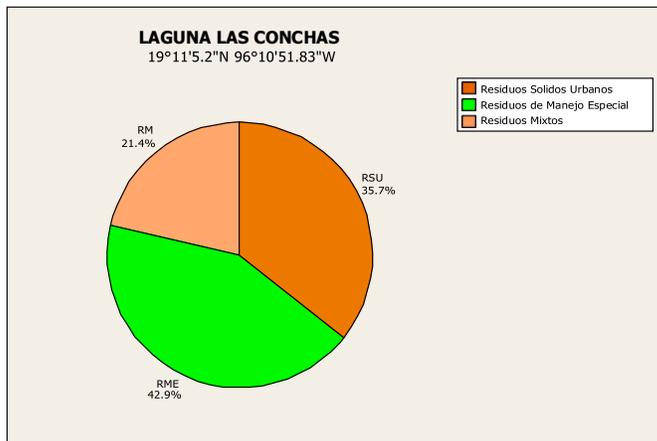


Figura 12. Porcentaje de residuos identificados en la Laguna las Conchas.

ANÁLISIS DE FRECUENCIA		
RESIDUOS	CONTEO	PORCENTAJE
RSU	5	35.71%
RME	6	42.86%
RP	0	0.00%
RM	3	21.43%
<b>N=</b>	<b>14</b>	<b>100.00%</b>

Tabla 5. Análisis de frecuencia de los diferentes tipos de residuos identificados en la Laguna las Conchas.

## 11.5 Laguna Laureles

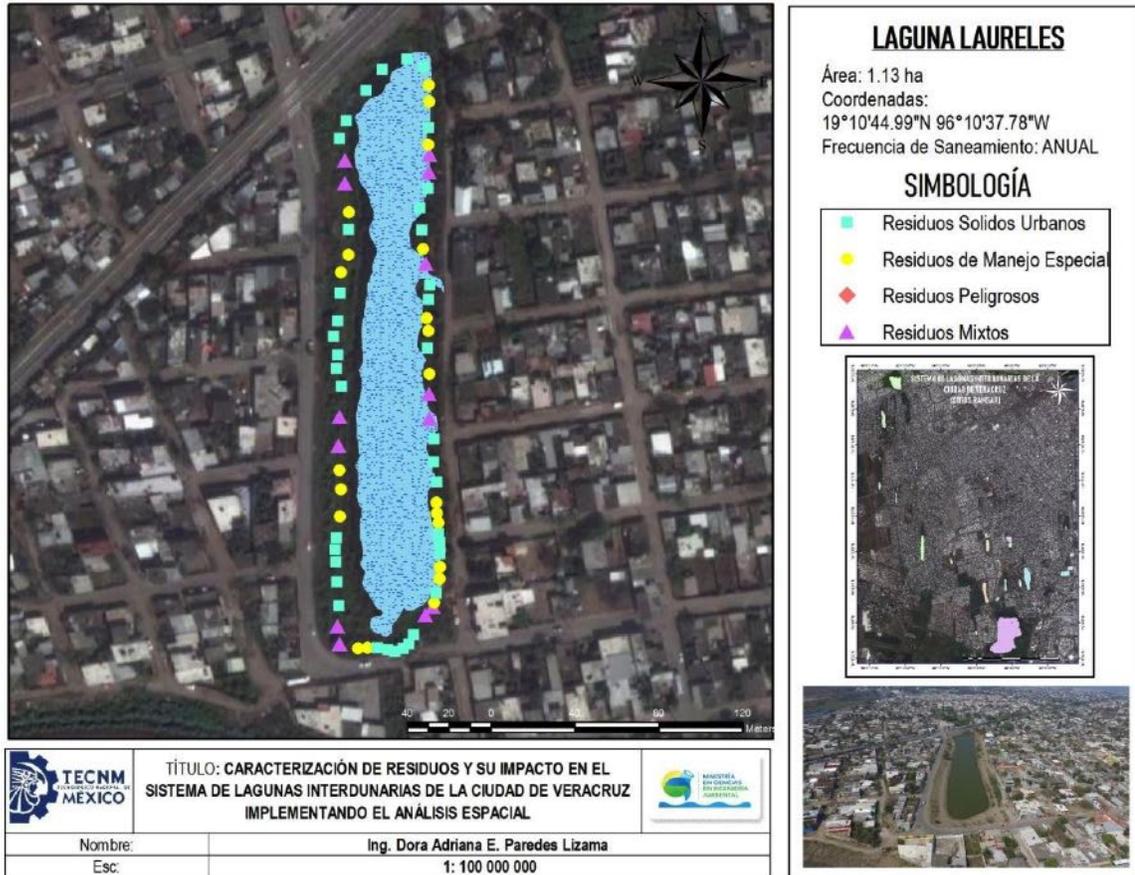


Figura 13. Ubicación espacial de los diferentes tipos de residuos identificados en la Laguna Laureles.

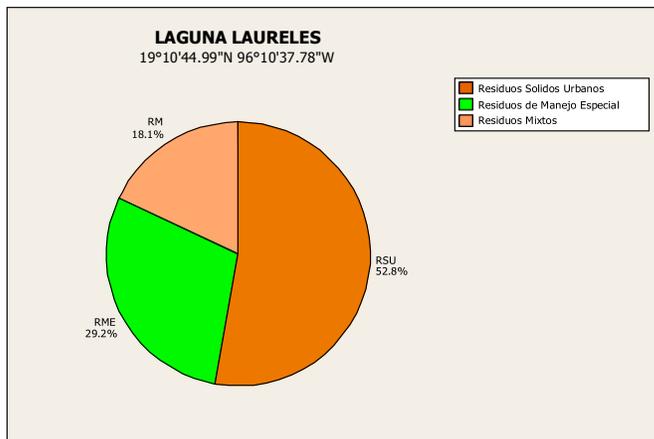


Figura 14. Porcentaje de residuos identificados en la Laguna Laureles.

ANÁLISIS DE FRECUENCIA		
RESIDUOS	CONTEO	PORCENTAJE
RSU	38	52.78%
RME	21	29.16%
RP	0	0.00%
RM	13	18.06%
N=	72	100.00%

Tabla 6 Análisis de frecuencia de los diferentes tipos de residuos identificados en la Laguna Laureles.

## 11.6 Laguna la Colorada

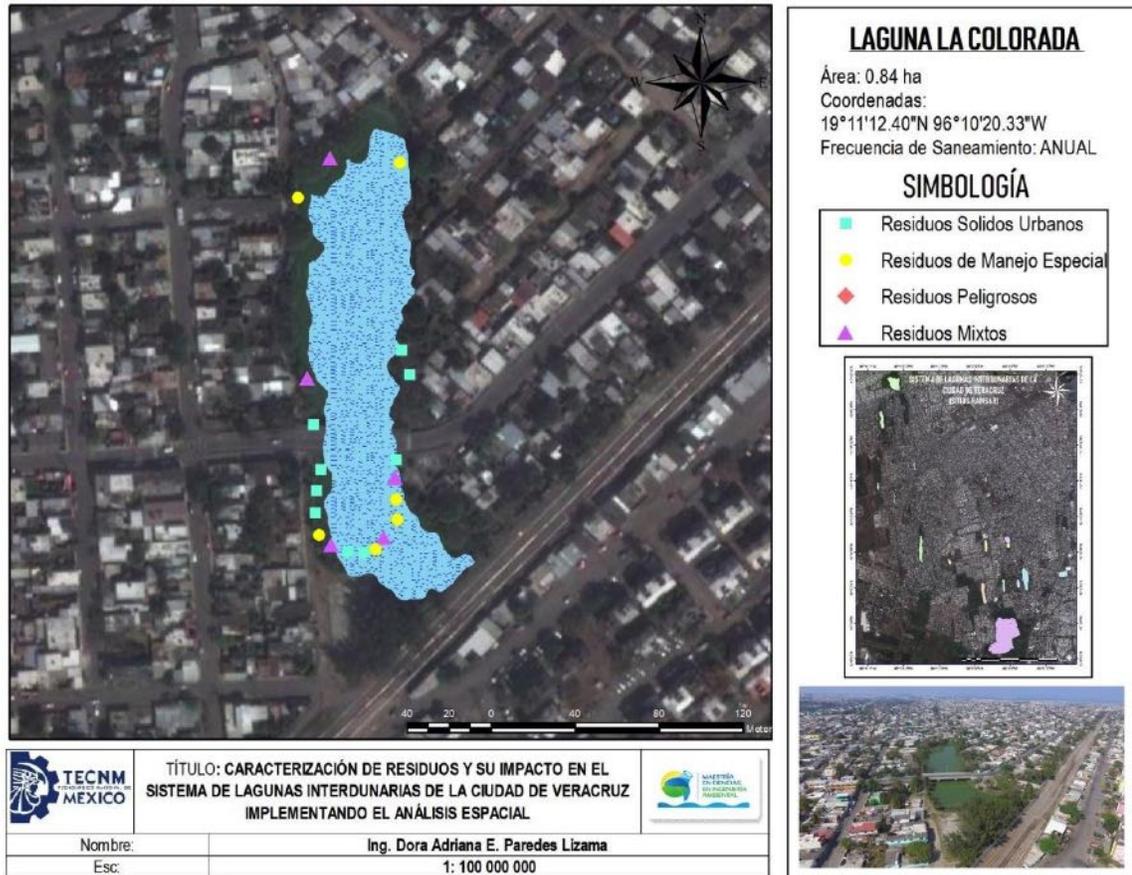


Figura 15. Ubicación espacial de los diferentes tipos de residuos identificados en la Laguna la Colorada.

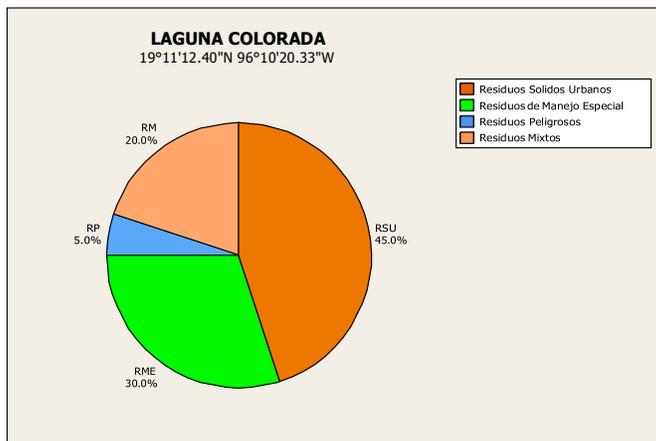


Figura 16. Porcentaje de residuos identificados en la Laguna la Colorada.

ANÁLISIS DE FRECUENCIA		
RESIDUOS	CONTEO	PORCENTAJE
RSU	9	45.00%
RME	6	30.00%
RP	1	5.00%
RM	4	20.00%
N=	20	100.00%

Tabla 7 Análisis de frecuencia de los diferentes tipos de residuos identificados en la Laguna la Colorada.

## 11.7 Laguna Dos Caminos

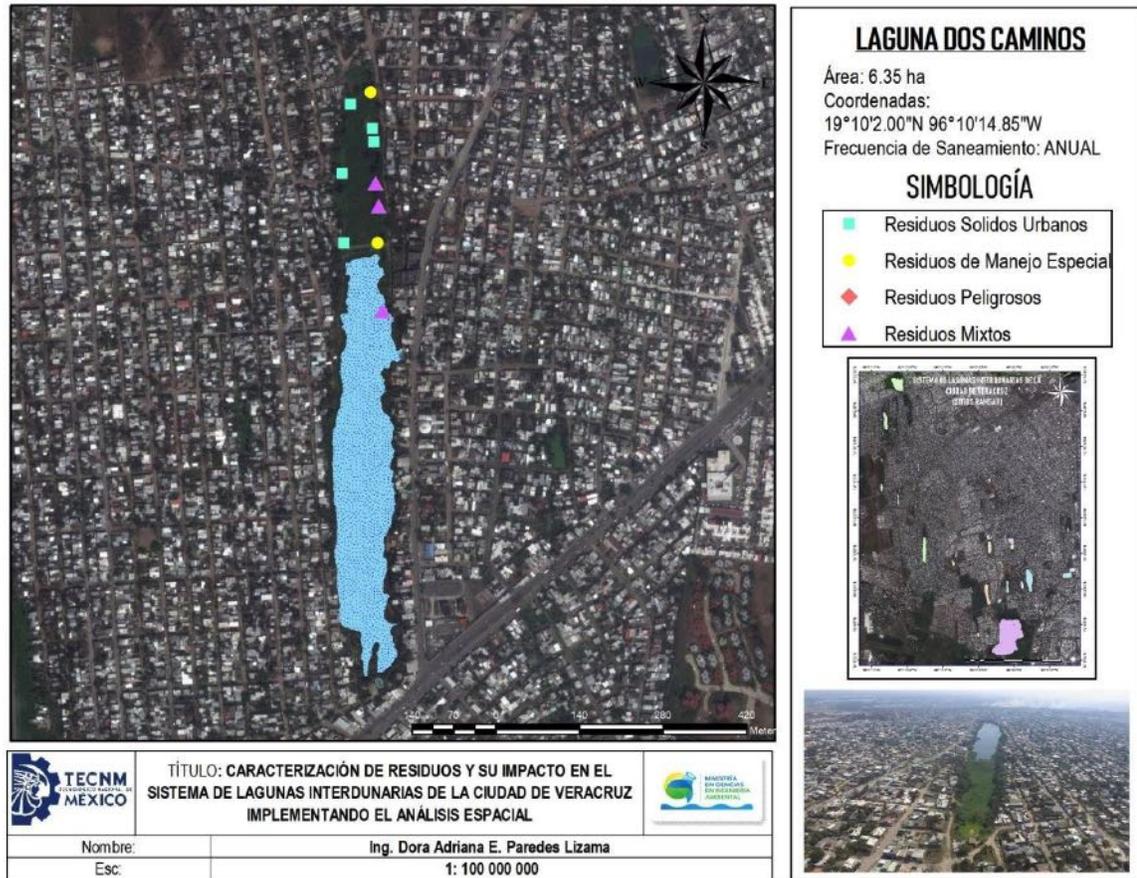


Figura 17. Ubicación espacial de los diferentes tipos de residuos identificados en la Laguna dos Caminos.

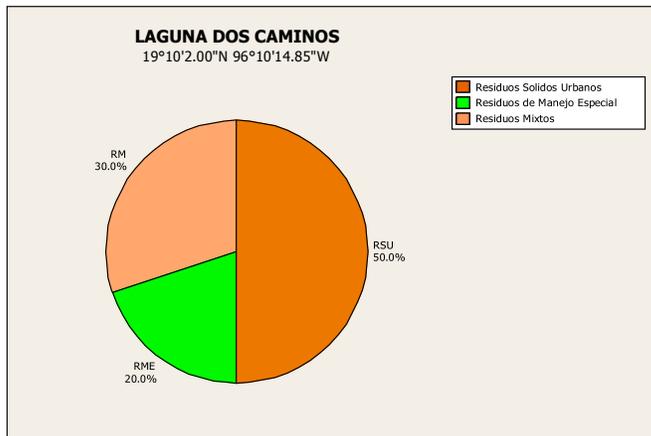


Figura 18. Porcentaje de residuos identificados en la Laguna dos Caminos.

ANÁLISIS DE FRECUENCIA		
RESIDUOS	CONTEO	PORCENTAJE
RSU	5	50.00%
RME	2	20.00%
RP	0	0.00%
RM	3	30.00%
N=	10	100.00%

Tabla 8. Análisis de frecuencia de los diferentes tipos de residuos identificados en la Laguna dos Caminos.

## **11.8 Laguna Unidad habitacional de Marina**

La Laguna Unidad Habitacional de la Marina no se pudo realizar

## 11.9 Laguna el Encanto

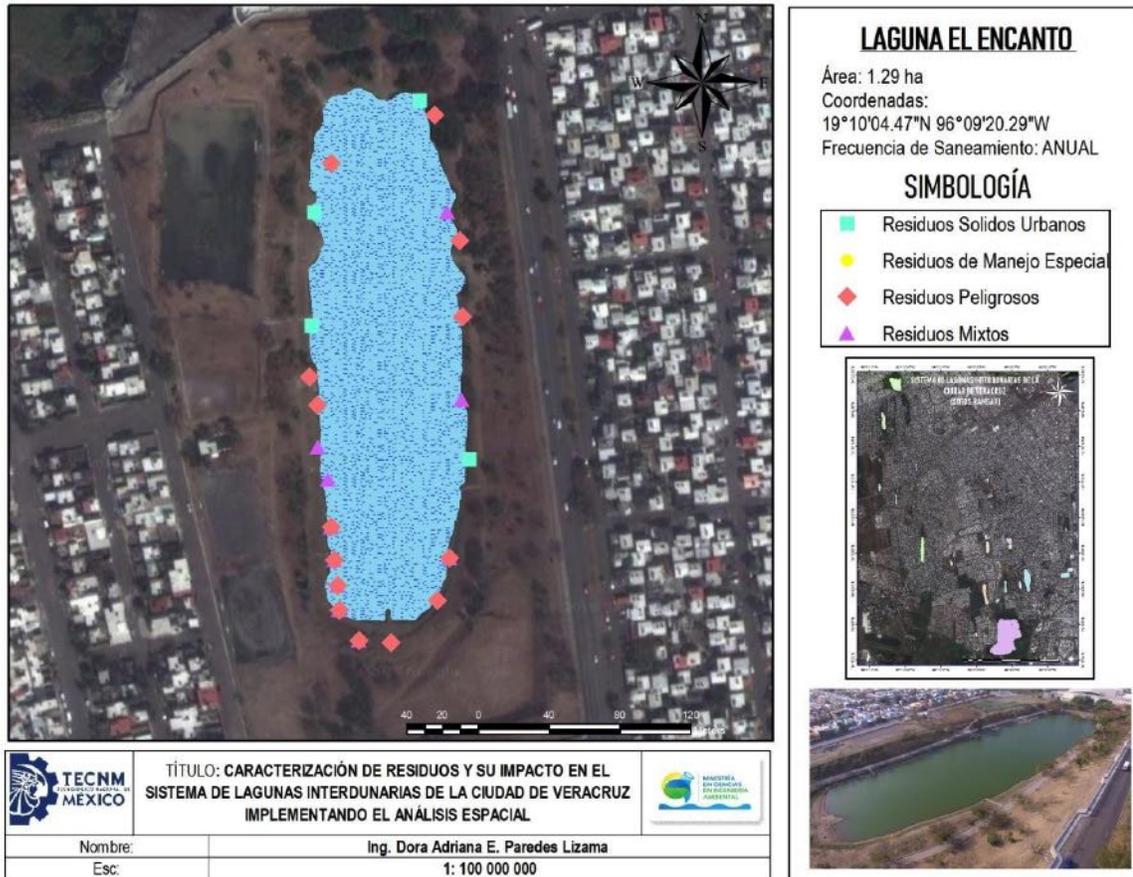


Figura 19. Ubicación espacial de los diferentes tipos de residuos identificados en la Laguna el Encanto.

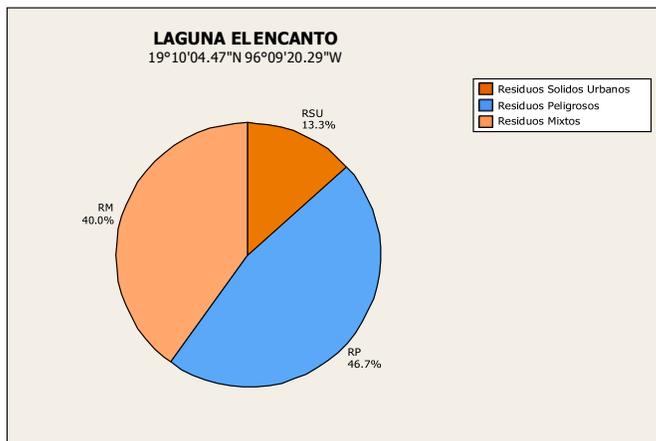


Figura 20. Porcentaje de residuos identificados en la Laguna el Encanto.

ANÁLISIS DE FRECUENCIA		
RESIDUOS	CONTEO	PORCENTAJE
RSU	4	13.33%
RME	0	0.00%
RP	14	46.67%
RM	12	40.00%
N=	30	100.00%

Tabla 9. Análisis de frecuencia de los diferentes tipos de residuos identificados en la Laguna el Encanto.

## 11.10 Laguna Ensueño

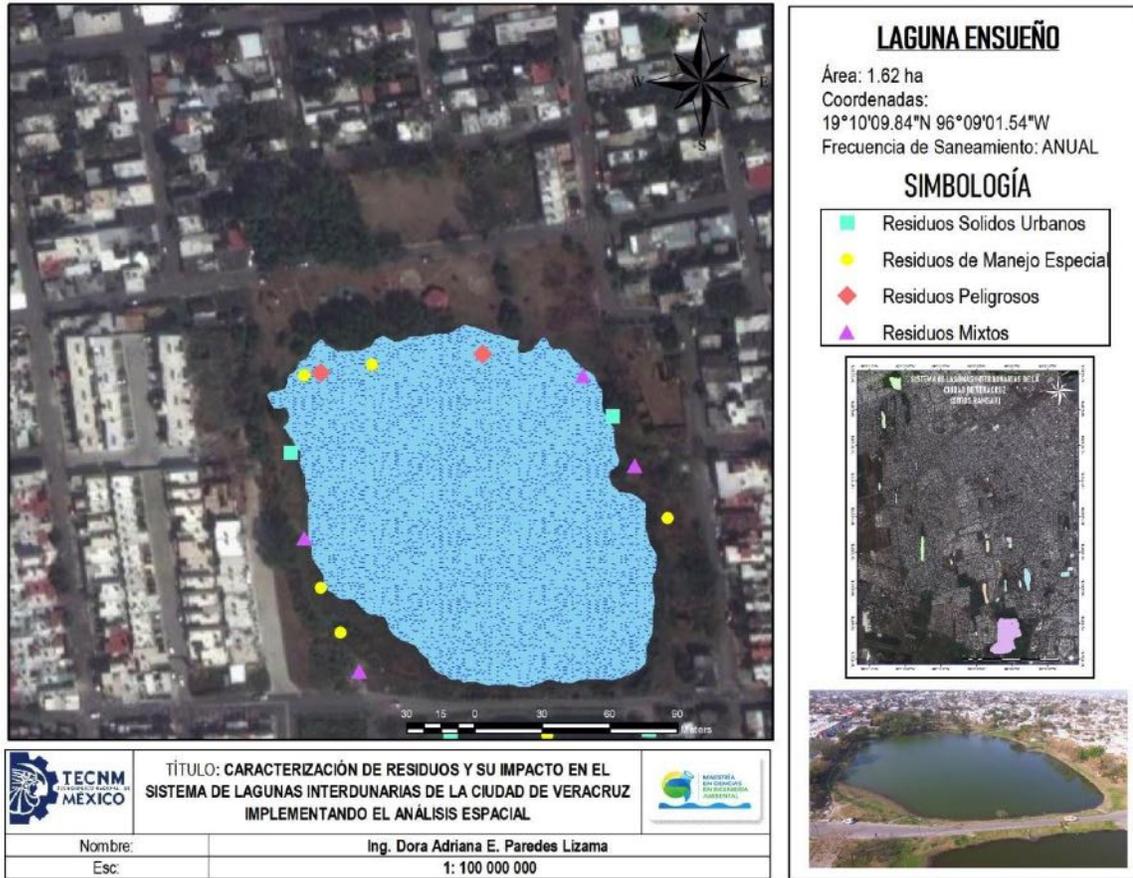


Figura 21. Ubicación espacial de los diferentes tipos de residuos identificados en la Laguna Ensueño.

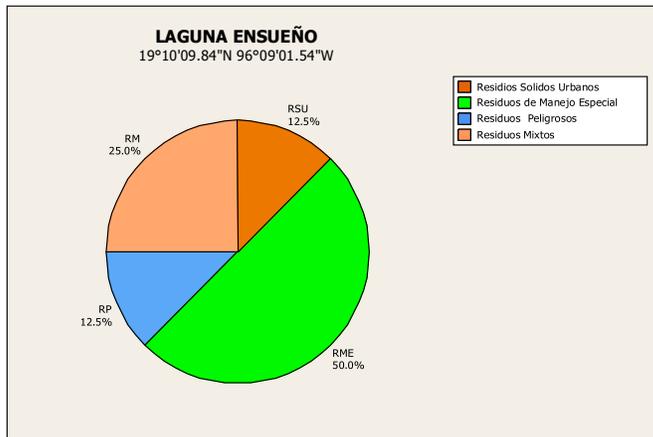


Figura 22 Porcentaje de residuos identificados en la Laguna Ensueño.

ANÁLISIS DE FRECUENCIA		
RESIDUOS	CONTEO	PORCENTAJE
RSU	2	12.50%
RME	8	50.00%
RP	2	12.50%
RM	4	25.00%
<b>N=</b>	<b>16</b>	<b>100.00%</b>

Tabla 10. Análisis de frecuencia de los diferentes tipos de residuos identificados en la Laguna Ensueño.

## 11.11 Laguna Ilusión

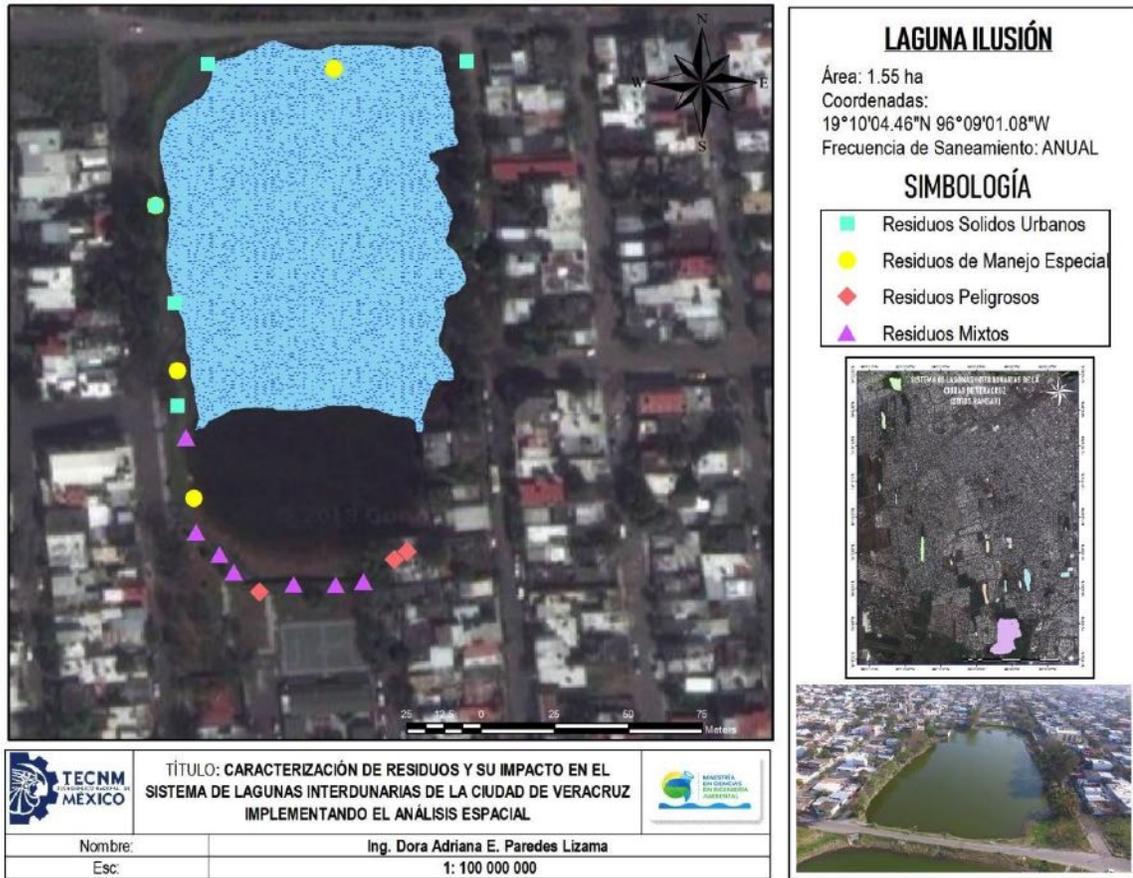


Figura 23. Ubicación espacial de los diferentes tipos de residuos identificados en la Laguna Ilusión.

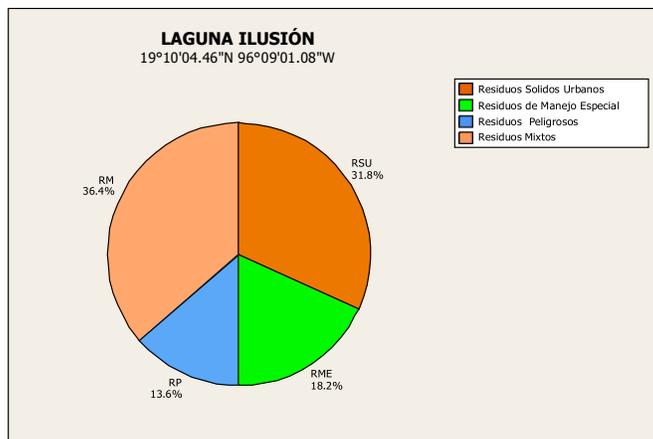


Figura 24. Porcentaje de residuos identificados en la Laguna Ilusión.

ANÁLISIS DE FRECUENCIA		
RESIDUOS	CONTEO	PORCENTAJE
RSU	7	31.82%
RME	4	18.18%
RP	3	13.64%
RM	8	36.36%
<b>N=</b>	<b>22</b>	<b>100.00%</b>

Tabla 11. Análisis de frecuencia de los diferentes tipos de residuos identificados en la Laguna Ilusión.

## 11.12 Laguna Viveros o Parque De Quevedo

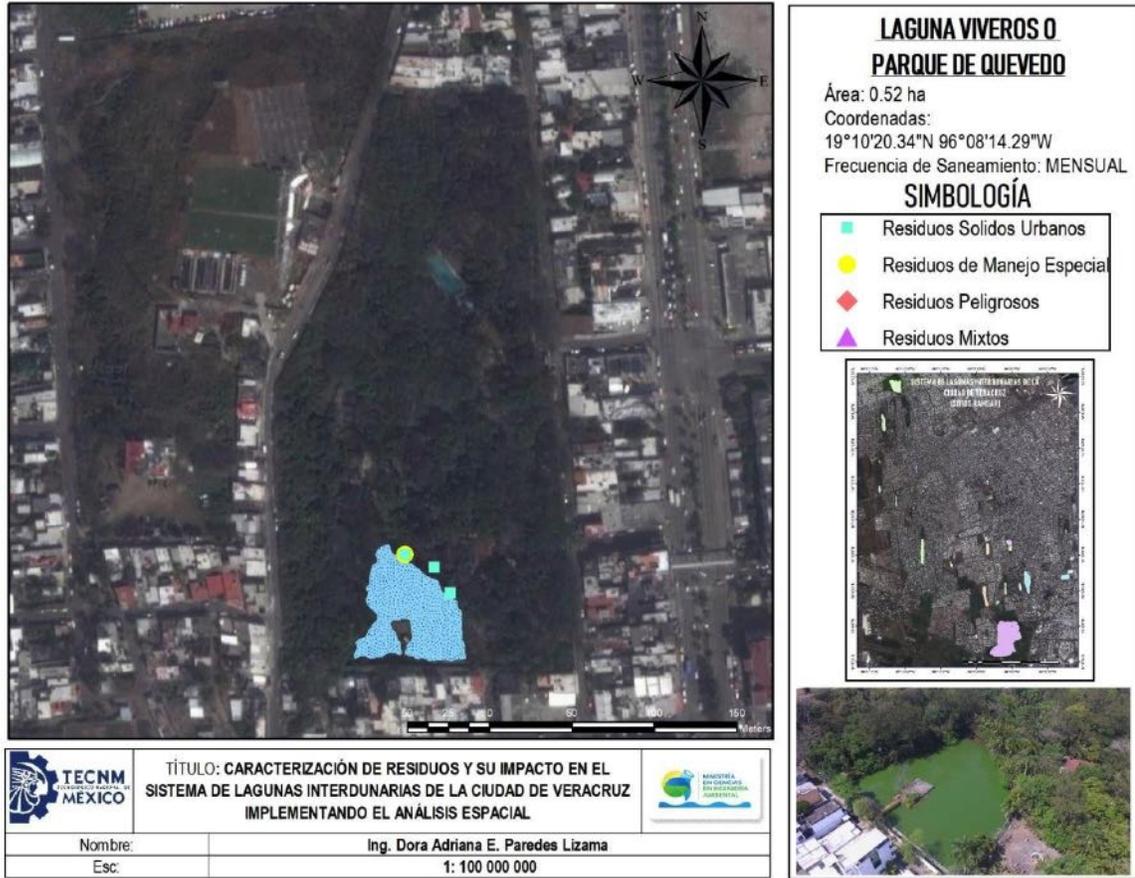


Figura 25. Ubicación espacial de los diferentes tipos de residuos identificados en la Laguna Viveros o Parque de Quevedo.

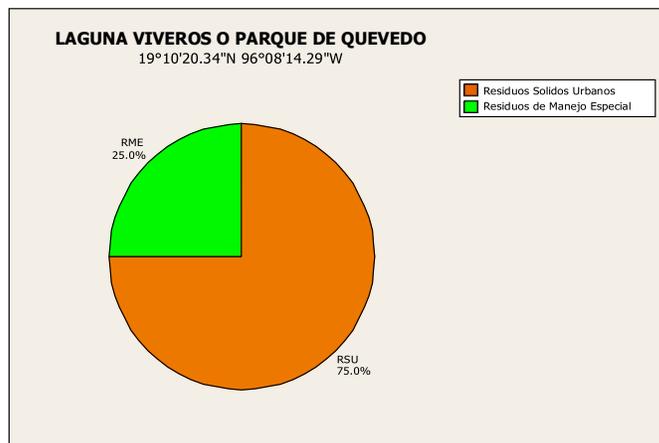


Figura 26. Porcentaje de residuos identificados en la Laguna Viveros o Parque de Quevedo.

ANÁLISIS DE FRECUENCIA		
RESIDUOS	CONTEO	PORCENTAJE
RSU	3	75.00%
RME	1	25.00%
RP	0	0.00%
RM	0	0.00%
N=	4	100.00%

Tabla 12. Análisis de frecuencia de los diferentes tipos de residuos identificados en la Laguna Viveros o Parque de Quevedo.

### 11.13 Laguna D

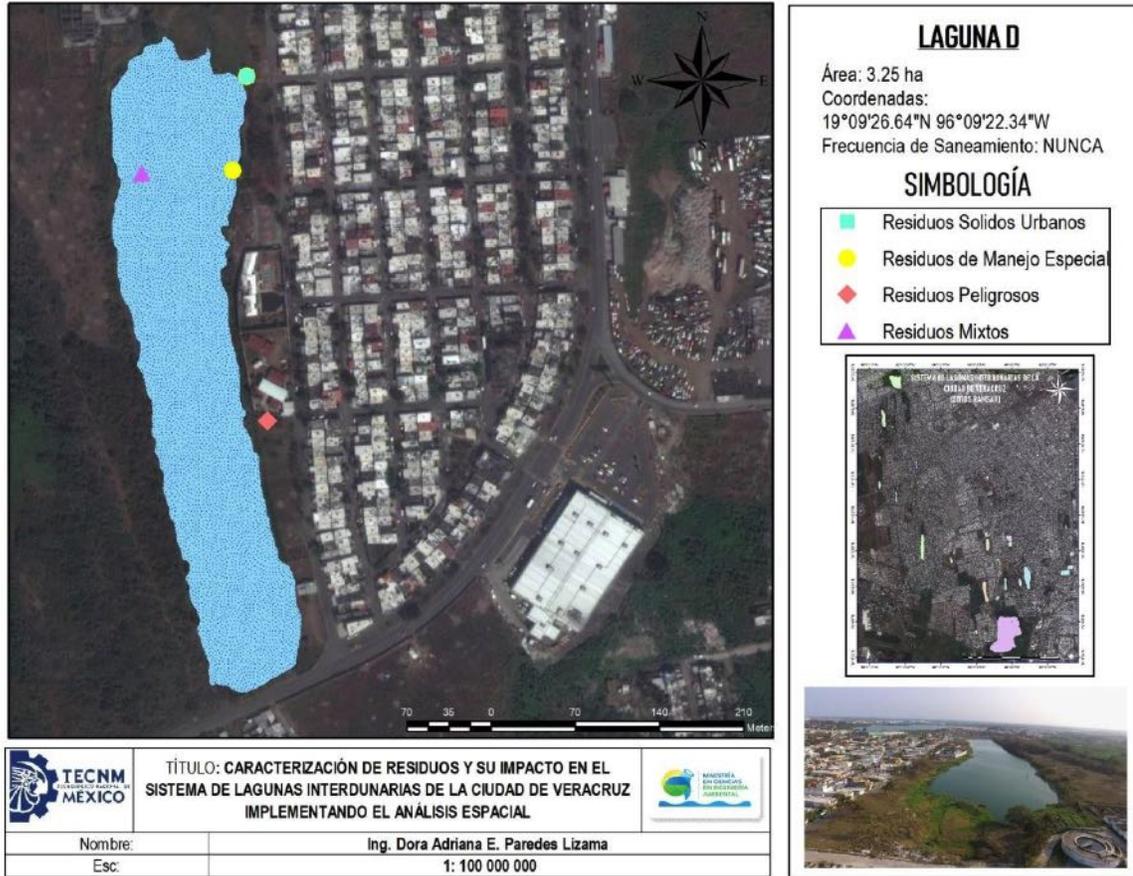


Figura 27. Ubicación espacial de los diferentes tipos de residuos identificados en la Laguna D.

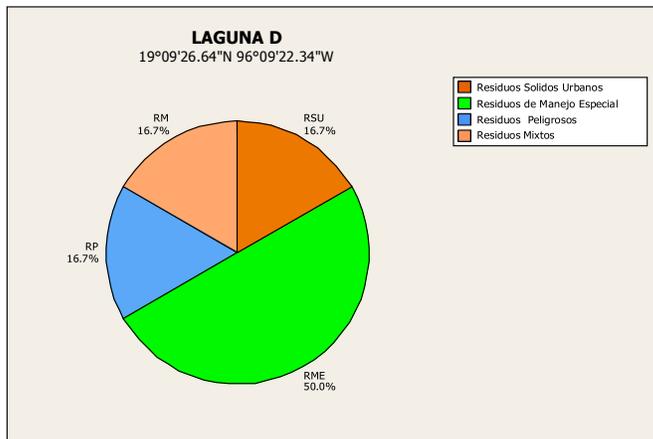


Figura 28. Porcentaje de residuos identificados en la Laguna D.

ANÁLISIS DE FRECUENCIA		
RESIDUOS	CONTEO	PORCENTAJE
RSU	1	16.67%
RME	3	50.00%
RP	1	16.67%
RM	1	16.67%
<b>N=</b>	<b>6</b>	<b>100.00%</b>

Tabla 13. Análisis de frecuencia de los diferentes tipos de residuos identificados en la Laguna D.

## 11.14 Laguna del Encierro

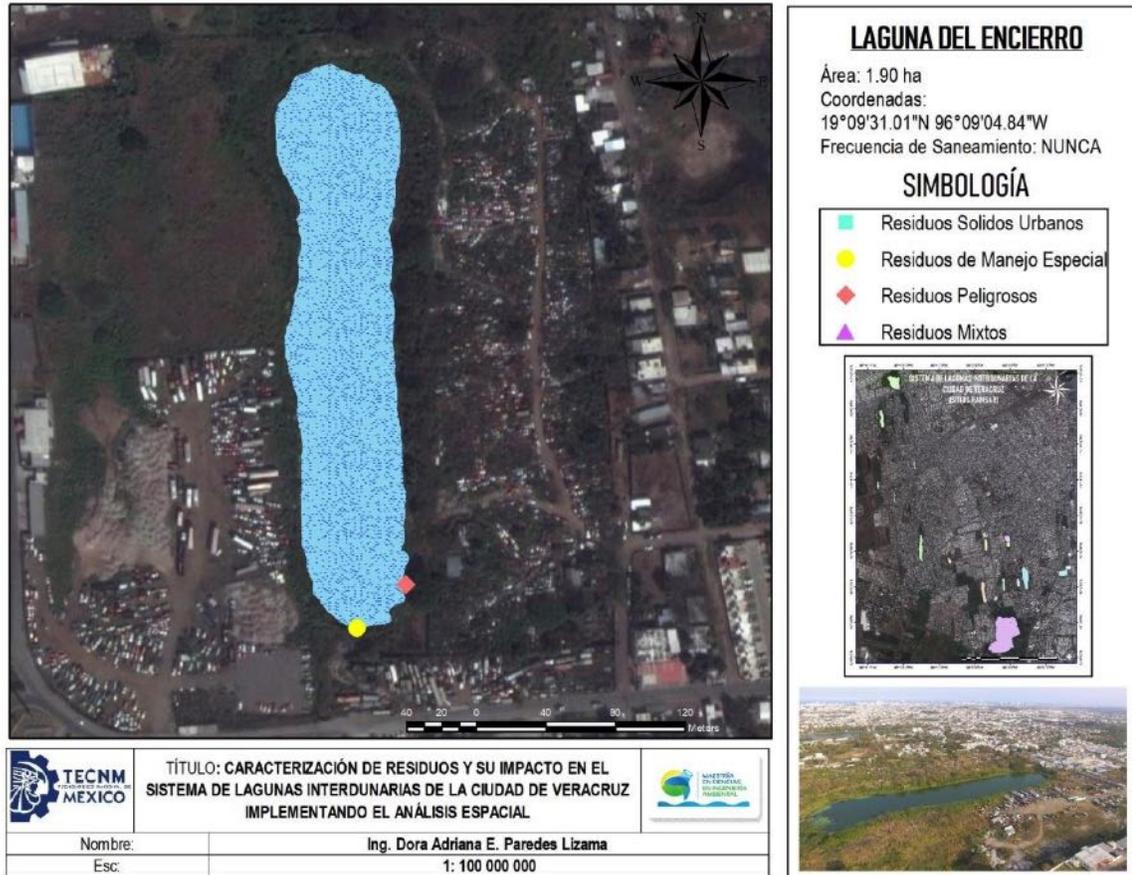


Figura 29. Ubicación espacial de los diferentes tipos de residuos identificados en la Laguna del Encierro.

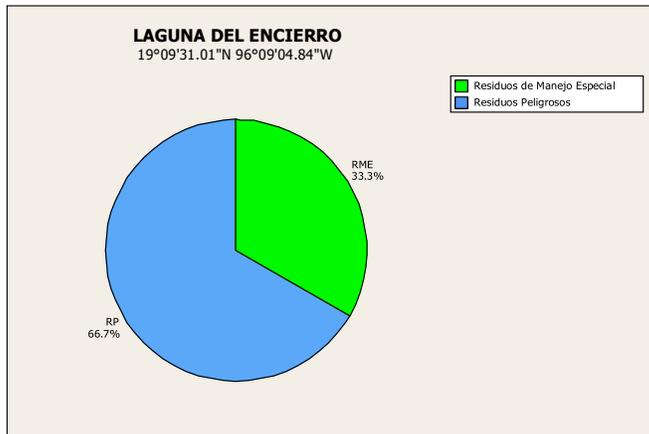


Figura 30. Porcentaje de residuos identificados en la Laguna del Encierro.

Tabla 14. Análisis de frecuencia de los diferentes tipos de residuos identificados en la Laguna del Encierro.

ANÁLISIS DE FRECUENCIA		
RESIDUOS	CONTEO	PORCENTAJE
RSU	0	0.00%
RME	1	33.33%
RP	2	66.67%
RM	0	0.00%
N=	3	100.00%

## 11.15 Laguna Caracol

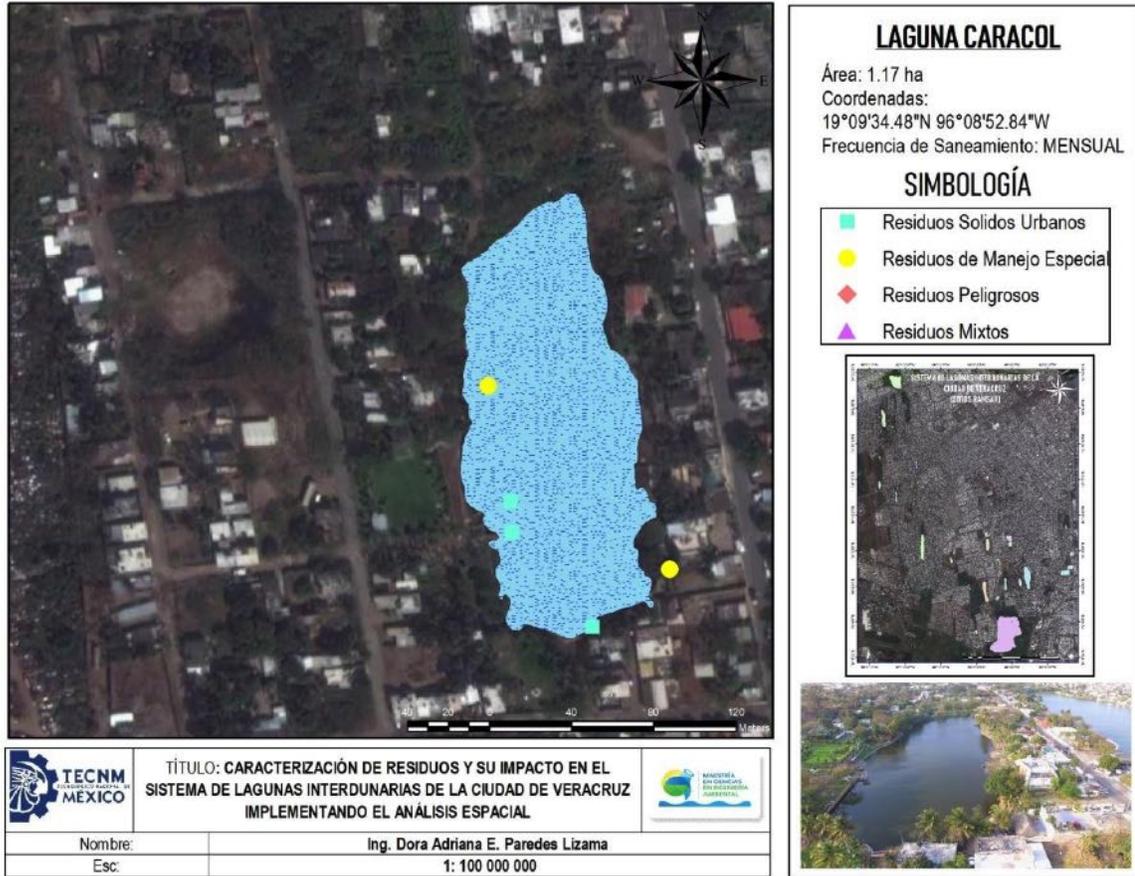


Figura 31. Ubicación espacial de los diferentes tipos de residuos identificados en la Laguna Caracol.

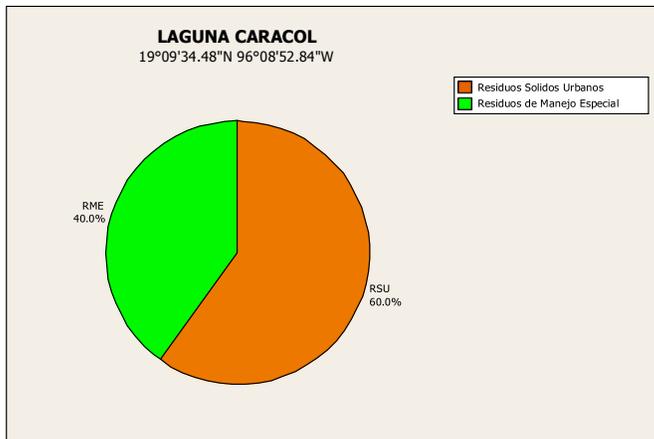


Figura 32. Porcentaje de residuos identificados en la Laguna Caracol.

ANÁLISIS DE FRECUENCIA		
RESIDUOS	CONTEO	PORCENTAJE
RSU	3	60.00%
RME	2	40.00%
RP	0	0.00%
RM	0	0.00%
N=	5	100.00%

Tabla 15. Análisis de frecuencia de los diferentes tipos de residuos identificados en la Laguna Caracol.

## 11.16 Laguna El Coyol

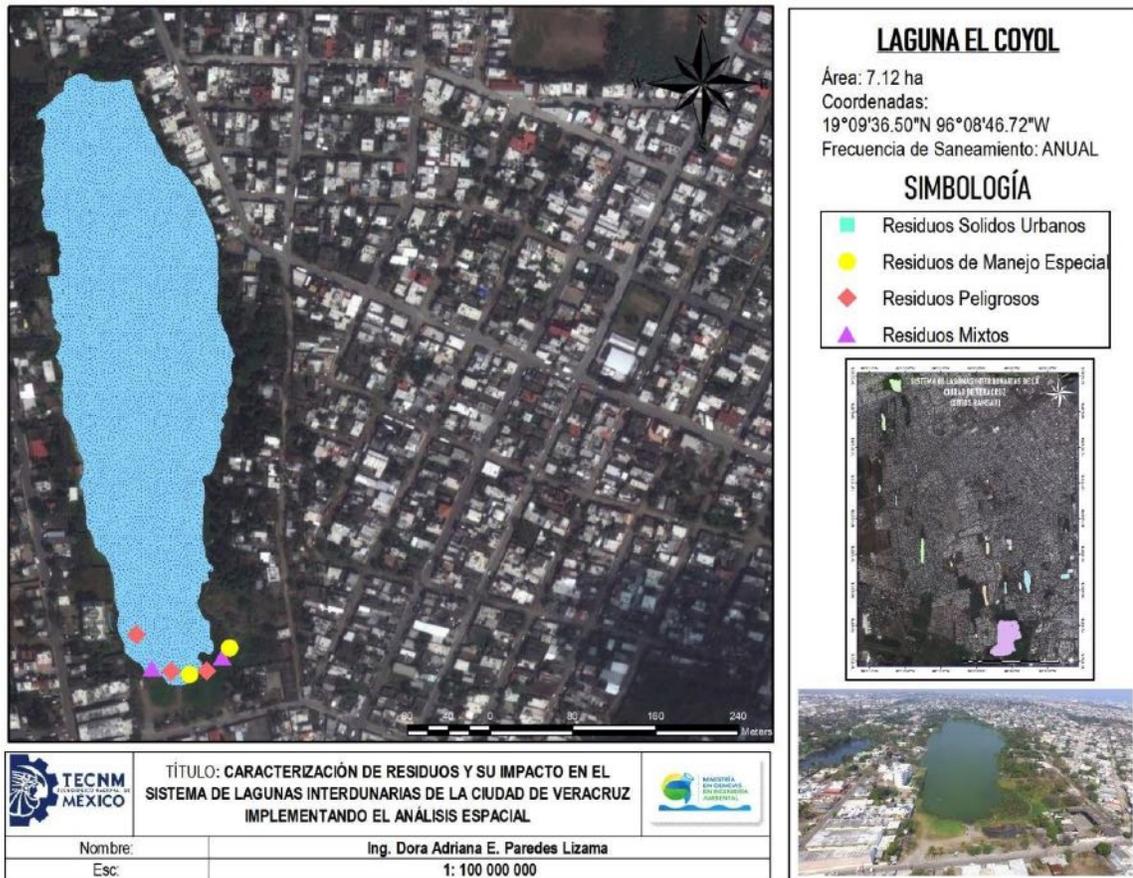


Figura 33. Ubicación espacial de los diferentes tipos de residuos identificados en la Laguna el Coyol.

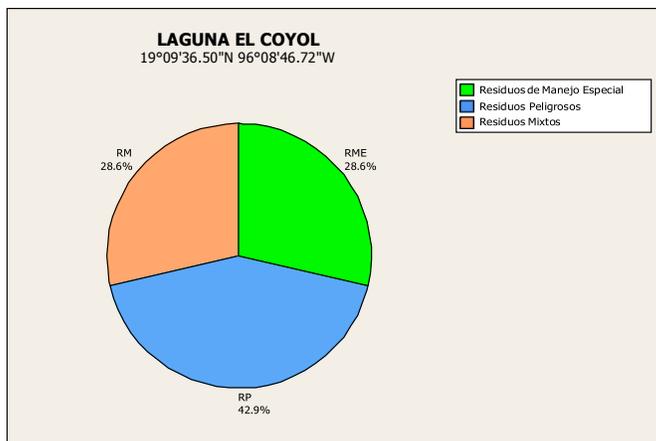


Figura 34. Porcentaje de residuos identificados en la Laguna el Coyol.

ANÁLISIS DE FRECUENCIA		
RESIDUOS	CONTEO	PORCENTAJE
RSU	0	0.00%
RME	2	28.57%
RP	3	42.86%
RM	2	28.57%
N=	7	100.00%

Tabla 16. Análisis de frecuencia de los diferentes tipos de residuos identificados en la Laguna el Coyol.

### 11.17 Laguna Malibrán

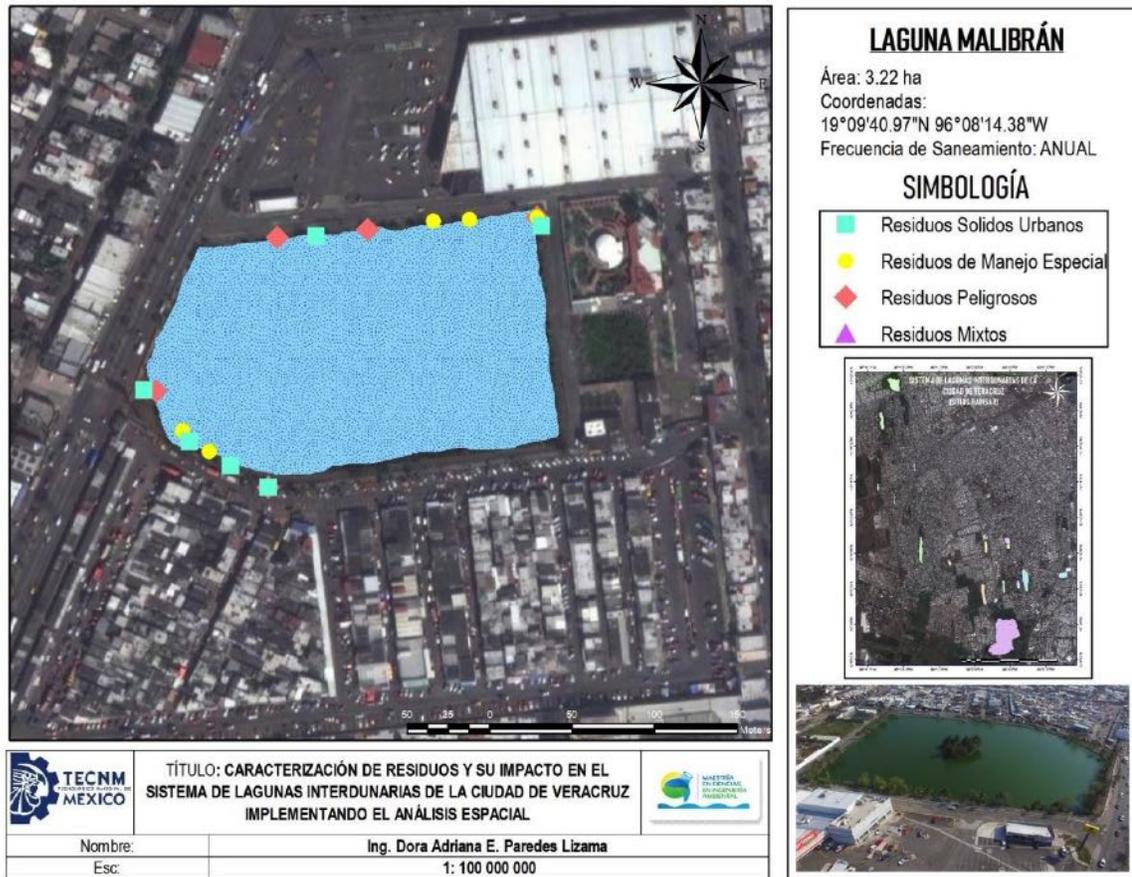


Figura 35. Ubicación espacial de los diferentes tipos de residuos identificados en la Laguna Malibrán.

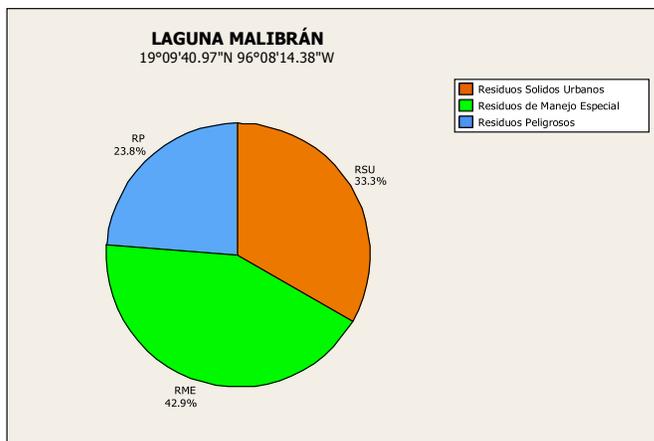


Figura 36. Porcentaje de residuos identificados en la Laguna Malibrán.

ANÁLISIS DE FRECUENCIA		
RESIDUOS	CONTEO	PORCENTAJE
RSU	7	33.33%
RME	9	42.86%
RP	5	23.81%
RM	0	0.00%
N=	21	100.00%

Tabla 17. Análisis de frecuencia de los diferentes tipos de residuos identificados en la Laguna Malibrán.

## 11.18 Laguna Olmeca

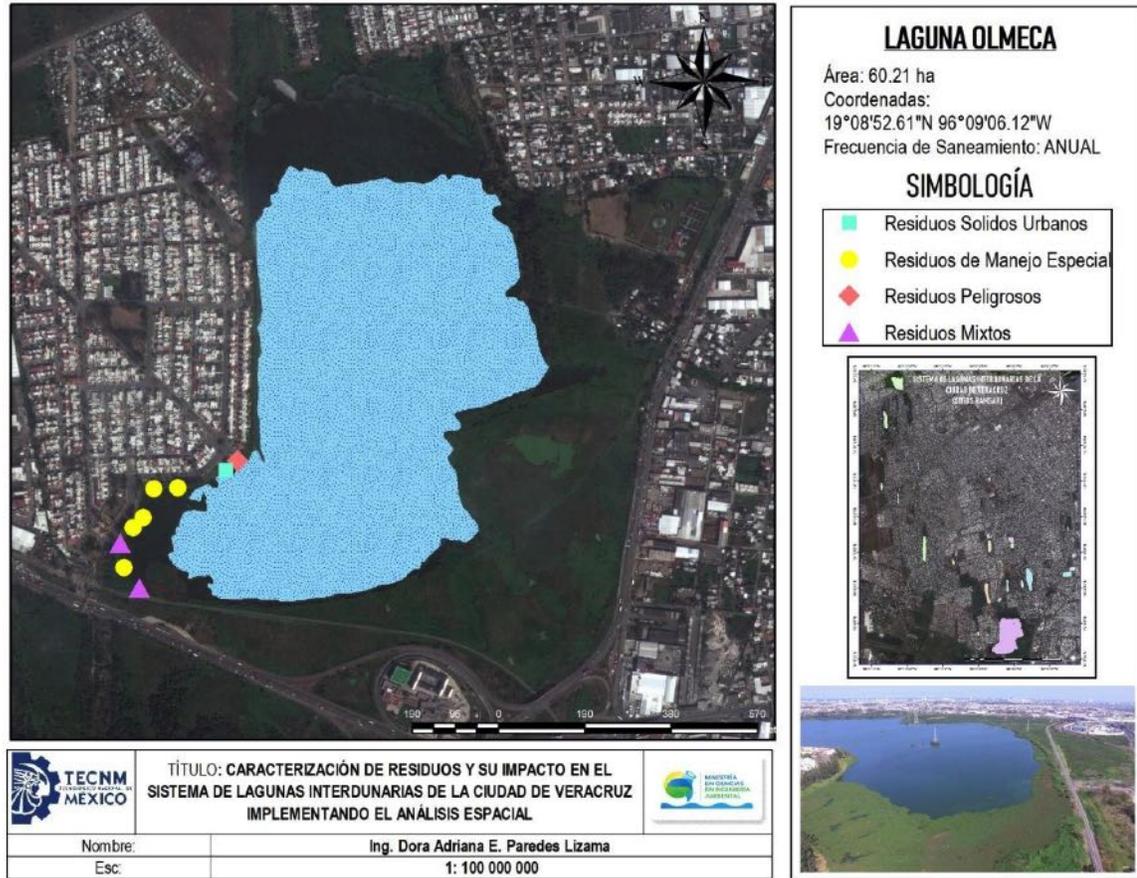


Figura 37. Ubicación espacial de los diferentes tipos de residuos identificados en la Laguna Olmeca.

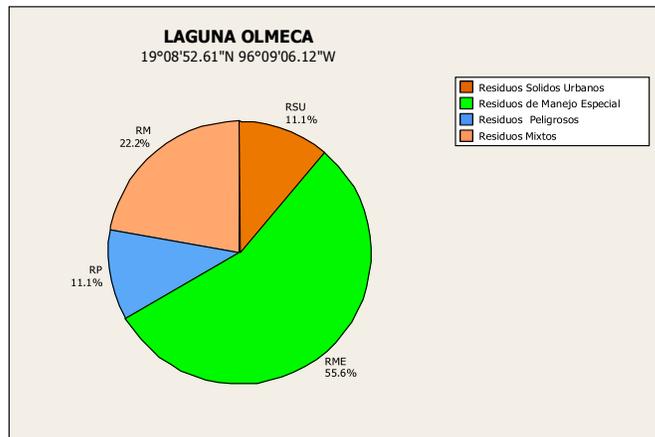


Figura 38. Porcentaje de residuos identificados en la Laguna Olmeca.

ANÁLISIS DE FRECUENCIA		
RESIDUOS	CONTEO	PORCENTAJE
RSU	1	11.11%
RME	5	55.56%
RP	1	11.11%
RM	2	22.22%
N=	9	100.00%

Tabla 18. Análisis de frecuencia de los diferentes tipos de residuos identificados en la Laguna Olmeca.

Con respecto al análisis realizado previamente del SIG, podemos observar, que existen zonas con mayor afectación a los residuos. Debido a lo anterior, los resultados obtenidos muestran que existen tres grupos distintos de impacto de acuerdo a las diferentes fuentes de contaminación identificadas.

En el **GRUPO UNO** se encuentran las lagunas con alto impacto que son:

- Laguna Lagartos
- Laguna Laureles
- Laguna el Encanto
- Laguna Ilusión y
- Laguna Malibrán las cuales

En el **GRUPO DOS** se encuentra las lagunas con nivel moderado de impacto que son:

- Laguna las Conchas
- Laguna la Colorada
- Laguna Dos caminos y
- Laguna Ensueño

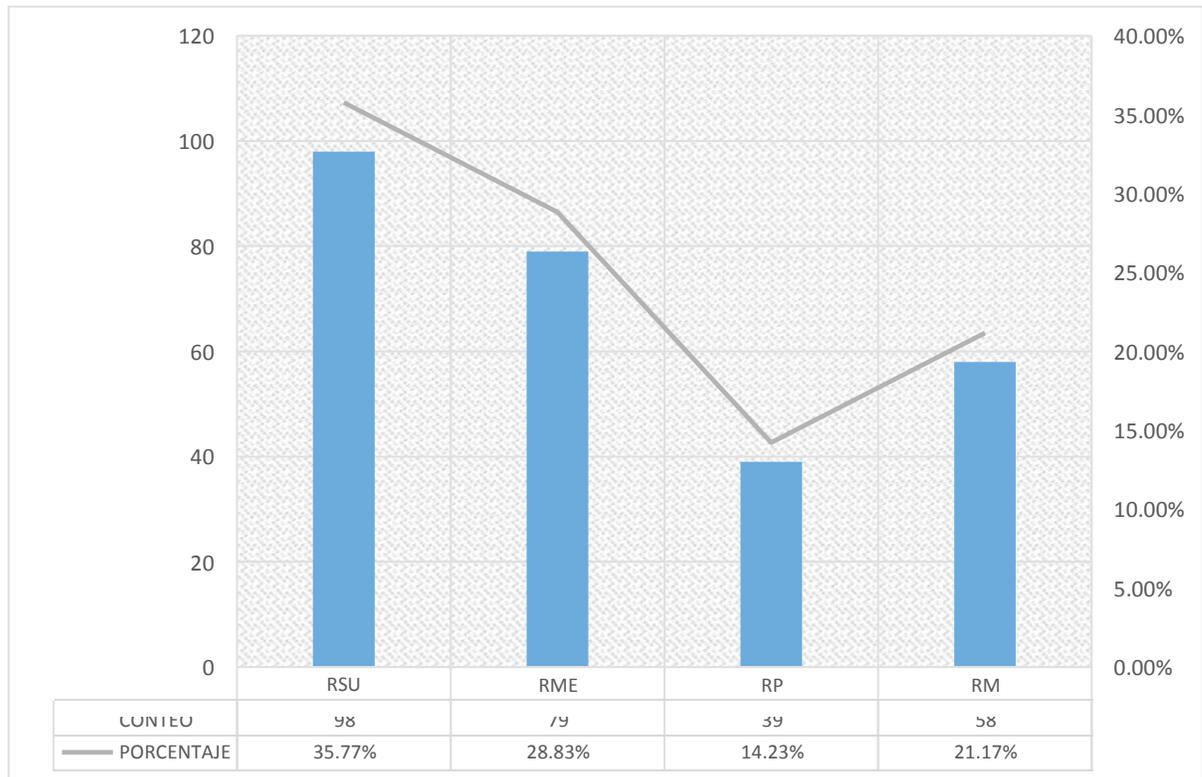
Por último, en el **GRUPO TRES** se encuentra las lagunas con nivel bajo de impacto que son:

- Laguna del Carmen
- Laguna Tarimoya
- Laguna Unidad Habitacional
- Lagunas Viveros o Parque de Quevedo
- Laguna D
- Laguna del Encierro
- Laguna Caracol
- Laguna el Coyoil y
- Laguna Olmeca

Derivado de lo observado en campo en anexos, podemos inferir que el impacto generado por los residuos encontrados se debe a la actividad antropogénica que incide directa y puntualmente sobre estos cuerpos lagunares.

### 11.19 Servicios Ecosistémicos

Mediante el estudio realizado en cada una de las lagunas que conforman el SLICV, se presenta en la siguiente (figura 39) la sumatoria de todos los residuos localizados, mostrando un conteo y un porcentaje al 100 %. Se logró determinar que el componente predominante es Residuos Sólidos Urbanos (RSU), cuya diferencia se observó con gran relevancia de los demás tipos de residuos.



*Figura 39. Residuos en el sistema de lagunas Interdunarias de la ciudad de Veracruz, Residuos Sólidos Urbanos (RSU), Residuos de Manejo Especial (RME), Residuos Peligrosos (RP) Y Residuos Mixtos (RM)*

El resultado de esta grafica nos permitió generar una matriz de análisis cualitativo (Figura. 40), donde se muestran las principales fuentes de impacto y cambio sobre este ecosistema, y las tendencias de los mismos con respecto al servicio ecosistémico que proveen estos humedales (MEA. 2005).