



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Química

**IDENTIFICACIÓN, GENERACIÓN DE INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA Y EVALUACIÓN DE  
PERCEPCIÓN DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS SUMINISTRADOS POR EL PARQUE  
ECOLÓGICO LOMAS DE PAMPLONA EN ZONA 13, CIUDAD DE GUATEMALA**

**Fernanda Janetzy González Sánchez**  
Asesorada por Ing. Agr. Kathya Frine Mejía

Guatemala, octubre de 2023



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**IDENTIFICACIÓN, GENERACIÓN DE INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA Y EVALUACIÓN DE  
PERCEPCIÓN DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS SUMINISTRADOS POR EL PARQUE  
ECOLÓGICO LOMAS DE PAMPLONA EN ZONA 13, CIUDAD DE GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**FERNANDA JANETZY GONZÁLEZ SÁNCHEZ**  
ASESORADO POR ING. AGR. KATHYA FRINE MEJÍA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERA AMBIENTAL**

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2023



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO a.i.	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Ing. Kevin Vladimir Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Licda. Ingrid Lorena Benítez Pacheco
EXAMINADOR	Dra. Casta Petrona Zeceña Zeceña
EXAMINADOR	Inga. Márylyn Caribel Rojas Maldonado
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

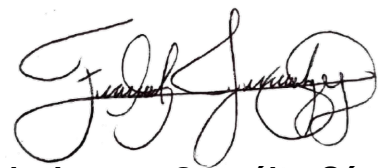


## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**IDENTIFICACIÓN, GENERACIÓN DE INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA Y EVALUACIÓN DE PERCEPCIÓN DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS SUMINISTRADOS POR EL PARQUE ECOLÓGICO LOMAS DE PAMPLONA EN ZONA 13, CIUDAD DE GUATEMALA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Química, con fecha 17 de mayo de 2022.



**Fernanda Janetzy González Sánchez**

Guatemala, 19 de julio de 2023

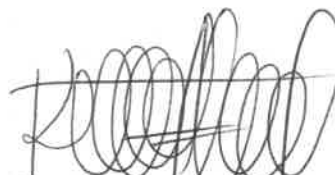
Ingeniero  
Williams Guillermo Álvarez Mejía  
DIRECTOR  
Escuela Ingeniería Química  
Presente.

Estimado Ingeniero Williams:

Le saludo cordialmente, deseándole éxitos en sus actividades. Por medio de la presente hago constar que he revisado y aprobado el Informe Final en la modalidad TESIS, con seminario de investigación aprobado, del trabajo de graduación titulado: "IDENTIFICACIÓN, GENERACIÓN DE INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA Y EVALUACIÓN DE PERCEPCIÓN DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS SUMINISTRADOS POR EL PARQUE ECOLÓGICO LOMAS DE PAMPLONA EN ZONA 13, CIUDAD DE GUATEMALA", elaborado por la estudiante de la carrera de Ingeniería Ambiental, Fernanda Janetzy González Sánchez, quien se identifica con el registro académico 201801379 y con el CUI 3732 57694 0101.

Agradeciendo la atención a la presente, me suscribo de usted,

Atentamente,



Kathya Frine Mejía

ASESOR

Ingeniera Agrónoma

Colegiado activo no. 5066

Kathya Frine Mejía  
Ingeniera Agrónoma  
Colegiado 5066





Guatemala, 22 de agosto de 2023.  
Ref. EIQ.TG-IF.018.2023.

Ingeniero  
Williams Guillermo Álvarez Mejía  
DIRECTOR  
Escuela de Ingeniería Química  
Facultad de Ingeniería

Estimado Ingeniero Álvarez:

Como consta en el registro de evaluación, correlativo **007-2022**, le informo que reunidos los Miembros de la Terna nombrada por la Escuela de Ingeniería Química, se practicó la revisión del:

### INFORME FINAL

Solicitado por el estudiante universitario: **Fernanda Janetzy González Sánchez**.  
Identificado con número de carné: **3732576940101**.  
Identificado con registro académico: **201801379**.  
Previo a optar al título de la carrera: **Ingeniería Ambiental**.  
En la modalidad: **TESIS (Informe Final, Seminario de Investigación)**.

Siguiendo los procedimientos de revisión interna de la Escuela de Ingeniería Química, los Miembros de la Terna han procedido a **APROBARLO** con el siguiente título:


### IDENTIFICACIÓN, GENERACIÓN DE INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA Y EVALUACIÓN DE PERCEPCIÓN DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS SUMINISTRADOS POR EL PARQUE ECOLÓGICO LOMAS DE PAMPLONA EN ZONA 13, CIUDAD DE GUATEMALA

El Trabajo de Graduación ha sido asesorado por:

**Kathya Frine Mejia, profesional de la Ingeniería Agronómica**

Habiendo encontrado el referido trabajo de graduación **SATISFACTORIO**, se autoriza al estudiante, proceder con los trámites requeridos de acuerdo a las normas y procedimientos establecidos por la Facultad para su autorización e impresión.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

  
Ingrid Lorena Bonítez Pacheco  
Maestría Ciencia y Tecnología  
del Medio Ambiente  
Colegiado No. 1974  
Química  
COORDINADOR DE TERNA  
Tribunal de Revisión  
Trabajo de Graduación

C.c.: archivo



SIST.LNG.DIRECTOR.1.EIQ.2023

El Director de la Escuela de Ingeniería Química de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador de Área y aprobación del área de lingüística del trabajo de graduación titulado: **IDENTIFICACIÓN, GENERACIÓN DE INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA Y EVALUACIÓN DE PERCEPCIÓN DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS SUMINISTRADOS POR EL PARQUE ECOLÓGICO LOMAS DE PAMPLONA EN ZONA 13, CIUDAD DE GUATEMALA**, presentado por: **Fernanda Janetzy González Sánchez**, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingeniería.

“Id y Enseñad a Todos”

Ingeniero Williams Guillermo Alvarez Mejia  
DIRECTOR  
Escuela de Ingeniería Química

Guatemala, octubre de 2023



**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Decanato  
Facultad e Ingeniería

24189101- 24189102

LNG.DECANATO.OIE.85.2023

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Química, al Trabajo de Graduación titulado: **IDENTIFICACIÓN, GENERACIÓN DE INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA Y EVALUACIÓN DE PERCEPCIÓN DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS SUMINISTRADOS POR EL PARQUE ECOLÓGICO LOMAS DE PAMPLONA EN ZONA 13, CIUDAD DE GUATEMALA**, presentado por: **Fernanda Janetzy González Sánchez** después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Firmado electrónicamente por: José Francisco  
Gómez Rivera  
Motivo: Orden de impresión  
Fecha: 06/10/2023 18:54:36  
Lugar: Facultad de Ingeniería, USAC.

Ing. José Francisco Gómez Rivera  
Decano a.i.



Guatemala, octubre de 2023

Para verificar validez de documento ingrese a <https://www.ingenieria.usac.edu.gt/firma-electronica/consultar-documento>

Tipo de documento: Correlativo para orden de impresión Año: 2023 Correlativo: 85 CUI: 3732576940101

Escuelas: Ingeniería Civil, Ingeniería Mecánica Industrial, Ingeniería Química, Ingeniería Mecánica Eléctrica, - Escuela de Ciencias, Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos (ERIS). Postgrado Maestría en Sistemas Mención Ingeniería Vial. Carreras: Ingeniería Mecánica, Ingeniería Electrónica, Ingeniería en Ciencias y Sistemas. Licenciatura en Matemática. Licenciatura en Física. Centro de Estudios Superiores de Energía y Minas (CESEM). Guatemala, Ciudad

## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>Dios</b>	Por todas las bendiciones que me han permitido llegar a este momento tan importante en mi vida.
<b>Virgen María</b>	Por su guía y amparo a lo largo de mi vida.
<b>Mis padres</b>	Fernando González y Graciela Sánchez, por su amor, consejo, apoyo y presencia incondicional en cada etapa.
<b>Mi abuela</b>	Imelda Pineda, por amarme tanto y ser un pilar en mi vida.
<b>Mis tías</b>	Blanca y Patricia Sánchez, por su amor, apoyo y guía en cada paso.
<b>Mi primo</b>	Pedro Sánchez, por ser una fuente de alegría para mí.
<b>Mis abuelos</b>	Vicente González (q.e.p.d.), Alicia Martínez (q.e.p.d.) y Porfirio Sánchez (q.e.p.d.).
<b>Mi familia</b>	Por su constante apoyo y cariño.



## **AGRADECIMIENTOS A:**

- Dios** Por todas las bendiciones que me han permitido llegar a este momento tan importante en mi vida.
- Virgen María** Por su guía y amparo a lo largo de mi vida.
- Mis padres** Fernando González y Graciela Sánchez, por inspirar mi vida a través de su ejemplo personal y profesional. Gracias por todo lo que han realizado por mí.
- Mi abuela** Imelda Pineda, por su apoyo y amor durante mi vida.
- Mis tías** Blanca y Patricia Sánchez, por su amor, apoyo y guía en cada paso de mi vida.
- Mis amigos** A todos los que he tenido a lo largo de mi vida en diferentes áreas, y especialmente a Dina Martínez, Mishelle Campos, Karla Balan, Marcos Boror, Laura Valenzuela, Jairo Quiñonez, Paula Álvarez, Génesis Gil, Andrea Ochoa, Manola Luna, José Antonio Balux, Héctor de la Cruz, Handel Mux y Melany Morales, por darme su cariño, apoyo y ánimo en todo momento.

<b>Sergio Enrique Reyna</b>	Por su amor, amistad y apoyo desde el momento en que nos conocimos.
<b>Ingeniera</b>	Kathya Mejía, por compartirme sus conocimientos y apoyo en la realización de este proyecto.
<b>Ingeniero</b>	Carlos Godínez, por el apoyo brindado en el planteamiento de este proyecto, y por ser un ejemplo profesional y personal.
<b>Ingeniera</b>	Mayra Carvajal, por el apoyo brindado en el planteamiento de este proyecto.
<b>Dirección de Medio Ambiente, Municipalidad de Guatemala</b>	Por su asesoría y guía en la realización de este proyecto, especialmente a la ingeniera Laura Herrera.
<b>AMBIENTE</b>	Por su apoyo profesional y personal durante la realización de este proyecto, especialmente a la Inga. Krista Bocanegra.
<b>BOREAL</b>	Por su apoyo durante la realización de este proyecto, especialmente al Ing. Javier Alarcón.
<b>Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	Por ser mi <i>alma máter</i> , y darme conocimientos, valores y experiencias que me han formado para toda la vida.





2.5.	Servicios ecosistémicos .....	15
2.5.1.	Servicios de provisión .....	15
2.5.2.	Servicios de regulación .....	16
2.5.3.	Servicios culturales .....	17
2.5.4.	Servicios de soporte .....	18
2.6.	Identificación de servicios ecosistémicos .....	18
2.7.	Representación cartográfica de servicios ecosistémicos .....	19
2.8.	Evaluación de percepción de servicios ecosistémicos .....	19
2.9.	Espacios verdes urbanos .....	20
2.10.	Infraestructura verde y azul .....	21
2.11.	Cinturón Ecológico Metropolitano -CEM- .....	22
2.12.	Cinturón Ecológico Municipal .....	22
2.12.1.	Cinturón Ecológico Municipal de Guatemala .....	23
2.12.2.	Manejo y regulaciones existentes .....	23
2.13.	Objetivos de Desarrollo Sostenible .....	25
2.13.1.	ODS 3. Garantizar una vida sana y promover el bienestar de todos a todas las edades .....	26
2.13.2.	ODS 6. Garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos....	27
2.13.3.	ODS 11. Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles .....	28
2.13.4.	ODS 13. Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos .....	28
2.13.5.	ODS 15. Proteger, restablecer y promover el uso sostenible de los ecosistemas terrestres, gestionar sosteniblemente los bosques, luchar contra la desertificación, detener e invertir la	

	degradación de las tierras y detener la pérdida de la biodiversidad.....	29
3.	DISEÑO METODOLÓGICO .....	31
3.1.	Variables.....	31
3.1.1.	Identificación de servicios ecosistémicos .....	31
3.1.2.	Generación de información cartográfica .....	32
3.1.3.	Evaluación de percepción de servicios ecosistémicos .....	33
3.2.	Delimitación del campo de estudio .....	34
3.3.	Recursos humanos disponibles.....	34
3.4.	Recursos materiales disponibles .....	34
3.5.	Técnica cualitativa o cuantitativa .....	35
3.5.1.	Identificación de servicios ecosistémicos .....	35
3.5.2.	Representación cartográfica de servicios ecosistémicos .....	35
3.5.3.	Evaluación de percepción de servicios ecosistémicos .....	36
3.6.	Recolección y ordenamiento de la información .....	37
3.6.1.	Identificación de servicios ecosistémicos .....	37
3.6.1.1.	Cobertura.....	39
3.6.1.2.	Oferta.....	39
3.6.1.3.	Permanencia.....	40
3.6.1.4.	Periodicidad.....	40
3.6.1.5.	Nivel de satisfacción .....	41
3.6.2.	Generación de información cartográfica de servicios ecosistémicos .....	41
3.6.3.	Evaluación de percepción de servicios ecosistémicos .....	42

3.7.	Tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información .....	45
3.7.1.	Identificación de servicios ecosistémicos .....	45
3.7.2.	Generación de información cartográfica.....	45
3.7.3.	Evaluación de percepción de servicios ecosistémicos.....	45
3.8.	Método de análisis de los resultados .....	47
3.8.1.	Identificación de servicios ecosistémicos .....	47
3.8.2.	Generación de información cartográfica espacial del suministro .....	48
3.8.3.	Evaluación de percepción de servicios ecosistémicos.....	48
3.9.	Análisis estadístico.....	48
4.	RESULTADOS.....	53
5.	INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS .....	69
5.1.	Identificación de servicios ecosistémicos.....	69
5.2.	Generación de información cartográfica de servicios ecosistémicos .....	84
5.3.	Evaluación de percepción de servicios ecosistémicos.....	90
5.3.1.	Análisis estadístico.....	95
	CONCLUSIONES.....	99
	RECOMENDACIONES .....	101
	REFERENCIAS .....	103
	APÉNDICES.....	117
	ANEXOS.....	121

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

<b>Figura 1.</b>	Objetivos de Desarrollo Sostenible .....	26
<b>Figura 2.</b>	Mapa de ubicación.....	54
<b>Figura 3.</b>	Mapa de curvas de nivel.....	55
<b>Figura 4.</b>	Mapa de control de derrumbes y deslaves .....	56
<b>Figura 5.</b>	Mapa de calidad del aire - Air Quality Score AQS .....	57
<b>Figura 6.</b>	Mapa de calidad del aire – PM <sub>2.5</sub> .....	58
<b>Figura 7.</b>	Mapa de calidad del aire – PM <sub>10</sub> .....	59
<b>Figura 8.</b>	Mapa de calidad del aire – COVT .....	60
<b>Figura 9.</b>	Mapa de regulación del ruido.....	61
<b>Figura 10.</b>	Mapa de áreas de recreación, ecoturismo y educación.....	62
<b>Figura 11.</b>	Mapa de recreación, ecoturismo y educación. Lado oeste .....	63
<b>Figura 12.</b>	Mapa de recreación, ecoturismo y educación.....	64
<b>Figura 13.</b>	Mapa de recreación, ecoturismo y educación. Lado este.....	65
<b>Figura 14.</b>	Comparativa de usos de la tierra 2010 e imagen satelital 2022.....	69
<b>Figura 15.</b>	División a condominio colindante.....	70
<b>Figura 16.</b>	Terrenos con pendiente pronunciada .....	71
<b>Figura 17.</b>	Fauna observada en el área de estudio.....	74
<b>Figura 18.</b>	Actividades recreativas observadas .....	77
<b>Figura 19.</b>	Actividades recreativas .....	77
<b>Figura 20.</b>	Celebraciones y reuniones sociales .....	78
<b>Figura 21.</b>	Taller de NutriHuertos.....	80
<b>Figura 22.</b>	Actividad universitaria .....	80

<b>Figura 23.</b>	Actividades educativas .....	81
<b>Figura 24.</b>	Gráfico de la distribución de la muestra por rango de edad .....	91
<b>Figura 25.</b>	Gráfico de la distribución de la muestra por sesgo de género.....	92
<b>Figura 26.</b>	Gráfico de la distribución de la muestra .....	92
<b>Figura 27.</b>	Distribución de la muestra, nivel de conocimiento previo .....	93

## TABLAS

<b>Tabla 1.</b>	Factores que influyen en la dinámica de los ecosistemas.....	10
<b>Tabla 2.</b>	Servicios ecosistémicos evaluados .....	32
<b>Tabla 3.</b>	Servicios representados en información cartográfica.....	33
<b>Tabla 4.</b>	VARIABLES en la evaluación de percepción .....	33
<b>Tabla 5.</b>	Identificación de servicios ecosistémicos y estado actual .....	38
<b>Tabla 6.</b>	Recolección de calificaciones para percepción .....	44
<b>Tabla 7.</b>	Tabulación y ordenamiento de calificaciones de la evaluación.....	46
<b>Tabla 8.</b>	Niveles de importancia de servicios ecosistémicos .....	47
<b>Tabla 9.</b>	Tabulación de frecuencias, coeficiente de V de Cramer .....	50
<b>Tabla 10.</b>	Matriz de identificación de servicios ecosistémicos.....	53
<b>Tabla 11.</b>	Puntajes ponderados de encuestas .....	66
<b>Tabla 12.</b>	Resultados del análisis de correlación entre variables .....	67
<b>Tabla 13.</b>	Puntajes de identificación de servicios ecosistémicos.....	83
<b>Tabla 14.</b>	Rangos de air quality score (aqi).....	86
<b>Tabla 15.</b>	Rangos de compuestos orgánicos volátiles totales (covt) .....	88
<b>Tabla 16.</b>	Comparación de puntajes de matriz y encuestas .....	95

## LISTADO DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>MCA</b>	Análisis Multi Criterio
<b>Co</b>	Cobertura
<b>C&amp;I</b>	Criterios e indicadores
<b>EM</b>	Evaluación de Ecosistemas del Milenio
<b>Ha</b>	Hectárea
<b>I</b>	Importancia
<b>µm</b>	Micrómetros
<b>NS</b>	Nivel de Satisfacción
<b>Per</b>	Periodicidad
<b>Pem</b>	Permanencia
<b>SE</b>	Servicios Ecosistémicos



## GLOSARIO

<b>Cinturón Ecológico Metropolitano</b>	Es la figura para la conservación de ecosistemas naturales del área urbana del municipio de Guatemala, que brinda servicios, tales como recursos hídricos, control de la contaminación del aire, belleza natural, prevención de desastres, protección de bosques, los cuales sirven de lugares de recreación, mejorando la calidad de vida en sociedad.
<b>Degradación del suelo</b>	Cambio en la salud del suelo resultando en una disminución de la capacidad del ecosistema para producir bienes o prestar servicios para sus beneficiarios.
<b>Dirección de medio ambiente</b>	Dependencia municipal cuya finalidad es la integración de todas las actividades que la Municipalidad realiza en concepto de manejo de los espacios abiertos públicos y privados, así como la coordinación interinstitucional relacionada con la gestión ambiental.
<b>Ecosistema</b>	Unidad compuesta de organismos vivos que comparten el medio físico o hábitat donde se relacionan.



<b>Ecoturismo</b>	Modalidad turística ambientalmente responsable consistente en viajar o visitar áreas naturales con el fin de disfrutar y apreciar la naturaleza, que promueve la conservación, tiene bajo impacto de visitación, y propicia un involucramiento activo y socioeconómicamente benéfico de las poblaciones locales.
<b>Equilibrio ecológico</b>	Relación de interdependencia entre los elementos que conforman el ambiente que hace posible la existencia, transformación y desarrollo del hombre y demás seres vivos.
<b>Erosión</b>	Proceso de desagregación, transporte y deposición de materiales del suelo por agentes erosivos.
<b>Espacios verdes urbanos</b>	Áreas urbanas que están cubiertas de forma total o parcial con grama, árboles, arbustos y otros tipos de vegetación.
<b>Hábitat</b>	Gradiente térmico que se observa entre los espacios urbanos densamente ocupados y construidos y la periferia rural o peri-urbana.
<b>Infiltración</b>	Desplazamiento vertical del agua a través del suelo.
<b>Infraestructura verde</b>	Unidad compuesta de organismos vivos que comparten el medio físico o hábitat donde se relacionan.

<b>Intercepción</b>	Fracción de la precipitación que no llega a la superficie del suelo ya que es retenida por el dosel, copas y troncos, y vuelve a la atmósfera por evaporación.
<b>Interflujo</b>	Movimiento lateral del agua en el plano inferior a la superficie terrestre.
<b>Isla de calor</b>	Gradiente térmico que se observa entre los espacios urbanos densamente ocupados y construidos y la periferia rural o peri-urbana.
<b>Medio Ambiente</b>	Conjunto de elementos naturales y artificiales o inducidos por el hombre que interactúan en un espacio y tiempo determinados y que hacen posible la existencia y desarrollo de los seres vivos.
<b>Objetivos de desarrollo sostenible</b>	Plan maestro de objetivos que se interrelacionan entre sí e incorporan los desafíos globales para conseguir un futuro sostenible de forma mundial, con el año 2030 como meta de cumplimiento.
<b>Servicio ecosistémico</b>	Beneficios tangible o intangible, directo o indirecto, que los seres humanos obtienen de los ecosistemas que impactan en aspectos básicos de la vida.
<b>Zonas de vida de Holdridge</b>	Sistema de clasificación de ecosistemas en el que se agrupan diferentes asociaciones que corresponden a determinados ámbitos de temperatura, precipitación, humedad y biotemperatura.



## RESUMEN

Los servicios ecosistémicos son beneficios de los ecosistemas que son indispensables para el desarrollo sostenible de la sociedad, y especialmente en las áreas urbanas debido a la alta demanda de recursos. Por esa razón, se realizó la identificación, generación de información cartográfica y la evaluación de percepción de los visitantes de los servicios ecosistémicos de regulación, de soporte y culturales suministrados por el Parque Ecológico Lomas de Pamplona en zona 13 de la Ciudad de Guatemala.

La identificación del estado actual de los servicios ecosistémicos se realizó a través de la matriz de doble entrada propuesta por Castañeda en el 2014, obteniendo la importancia de cada servicio a través de la calificación de cinco criterios predefinidos. La generación de información cartográfica se hizo para cinco servicios seleccionados a través de la generación de mapas con datos tomados en campo o en sistemas de información geográficas en línea. Por último, la evaluación de perspectiva se llevó a cabo con la realización de encuestas con el método de Jerarquización y Calificación a los visitantes del parque.

Se concluyó que los servicios con mayor importancia fueron relaciones sociales, calidad del aire, procesamiento de desechos, regulación de la erosión, mantenimiento de condiciones climáticas y ruido, recreación y ecoturismo. En los mapas realizados se obtuvo que los servicios representados son positivos en cuanto a beneficios y comparativas con límites internacionales. Por último, se obtuvo que para los visitantes tienen una mayor importancia y resultan más evidentes los beneficios de los servicios de calidad del aire, mantenimiento de las condiciones climáticas, recreación y ecoturismo, y relaciones sociales.



## **OBJETIVOS**

### **General**

Identificar, generar información cartográfica espacial de suministro y evaluar la percepción de los servicios ecosistémicos proporcionados por el Parque Ecológico Lomas de Pamplona en zona 13 de la ciudad de Guatemala.

### **Específicos**

1. Reconocer el estado actual de los servicios ecosistémicos de regulación, soporte y culturales que el parque ecológico Lomas de Pamplona ofrece a los visitantes.
2. Generar información cartográfica espacial del suministro de cinco servicios ecosistémicos del parque ecológico Lomas de Pamplona a través de la recolección de información en campo y bases de datos.
3. Evaluar la perspectiva de parte de los visitantes por medio de la metodología de jerarquización y calificación hacia los servicios ecosistémicos más importantes proporcionados por el parque ecológico Lomas de Pamplona.
4. Proporcionar información cuantitativa y cualitativa útil a la Municipalidad de Guatemala para la gestión y planificación de los servicios ecosistémicos del parque ecológico Lomas de Pamplona.



## HIPÓTESIS

- Hipótesis Nula  $H_0$

El rango de edad, género, escolaridad y conocimiento previo del tema de estudio de los usuarios del parque no están directamente asociados a la percepción de los servicios ecosistémicos de soporte, de regulación y culturales del parque ecológico Lomas de Pamplona en zona 13 de la Ciudad de Guatemala.

- Hipótesis Alterna  $H_a$

El rango de edad, género, escolaridad y conocimiento previo del tema de estudio de los usuarios del parque están directamente asociados a la percepción de los servicios ecosistémicos de soporte, de regulación y culturales del parque ecológico Lomas de Pamplona en zona 13 de la Ciudad de Guatemala.





## INTRODUCCIÓN

La Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (EM), clasifica a los servicios ecosistémicos (SE) en las categorías de: soporte, provisión, regulación y culturales (Alcamo et al., 2003).

Los SE están dados por las funciones ecosistémicas que son procesos con origen en los recursos naturales como la circulación del aire, la infiltración, la fotosíntesis, la producción de biomasa y la disponibilidad de hábitat; cada uno tiene protagonismo en más de un servicio ecosistémico (Tobias, 2013). Los SE inciden directamente en la calidad de vida de las personas en aspectos como seguridad, salud, relaciones sociales y el acceso a recursos (Alcamo et al., 2003).

La urbanización tiene impactos fuertes en todos los elementos anteriormente mencionados ya que cambia las dinámicas e interacciones de los ecosistemas; un ejemplo es el incremento de superficies pavimentadas que causan una mayor escorrentía alterando la calidad y cantidad del agua en los afluentes (Zipperer et al., 2020). Especialmente el cambio de uso de la tierra para el establecimiento de asentamientos humanos tiene un impacto desastroso en los servicios debido a que el suelo se pavimenta y sella (Tobias, 2013), alterando algunas funciones como la infiltración o la evapotranspiración.

Los espacios verdes urbanos proporcionan muchos servicios ecosistémicos, especialmente de regulación y culturales (Chang, 2017), que pueden compensar hasta cierto punto los cambios ocasionados por la urbanización a través de la regulación de ruido, el calor o la contaminación del aire (Amorim et al., 2021).

Uno de los servicios más importantes de estos espacios es la mejora de la salud individual y colectiva tanto física como mental (Jennings y Bamkole, 2019), como se pudo evidenciar en algunos estudios durante la pandemia del COVID 19 en su uso para ejercitarse, ver aves, relajación o socializar (Grima, et al., 2020; Ugolini et al., 2020).

La Municipalidad de Guatemala gestiona el Cinturón Ecológico Municipal, el cual consta de 95 km<sup>2</sup> de áreas naturales dentro de la ciudad, logrando así su conservación además de proteger la biodiversidad (Municipalidad de Guatemala, 2019).

La Dirección de Medio Ambiente (DMA), está encargada de gestionar estas áreas por medio del desarrollo de planes de manejo de bosques y otros proyectos para potenciar los SE de estas zonas beneficiando la calidad de vida de las personas (DMA, 2020). Dentro del Cinturón Ecológico Municipal existe el parque ecológico Lomas de Pamplona, ubicado en la zona 13 de la Ciudad e inaugurado en el año 2021 (Municipalidad de Guatemala, 2021).

Dentro de esta investigación se determinaron aspectos de los SE del Parque Ecológico Lomas de Pamplona con el propósito de que estos estén disponibles para su gestión y futura planeación.

Primero se identificaron los SE proporcionados por dicho parque utilizando la metodología propuesta por Castañeda (2014), la cual además toma en cuenta la clasificación de los servicios de la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio.

Luego se generó información cartográfica de las áreas del parque con suministro de los SE seleccionados utilizando QGIS en la generación de los

mapas a través de la investigación de campo y en bases de datos o motores de búsqueda para la recolección de información (Maes, Paracchini y Zulian, 2011).

Por último, se evaluó la perspectiva de los visitantes de los SE más importantes a través del método de Jerarquización y Calificación (Muñoz-López, 2017), encuestando a los usuarios.



## 1. ANTECEDENTES

La Dirección de Medio Ambiente de la Municipalidad de Guatemala fue creada el 5 de enero de 2001 a través del Acuerdo Municipal AA-1-A-2001 bajo la administración del ingeniero Fritz García-Gaillont Bischof. Entre sus objetivos se tiene la planificación de medidas y acciones para la protección y conservación de áreas verdes; así como el diseño, desarrollo e implementación de programas y proyectos para mejorar las condiciones ambientales del municipio (Acuerdo Municipal AA-1-A-2001, 2001).

Dentro de sus actividades se encuentra el manejo de un sistema de parques y áreas verdes dentro del perímetro de la ciudad pertenecientes al Cinturón Ecológico Municipal. La preservación y cuidado de estas áreas tiene como meta reducir el deterioro de los recursos naturales para el aumento de la calidad de vida de los habitantes de la ciudad (DMA, 2017).

Un aspecto muy importante del manejo de parques es la evaluación de los SE que ellos brindan. Estos tienen incidencia directa en la calidad de vida de las personas que viven en áreas urbanas. Realizar estudios de identificación y evaluación de estos es de vital importancia para establecer planes y políticas de manejo y gestión, con el objetivo de lograr su preservación y mantenimiento a lo largo del tiempo. A continuación, se exponen el contexto internacional, nacional y local alrededor de este tema

## 1.1. Contexto internacional

La propuesta de clasificación de SE de la Evaluación de los EM fue utilizada en el estudio *Servicios ecosistémicos de regulación que aporta el guácano (Morella pavonis) en Chapisca, valle de Lluta, región de Arica y Parinacota, Chile*, publicado en el 2021. En este estudio se identificaron las ubicaciones de la especie en cuestión y se encontró que la temperatura aumenta al mismo tiempo que la cobertura arbórea disminuye en la región, por lo que es importante su conservación (Bahamondes et al., 2021).

En el 2019 se publicó el estudio *Evaluación de los servicios ecosistémicos provistos por una microcuenca periurbana de Querétaro (México)*. Esta se realizó en la microcuenca El Nabo, la cual se realizó por medio de matrices de oferta y demanda analizando 15 servicios ecosistémicos estudiando la capacidad de provisión de dichos servicios. Luego se eligieron 4 servicios representativos del total de servicios, cuyos resultados de las matrices se representaron de forma cartográfica a través de un Sistema de Información Geográfica (SIG). Se obtuvo que el ecosistema no tiene la capacidad suficiente de satisfacer la demanda de SE de la población del lugar (Palma et al., 2019).

Muñoz-López et al. (2017), el estudio titulado *Beneficios de los bosques de guadua como una aproximación a la valoración de SE desde la jerarquización y calificación*, en el que se utilizó dicho método para conocer la percepción de productores, técnicos y funcionarios de los beneficios acerca de los servicios proporcionados por este bosque. La biodiversidad, protección del agua y suelo, captura de CO<sub>2</sub> y regulación de temperatura fueron los mejores valorados.

En el artículo *Assessing the ecosystem services provided by urban green spaces along urban center-edge gradients*, en español *Evaluación de los servicios ecosistémicos proporcionados por los espacios verdes urbanos a lo largo de gradientes del borde del centro urbano*, se analizaron los servicios culturales y de regulación provistos por espacios verdes urbanos en tres ciudades de China usando el área de Cubierta por espacios verdes y el valor de la tierra. Se concluyó que los servicios culturales son mayores en aquellos espacios más alejados de los límites urbanos y que los servicios de regulación de las áreas verdes urbanas equivalen de un 5 a un 40 % de los SE (Chang et al., 2017).

Castañeda (2014), publicó un estudio en el que se expuso un método para entender la relación entre el ecosistema y la sociedad a través de una matriz que evalúa de forma cuantitativa los SE, sus funciones y los beneficios que proporciona a las personas. Este fue basado en la clasificación de la EM y toma de referencia el nivel de importancia de cada servicio evaluado que es la suma de la calificación de la cobertura, la oferta, la permanencia, la periodicidad y el nivel de satisfacción. Esta metodología pretende reconocer los beneficios que los ecosistemas proporcionan a las personas facilitando la toma de decisiones en la gestión de ecosistemas.

Por último, Maes et al. (2011) publicaron el estudio titulado *A European assessment of the provision of ecosystem services, Towards an atlas of ecosystem services*, en el que se realizaron mapas mostrando las áreas y la intensidad del suministro de diversos SE en Europa, tomando en cuenta indicadores para cada servicio y obteniendo información de bases de datos disponibles para la región. Se concluyó que mapas e indicadores espaciales son una línea base importante para el desarrollo de estudios posteriores del estado de los ecosistemas.



## **1.2. Contexto nacional**

La Cuenta de Ecosistemas de Guatemala fue publicada en el año 2021; en la misma se expusieron los resultados de este estudio del año 1991 al año 2014. Se revisó el tamaño y condición de los ecosistemas con una adaptación para Guatemala del sistema de zonas de vida de Holdridge. Se encontró la degradación de los ecosistemas del país, la reducción de la cobertura boscosa, una baja representación de los 13 ecosistemas identificados dentro del Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas (SIGAP), y la identificación de 28 SE dentro del SIGAP (Banco Mundial et al., 2021).

En el año 2020 se publicó el Catálogo de Plantas de la región metropolitana de Guatemala (Barrera y Zelada, 2020), en el que se describen plantas locales nativas con su grado de amenaza. También se publicaron el Catálogo de Mamíferos de la región metropolitana de Guatemala (Centeno et al., 2020) y el Catálogo de Aves de la región metropolitana de Guatemala (Zelada y Barrera, 2020), los que describen la distribución y hábitat de las especies junto con su estatus de conservación

López (2019), realizó una evaluación de 7 SE en Quetzaltenango: captura de carbono, reducción de ruido, regulación de microclima, tratamiento de aguas residuales, tratamiento de desechos sólidos, hábitat y recreación. Se descubrió la degradación ambiental debido a la aplicación inadecuada de instrumentos de planificación territorial, así como la falta de conocimiento y priorización. También se desarrollaron escenarios hipotéticos del desarrollo de la ciudad de la mano de la recuperación de los ecosistemas.

En el año 2017 se realizó la Valoración económica y cultural del ecosistema manglar en el área de Uso Múltiple Río Sarstún en el que se identificaron y caracterizaron los SE y se valoraron económica y culturalmente. Con los métodos de valoración directa, indirecta e hipotética se concluyó el alto valor social, económico y cultural por la conservación de la biodiversidad del área y su contribución a la economía de los habitantes (Gálvez et al., 2017).

Kathya Frine Mejía (2011), realizó la tesis titulada *Propuesta de áreas prioritarias de conservación de los recursos naturales renovables del Cinturón Ecológico Metropolitano (CEM) fase 2, Guatemala*. Es ésta se identificaron los principales problemas ambientales del departamento de Guatemala y se realizaron análisis geográficos de cobertura de remanentes boscosos, obteniendo 11 polígonos en el Municipio de Mixco, municipio que pertenecía a la fase 2 del CEM para la Fundación para el Ecodesarrollo y la Conservación (FUNDAECO).



## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Ecosistema

Según Donato-Rondón (2015), un ecosistema es un conjunto de seres vivos que se relacionan en un mismo hábitat compartido. El autor menciona también que un ecosistema es la unidad básica de la naturaleza en el planeta, unidad compleja con propiedades proporcionadas por el conjunto y no solamente por cada parte individual. Cada ecosistema está compuesto por varias especies, los individuos de las especies comparten características. Aun así, cada individuo es único con su propio código genético y variaciones debidas al entorno físico y biológico.

Los ecosistemas son sistemas abiertos, con entradas y salidas de materia y energía, y no solamente una unidad geográfica; poseen límites arbitrarios según lo que se desee estudiar; o límites naturales, como la división entre agua y tierra o las cordilleras (Odum y Warret, 2006).

Donato-Rondón (2015), recopiló características en común de los ecosistemas señalados por varios autores.

- Tienen variados y numerosos componentes
- Los componentes interactúan y reaccionan entre sí en el tiempo y espacio
- Producen estructuras complejas por medio de la autoorganización
- Son sistemas termodinámicos abiertos
- Se adaptan a los cambios ambientales gracias a información hereditaria
- Su estructura y dinámica son irreversibles

- Están organizados jerárquicamente

### **2.1.1. Componentes de los ecosistemas**

De acuerdo a Odum y Warret (2006), desde un punto de vista trófico, los ecosistemas se pueden dividir en un estrato autótrofo en el cual se da la fijación de la energía por medio de la fotosíntesis acumulando sustancias orgánicas complejas y un estrato heterótrofo donde se reordenan y descomponen dichas sustancias. Los autores mencionados reconocen los siguientes constituyentes de los ecosistemas:

1) sustancias inorgánicas (C, N, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, y otros) que participan en ciclos de materia; 2) compuestos orgánicos (proteínas, carbohidratos, lípidos, humus, etc., que relacionan a los componentes bióticos y abióticos, 3) ambiente atmosférico, acuático y de sustratos que incluye el régimen climático y otros factores físicos; 4) productores (organismos autótrofos), en su mayoría plantas verdes que manufacturan alimentos a partir de sustancias inorgánicas simples; 5) fagótrofos (de phago = "comer"), organismos heterótrofos, principalmente animales que ingieren a otros organismos o partículas de materia orgánica, y 6) saprofitos (de sapro = "descomponer"), también organismos heterótrofos, principalmente bacterias y hongos que obtienen energía, ya sea descomponiendo tejidos muertos o absorbiendo materia orgánica disuelta o extraída de plantas u otros organismos. (Odum y Warret, 2006, p. 22)

### **2.1.2. Interacciones de los ecosistemas**

Los ecosistemas relacionan diversos elementos a través de procesos, produciendo así funciones ecosistémicas (Muller, 2000). Entre los tipos de interacciones ecofisiológicas de los ecosistemas se tienen las siguientes:

- Energéticas: balances de calor y energía, por ejemplo, la radiación entrante al sistema o la energía almacenada en organismos.
- Hidrológicas: transporte del agua a través de los componentes bióticos y abióticos del sistema, por ejemplo, procesos de evapotranspiración, infiltración o escorrentía.
- De materia: transporte y transformación de diferentes sustancias, por ejemplo, solutos, materiales gaseosos en la atmósfera y el metabolismo de sustancias por organismos.
- De biocenosis: procesos de competencia, comensalismo, parasitismo y mutualismo entre organismos.

### **2.1.3. Factores influyentes de los ecosistemas**

De acuerdo con Muller (2000), el entorno físico de los ecosistemas contribuye grandemente a la dinámica de todos los elementos e interacciones mencionadas anteriormente, tanto bióticos como abióticos. Entre los factores más influyentes se tienen los presentados en la Tabla 1.

**Tabla 1.**

*Factores que influyen en la dinámica de los ecosistemas*

<b>Tipo de factor</b>	<b>Ejemplos</b>
<b>Geológico</b>	Tipos de roca y nivel freático
<b>Topográfico</b>	Relieve y erosión
<b>Pedológico</b>	Textura, tipo y pH del suelo
<b>Climatológico</b>	Temperatura y viento
<b>Hidrológico</b>	Precipitación y escorrentía
<b>Geoquímico</b>	Nutrientes y elementos traza
<b>Antropogénico</b>	Uso del suelo y descargas
<b>Entradas y salidas abióticas</b>	Precipitación y evaporación
<b>Inestabilidades del geosistema</b>	Incendios y desastres

*Nota.* La tabla muestra los diferentes tipos de factores externos que influyen en la dinámica de los ecosistemas. Adaptado de F. Muller (2000). *Handbook of Ecosystem Theories and Management* [Manual de teorías y gestión de ecosistemas]. (<https://doi.org/10.1201/9781482278606>), consultado el 4 de abril de 2022. De dominio público.

## **2.2. Clasificación de ecosistemas**

Los diversos modelos de sistemas de clasificación de ecosistemas creados por el ser humano han sido variados y tienen como propósito explicar la estructura de los ecosistemas por las reacciones de las especies a los gradientes ambientales. Cada sistema se basa en diferentes factores, entre ellos se tienen los fisiográficos, edáficos o biológicos (IARNA-URL, 2018).

Uno de los sistemas más utilizados hacia finales del siglo XIX fue el de Köppen, que propuso el uso de letras mayúsculas y minúsculas como simbología para los diferentes tipos y cuyo principal fallo es que el sistema no logra relacionar de forma correcta la vegetación natural con características ambientales.

Se pueden mencionar también otros intentos como Clements en Norteamérica, dividiendo los ecosistemas a través de grupos vegetales, pero sin utilizar parámetros climáticos en las definiciones. La principal deficiencia de estos sistemas es que, al basarse en la vegetación, el sistema es inaplicable en zonas alteradas o sin vegetación (Holdridge, 1982).

### **2.2.1. Zonas de vida de Holdridge**

Las zonas de vida se refieren a “unidades climáticas naturales en las cuales se agrupan diferentes asociaciones que corresponden a determinados ámbitos de temperatura, precipitación, humedad y biotemperatura” (IARNA-URL, 2018, p. 11). El sistema de clasificación de Zonas de Vida de Holdridge publicado en 1947 y actualizado en 1971 surge con la necesidad de tener un sistema global, que se pueda aplicar en ambos hemisferios, por lo que utiliza parámetros que pueden determinarse en todo el mundo.

Por esta razón, los parámetros que se utilizan en este sistema son calor (biotemperatura), precipitación y humedad (evapotranspiración potencial), así como la división en regiones latitudinales y fajas altitudinales. La vegetación o animales pueden cambiar en diferentes partes del mundo, aunque estas compartan las mismas condiciones climáticas, edáficas y atmosféricas (Holdridge, 1982).

Holdridge (2000) (como se cita en IARNA-URL, 2018), creó un diagrama con los parámetros necesarios para la clasificación en este sistema. En el lado izquierdo están las regiones latitudinales del ecuador hacia el polo, de abajo hacia arriba del diagrama. En el lado derecho se tiene la biotemperatura media anual en grados Celsius junto con la evapotranspiración potencial anual en milímetros (mm).



En la parte baja se tiene la precipitación promedio anual aumentando de izquierda a derecha. Tiene líneas guía de precipitación y de evapotranspiración potencial formando  $60^\circ$  con la horizontal, las cuales aumentan de forma logarítmica (ver Anexo 1).

### **2.2.1.1. Biotemperatura y evapotranspiración potencial**

Holdridge (1982) define la biotemperatura como “una medida del calor, pero de sólo aquella porción que es efectiva en el crecimiento de las plantas. ... Así, la biotemperatura es un promedio de las temperaturas entre  $0^\circ\text{C}$  y  $30^\circ\text{C}$  durante un período total de un año” (p. 10). A pesar de que Guatemala es un país subtropical según las regiones latitudinales del diagrama de Holdridge, se estableció que por la biotemperatura promedio mensual, la región en la que ha sido catalogada en otra literatura y por las latitudes en las que tradicionalmente se define la zona subtropical ( $23^\circ$ - $30^\circ$  latitud Norte) Guatemala debe ser catalogado como un país tropical (IARNA-URL, 2018).

Con respecto a la evapotranspiración potencial Holdridge (1982), la define como la cantidad teórica de agua que podría incorporarse a la atmósfera por los procesos de evaporación y transpiración. El autor menciona que ambos procesos están directamente relacionados con la temperatura y por ello evapotranspiración potencial promedio anual de cualquier lugar en el mundo se puede determinar con el producto de la biotemperatura promedio anual por el factor 58.93 (Holdridge, 1982).

### **2.2.2. Clasificación de ecosistemas de Guatemala según el sistema de zonas de vida de Holdridge**

Para la clasificación de ecosistemas del país, IARNA-URL (2018), estableció que debía utilizarse el Modelo Simplificado de Holdridge (*Simple Holdridge Implementation* – SHI) por “inconsistencias entre los límites de ecosistemas de los pisos basales y los ecosistemas del nivel premontano” (p. 26), con el diagrama modificado. En este estudio se concluyó que existen 13 ecosistemas de 4 zonas de vida de los pisos basal, premontano, montano bajo, montano y subandino (ver Anexo 2).

### **2.3. Funciones ecosistémicas**

Las funciones ecosistémicas son los procesos propios de los ecosistemas los cuales se relacionan directamente con los servicios ecosistémicos, por ejemplo, la circulación de nutrientes. Un servicio ecosistémico puede ser resultado de dos o más funciones ecosistémicas mientras que en otros casos una única función ecosistémica es parte de dos o más servicios ecosistémicos (Costanza et al., 1997). Entre ellas están:

- Regulación de la composición química de la atmósfera
- Regulación de la temperatura global y procesos químicos
- Almacenamiento y retención de agua
- Procesos de formación de suelo
- Regulación de flujos hidrológicos
- Movimiento de gametos florales
- Oportunidades para actividades recreacionales
- Oportunidad para usos no comerciales
- Producción primaria extraíble (comida, materia prima, entre otros).

## **2.4. Evaluación de los Ecosistemas del Milenio**

La Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (EM) fue contemplada desde el año 1998 con su marco conceptual formado por muchas personas alrededor del mundo y fue lanzado oficialmente por Kofi Anann, secretario general de las Naciones Unidas, en el año 2001. Este trabajo fue realizado por más de 1360 expertos en diferentes áreas de más de 100 países. La EM lanzó sus reportes finales en el año 2005 los cuales tenían como enfoque los cambios en los ecosistemas y las repercusiones que tienen en el bienestar humano presente y futuro.

Los resultados también reflejaron como la reacciones locales, nacionales y globales que se pueden tener para mejorar la gestión de los ecosistemas y, por lo tanto, la calidad de vida de los humanos. Este estudio busca dar alternativas y opciones de elección para alcanzar los Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) de las Naciones Unidas (Alcamo et al., 2003; Millenium Ecosystem Assessment [MA], 2005).

Los mensajes clave como resultado de la EM se sintetizaron de esta forma:

- La humanidad depende de los servicios ecosistémicos para una vida decente, saludable y segura; debido a la creciente demanda, los ecosistemas han sufrido cambios sin precedentes.
- Dichos cambios han mejorado la vida de las personas, pero también han afectado de forma negativa las funciones propias de los ecosistemas causando mayor vulnerabilidad de 2 billones de personas que ya viven en regiones con pérdida de SE por el cambio climático y la contaminación.

- Las actividades humanas son las responsables de catástrofes como extinciones y amenazas al bienestar, construyendo una barrera para lograr los ODS.
- La tecnología actual disponible puede reducir el impacto de las actividades humanas.
- Esfuerzos coordinados y multisectoriales se necesitan para mejorar la protección natural y la productividad de ecosistemas, tomando en cuenta a las comunidades locales dándoles propiedad y decisión sobre los recursos.

## **2.5. Servicios ecosistémicos**

Son los beneficios tangibles e intangibles que los seres humanos obtienen de los ecosistemas que impactan en aspectos básicos de la vida como seguridad, acceso a materiales para la calidad de vida, salud, relaciones sociales, libertad y elección (Alcamo et al., 2003), los cuales se reciben tanto de forma directa como de forma indirecta (Constanza et al., 1997). Los cambios en los ecosistemas, tanto directos como indirectos, tienen una interacción multiescalar que alcanza a los servicios ecosistémicos y, por consiguiente, pueden afectar al bienestar humano. La Evaluación de los Ecosistemas del Milenio divide a los SE en las categorías de: soporte, provisión, regulación y culturales (Alcamo et al., 2003).

### **2.5.1. Servicios de provisión**

Son los productos que provienen de los ecosistemas (Alcamo et al., 2003), entre los que se pueden mencionar varios ejemplos:

- Comida y fibra: tanto de animales como de plantas; y también incluye madera, cáñamo, bambú, seda, entre otros.
- Combustibles.
- Recursos genéticos: información de especies animales y vegetales para la cría y biotecnología.
- Bioquímicos, medicina y farmacéuticos.
- Recursos ornamentales: pieles, flores, conchas y otros objetos con valor decorativo dependiente de la cultura.
- Agua fresca.

### **2.5.2. Servicios de regulación**

Son aquellos que la sociedad obtiene de la regulación de los procesos de los ecosistemas (Alcamo et al., 2003). Entre ellos están:

- Mantenimiento de la calidad del aire
- Regulación del clima: a escala local y global en factores como temperatura y precipitación.
- Regulación del agua: en aspectos como la escorrentía y la recarga de acuíferos. Dichos aspectos están relacionados directamente con el uso del suelo y sus cambios.

- Purificación del agua y tratamiento de desechos.
- Polinización.
- Control biológico: manejando plagas y enfermedades.

### **2.5.3. Servicios culturales**

Servicios intangibles que favorecen la espiritualidad, desarrollo y experiencias humanas, los que están vinculados a los valores y comportamientos de las personas (Alcamo et al., 2003). Entre ellos se encuentran:

- Valor espiritual y religioso: ya que algunas culturas o religiones están vinculadas fuertemente a la naturaleza.
- Valor educativo: base para la educación formal e informal.
- Valor estético: para la ubicación de complejos habitacionales, además de la belleza intrínseca que las personas pueden encontrar en los ecosistemas.
- Inspiración: para el arte, arquitectura y símbolos nacionales.
- Relaciones sociales.
- Recreación y ecoturismo.

#### **2.5.4. Servicios de soporte**

Son la base de todos los servicios ecosistémicos mencionados anteriormente, cuyo impacto se da a largo plazo debido a que son procesos que toman mucho tiempo pero que son vitales para el funcionamiento de los ecosistemas. Entre ello se puede mencionar la formación de suelo, la producción de oxígeno, la circulación de nutrientes y la provisión de hábitat (Alcamo et al., 2003). Cabe mencionar que, aunque estos procesos toman mucho tiempo en sufrir o mostrar un cambio significativo, las actividades humanas sí pueden causar cambios abruptos de un momento a otro. Por ejemplo, el cambio de uso de la tierra y la deforestación pueden causar cambios bruscos en estos servicios.

#### **2.6. Identificación de servicios ecosistémicos**

La identificación adecuada de los recursos naturales, así como su contabilización conduce a un uso o explotación adecuado, para evitar la degradación de los mismos. Establecer la importancia de los servicios ecosistémicos es una necesidad, especialmente para aquellos con beneficios directos para la sociedad (Kaplowsits, 2000).

El método propuesto por Castañeda (2014), identifica y determina el nivel de significancia de cada SE evaluado. Esto se realiza a través del planteamiento de una matriz cuantitativa de doble entrada que permite identificar los servicios ecosistémicos y su estado actual. La metodología utiliza la clasificación propuesta por la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio; por cada unidad de cobertura vegetal del suelo se evalúa el nivel de importancia de cada SE con los criterios de cobertura, oferta, permanencia, periodicidad y nivel de satisfacción. La suma de los criterios resulta en un puntaje, que refleja la importancia del SE en la zona.

## **2.7. Representación cartográfica de servicios ecosistémicos**

La evaluación de ecosistemas debe de realizarse de forma multidisciplinaria, para entender cómo y dónde establecer estrategias y programas para el uso y conservación de los servicios que proporcionan (Rocha, Zulian, Maes y Thijssen, 2015). La generación de mapas de SE es utilizado como herramienta en el planeamiento y gestión de ecosistemas urbanos; visualmente pueden identificarse áreas para priorizar y asegurar el desarrollo sostenible a largo plazo a través de la formulación de metas específicas para la preservación de los SE para las futuras generaciones (Cortinovis, Alzetta y Geneletti D, 2021).

El mapeo espacial se puede utilizar para generar información de base de un área en la cual no se han realizado estudios previos, a través de la identificación y uso de indicadores para identificar la capacidad de suministro de los servicios. Una identificación espacial explícita puede ser el estudio inicial para relacionar los estimados biofísicos con otro tipo de estudios, como económicos por ejemplo (Maes, Paracchini y Zulian, 2011).

## **2.8. Evaluación de percepción de servicios ecosistémicos**

Los servicios ecosistémicos, además de los aportes que tienen al ambiente y a la calidad de vida de las personas, tienen un valor social originado en el reconocimiento de dichos beneficios por parte del público y que impacta en las políticas de gestión para el desarrollo social (Esse, et al., 2019). El Análisis Multicriterio o *Multi Criteria Analysis* (MCA), es un proceso con aspectos cualitativos y cuantitativos usando herramientas llamadas Criterios e Indicadores (C&I), para la recolección y procesamiento de información para el manejo sostenible de ecosistemas, principalmente bosque; éstos deben ser adaptados a las condiciones locales del lugar de estudio.



Una de las metodologías del MCA es la llamada *ranking and rating*, o jerarquización y calificación. La Jerarquización implica asignar punteos a los elementos analizados, lo que permite ordenarlos de mayor a menor punteo. La Calificación implica asignar punteos a los elementos analizados, pero que la suma de todos estos al final sea 100, haciendo una ponderación (Mendoza et al., 1999). A través de la combinación de ambos resultados, se obtiene el resultado final del beneficio de cada atributo (Arango et al., 2020).

## **2.9. Espacios verdes urbanos**

Los espacios verdes urbanos están definidos como áreas urbanas que están cubiertas de forma total o parcial con grama, árboles, arbustos y otros tipos de vegetación. Los parques, jardines comunitarios, cementerios con vegetación, jardines en techos, jardines verticales y los prados están incluidos dentro de los espacios verdes urbanos.

Otra forma de conocer a estos espacios es zonas azules-verdes ya que los canales, ríos y otros cuerpos de agua en áreas urbanas también están incluidos en este concepto (De Haas, Hassink y Stuver, 2021). Los beneficios que se obtienen de estos espacios son variados y muy necesarios. Atiqul Haq et al. (2021), menciona que la salud física y mental, las relaciones sociales, el empleo, los servicios ecosistémicos y la biodiversidad son aspectos que se ven beneficiados por los espacios verdes urbanos.

Con respecto a los SE, los que son generados en mayoría son los servicios culturales y de regulación; los servicios de provisión casi no son generados (Chang, 2017).

Algunos ejemplos de los servicios de regulación que se tienen en estas áreas son la reducción del calor urbano (efecto isla de calor), contrarrestar la emisión de gases de efecto invernadero y la atenuación de las tormentas (Lee, 2015); entre los servicios culturales más comunes se pueden mencionar la realización de actividad física, la interacción social y la restauración psicológica de los habitantes mejorando su calidad de vida, además de realizar actividades de recreación o apreciación escénica (Jennings y Bamkole, 2019).

## **2.10. Infraestructura verde y azul**

La infraestructura verde es un término que se refiere a redes planificadas de áreas naturales y seminaturales con características y elementos preparados para la producción de cierta gama de servicios ecosistémicos. La infraestructura verde urbana está proyectada para el crecimiento rápido de las ciudades y la urbanización ocupando cada vez más áreas. Esta debe constar de espacios verdes gestionados desde adentro de los ecosistemas urbanos, para que sean un espacio para la biodiversidad y la generación de SE como aire puro, disminución de la temperatura, recreación y muchos otros más (Maes et al., 2019).

De acuerdo a Maes et al. (2019), las ciudades dependen grandemente de la infraestructura verde urbana y su fortalecimiento es necesario para afrontar de mejor manera los problemas ambientales, sociales y económicos. La existencia de estos espacios hace a las ciudades más atractivas para vivir y aumenta la calidad de vida de las personas.

Por otra parte, la infraestructura verde-azul se refiere a espacios híbridos con sistemas diseñados basados en vegetación y cuerpos de agua, entre los que se pueden mencionar lagunas, riachuelos o canales (Andreucci, Russo y Olszewska-Guizzo, 2019).

### **2.11. Cinturón Ecológico Metropolitano -CEM-**

Un Cinturón Ecológico Metropolitano es un “sistema de áreas naturales bajo diversos esquemas de protección y manejo, que en su conjunto garanticen una producción sostenible de servicios ambientales” (FUNDAECO, 2005, p. 4), con el propósito de mejorar la calidad de vida de las personas que viven en la Región Metropolitana.

FUNDAECO (2005), detalla que entre los objetivos del CEM está la conservación de las áreas que suministran servicios ecosistémicos, la promoción de la participación ciudadana, el desarrollo de parques con propósitos educativos y la creación de oportunidades sociales y económicas en los municipios de Guatemala, Mixco, Villa Nueva y San Miguel Petapa.

### **2.12. Cinturón Ecológico Municipal**

Un Cinturón Ecológico Municipal es un área que involucra tierras privadas y públicas cubiertas por bosque, y con recursos naturales dentro de un área urbana (Congreso de la República de Guatemala, 2006).

Es una figura de conservación de los ecosistemas naturales ubicados dentro de las áreas urbanas del municipio y aledañas a éstas, los cuales actualmente proveen de servicios ambientales, tales como la recarga

hídrica, la filtración de contaminantes, la belleza escénica, la mitigación de desastres, la reducción de vientos y la regulación de la temperatura del ambiente de los pueblos y ciudades, además de proteger los remanentes boscosos alrededor de las mismas para que éstos sirvan de lugares de recreo para los vecinos, mejorando así la calidad humana de las ciudades. (Congreso de la república de Guatemala, 2006, p. 7)

### **2.12.1. Cinturón Ecológico Municipal de Guatemala**

En este se encuentran distintos espacios verdes del municipio y en el que se pueden incluir también tierras de municipios aledaños, con el objetivo de crear un corredor biológico de hábitat y que a su vez funcione como espacio recreativo para las personas (Congreso de la República de Guatemala, 2006).

En el municipio de Guatemala ocupa un área de 95 km<sup>2</sup>, equivalentes al 41.4 % del territorio total del municipio, y está compuesto por 6 parques ecológicos en funcionamiento, 4 en fase de diseño y más de 300 parques lineales.

El objetivo es que estos se conecten entre sí como Red Urbana Verde, con el fin primordial de funcionar como corredor biológico para la conservación de áreas naturales y biodiversidad (Municipalidad de Guatemala, 2019).

### **2.12.2. Manejo y regulaciones existentes**

En el año 2006, Ana Lucrecia Marroquín Godoy de Palomo presentó la iniciativa de ley con número de registro 3421 titulada, *Ley de creación de los Cinturones Ecológicos Municipales*.

Esta iniciativa consideraba el establecimiento declarado de estas áreas verdes urbanas como una prioridad nacional para proteger los remanentes boscosos en las áreas urbanas preservando los servicios ambientales que éstos proporcionan, proveer un espacio de recreación y recuperar aquellas zonas deforestadas. Se proponía que los Cinturones Ecológicos Municipales fueran incorporadas en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas -SIGAP-. Además, establecía la creación del CEM y la creación de reglamentos y regulaciones por parte de cada municipalidad (Congreso de la República de Guatemala, 2006).

En el Plan de Ordenamiento Territorial del municipio de Guatemala se divide al municipio según su vocación territorial en zonas especiales para usos mono-funcionales y zonas generales. La Zona General G0 Natural y Zona General G1 Rural son áreas destinadas principalmente para la conservación de los recursos naturales por lo que conforman el Cinturón Ecológico Municipal (Concejo Municipal de la Ciudad de Guatemala, 2008).

En el año 2000 a través del Acuerdo Municipal AA-1-A-2001 fue creada la Dirección de Medio Ambiente de la Municipalidad de Guatemala. Entre sus objetivos se tiene la planificación de medidas y acciones para la protección y conservación de áreas verdes; así como el diseño, desarrollo e implementación de programas y proyectos para mejorar las condiciones ambientales del municipio.

Entre sus atribuciones se tiene la coordinación de acciones y medidas para la mejora del medio ambiente del municipio (Acuerdo Municipal AA-1-A-2001, 2001), lo cual es referente las áreas del Cinturón Ecológico Metropolitano.

Esto se demuestra en los proyectos llevados a cabo en parques ecológicos y en áreas jardinizadas, además de la implementación del Programa de Investigación para generar información apoyando al mismo tiempo a estudiantes universitarios (Dirección de Medio Ambiente, 2017; Dirección de Medio Ambiente, 2020).

### **2.13. Objetivos de Desarrollo Sostenible**

En el año 2015, la Asamblea General de las Naciones Unidas aprobó la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible tomando aspectos del desarrollo económico, social y ambiental de los 193 Estados Miembros suscritos.

De la mano de la Agenda se establecieron 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), con 169 metas asociadas junto con sus respectivos indicadores para que sean herramientas de planificación a nivel local y nacional en el camino de alcanzar el desarrollo sostenible a través de políticas públicas (Naciones Unidas, 2018).

Lógicamente, todos los objetivos se asocian entre ellos de alguna forma, ya que el desarrollo sostenible no se alcanza solamente con el desarrollo económico, por ejemplo, o solo con el desarrollo ambiental, sino que deben realizarse acciones integrales que abarquen todos estos aspectos para alcanzar el desarrollo sostenible de la sociedad.

A continuación, se presentan los 17 ODS, así como una descripción de los más relevantes para este estudio, sin olvidar que los objetivos no enlistados también están relacionados de forma indirecta.

**Figura 1.**

*Objetivos de Desarrollo Sostenible*



*Nota.* Objetivos de Desarrollo Sostenible, Agenda 2030. Obtenido de Naciones Unidas (2018). *La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible Una oportunidad para América Latina y el Caribe* (p. 1). Naciones Unidas.

**2.13.1. ODS 3. Garantizar una vida sana y promover el bienestar de todos a todas las edades**

Como ha sido resaltado antes, los espacios verdes urbanos proporcionan servicios culturales como la recreación, el ecoturismo (Alcama et al., 2003), la realización de actividad física, la interacción social y la restauración psicológica de las personas, beneficiando su salud física y mental (Jennings y Bamkole, 2019).

Además, los servicios de regulación como la reducción de la temperatura y la regulación de los gases de efecto invernadero en las ciudades (Lee, 2015) pueden jugar una parte importante en la salud física de las personas.

Lo mencionado anteriormente se relaciona con las metas del ODS 3 vinculadas con la promoción de la salud mental y el bienestar, la reducción de la mortalidad prematura por enfermedades no transmisibles como las enfermedades respiratorias crónicas, la reducción de muertes y enfermedades por la contaminación del aire (Naciones Unidas, 2018).

### **2.13.2. ODS 6. Garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos**

O'Donell et al. (2020) señalan que la infraestructura verde-azul en áreas urbanas aumenta la resiliencia de las ciudades a fenómenos como las inundaciones. Además, los árboles en sitios urbanos pueden ser una medida de control del agua de lluvia, ya que mejoran la infiltración y al mismo tiempo la recarga de acuíferos, en contraste a las zonas pavimentadas que aumentan la escorrentía y causan consecuencias negativas a la calidad y cantidad del agua (Berland, 2017).

Los SE mencionados por estos autores se relacionan con las metas del ODS 6 que tratan del uso eficiente de los recursos hídricos asegurando la sostenibilidad de extracción y abastecimiento de agua dulce, la gestión integrada de recursos hídricos y proteger ecosistemas relacionados con el agua como bosques (Naciones Unidas, 2018).



### **2.13.3. ODS 11. Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles**

La reducción de la temperatura, la regulación de los gases de efecto invernadero (Lee, 2015) y el control de agua de lluvia (Berland, 2017), son solo algunos de los SE que pueden proporcionar los ecosistemas de las áreas verdes urbanas que pueden aumentar la resiliencia y sostenibilidad de las ciudades a largo plazo soportando las necesidades de una creciente población.

Esto se relaciona con las metas del ODS 11 relacionadas con el aumento de la urbanización inclusiva y sostenible, salvaguardar el patrimonio natural, la reducción de las muertes causadas por los desastres incluidos los relacionados con el agua, la reducción del impacto ambiental negativo de las ciudades, proporcionar acceso universal a zonas verdes y espacios públicos seguros, el apoyo a vínculos económicos, sociales y ambientales entre las zonas urbanas, periurbanas y rurales, y el aumento del número de ciudades que adoptan políticas y planes para promover el uso eficiente de recursos, la mitigación al cambio climático y la resiliencia ante los desastres (Naciones Unidas, 2018).

### **2.13.4. ODS 13. Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos**

Las soluciones basadas en la naturaleza que impulsan las áreas verdes urbanas tienen gran potencial para el manejo de los impactos del cambio climático en las áreas urbanas aumentando la resiliencia a estos cambios (Kabisch, 2016) a través de servicios como la regulación del clima (Alcamo, et al., 2003).

Las metas del ODS 13 relacionadas son las que tratan de fortalecer la resiliencia y capacidad de adaptación a los riesgos asociados con el clima y la incorporación de medidas para el cambio climático en políticas y planes (Naciones Unidas, 2018).

**2.13.5. ODS 15. Proteger, restablecer y promover el uso sostenible de los ecosistemas terrestres, gestionar sosteniblemente los bosques, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras y detener la pérdida de la biodiversidad**

La conservación y manejo de los ecosistemas que se encuentran en las áreas verdes urbanas son necesarias para alcanzar el ODS 15 ya que se relacionan con las metas que hablan de asegurar la conservación, restablecimiento y uso sostenible de los ecosistemas terrestres; promover la gestión sostenible de los bosques; y la integración del valor de los ecosistemas a la planeación de los procesos de desarrollo (Naciones Unidas, 2018).



### **3. DISEÑO METODOLÓGICO**

#### **3.1. Variables**

A continuación, se describen las variables implicadas en cada uno de los objetivos desarrollados.

##### **3.1.1. Identificación de servicios ecosistémicos**

Se tomaron como prioritarios para la identificación y determinación del estado actual a los servicios ecosistémicos de regulación, soporte y culturales.

**Tabla 2.***Servicios ecosistémicos evaluados*

<b>Clasificación de SE según ME</b>	<b>Función ambiental</b>	<b>Servicio ecosistémico</b>	<b>Variable</b>	<b>Constante</b>
<b>Servicios ecosistémicos de regulación y soporte</b>	Prevención de riesgos	Control de inundaciones	X	
		Control de derrumbes	X	
	Recepción de desechos	Calidad del agua	X	
		Calidad del aire	X	
		Procesamiento de desechos y materia orgánica	X	
	Equilibrio ecológico	Control biológico	X	
		Mantenimiento de la biodiversidad	X	
		Regulación de la erosión	X	
		Disponibilidad de nutrientes	X	
		Mantenimiento de las condiciones climáticas	X	
		Regulación del ruido	X	
<b>Servicios ecosistémicos culturales</b>	Recreación y estética	Belleza escénica	X	
		Recreación y ecoturismo	X	
		Relaciones Sociales	X	
	Identidad, legado y pertenencia	Importancia espiritual	X	
		Importancia e identidad cultural	X	
		Educación	X	

*Nota.* Servicios ecosistémicos evaluados en Parque Ecológico Lomas de Pamplona. Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

### **3.1.2. Generación de información cartográfica**

Para la generación de la información cartográfica espacial de suministro se escogió un servicio ecosistémico representativo de cada función ambiental.

**Tabla 3.***Servicios representados en información cartográfica*

<b>Clasificación de SE según ME</b>	<b>Función ambiental</b>	<b>Servicio ecosistémico</b>	<b>Variable</b>	<b>Constante</b>
<b>Servicios ecosistémicos de regulación y soporte</b>	Prevención de riesgos	Control de derrumbes/deslaves	X	
	Recepción de desechos	Calidad del aire	X	
	Equilibrio ecológico	Regulación del ruido	X	
<b>Servicios ecosistémicos culturales</b>	Recreación y estética	Recreación y ecoturismo	X	
	Identidad, legado y pertenencia	Educación	X	

*Nota:* Servicios ecosistémicos representados en información cartográfica del Parque Ecológico Lomas de Pamplona. Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

### **3.1.3. Evaluación de percepción de servicios ecosistémicos**

En la encuesta se tomaron los siguientes sesgos en los que fueron divididos los resultados para permitir un mejor análisis y obtención de conclusiones.

**Tabla 4.***VARIABLES EN LA EVALUACIÓN DE PERCEPCIÓN*

<b>Variable</b>	<b>Dependiente</b>	<b>Independiente</b>
<b>Tamaño de muestra</b>		X
<b>Rango de edad</b>		X
<b>Grado académico</b>		X
<b>Punteo de percepción: Jerarquización</b>	X	
<b>Punteo de percepción: Calificación</b>	X	

*Nota.* Variables en la evaluación de percepción de servicios ecosistémicos en el Parque Ecológico Lomas de Pamplona. Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

### **3.2. Delimitación del campo de estudio**

En este estudio se abarca la identificación de los servicios ecosistémicos con generación de mapas y evaluación de percepción de visitantes del parque ecológico Lomas de Pamplona ubicado en 3ª avenida y 11 Calle, Colonia Lomas de Pamplona en zona 13 de la Ciudad de Guatemala. Este posee un área de 6.8 Ha en la que se realizará el estudio, incluyendo también los alrededores más próximos como punto de contraste para el mapeo de la regulación de ruido.

El campo de estudio está dentro de la Ingeniería Ambiental, en la evaluación de ecosistemas enfocándose en los servicios ecosistémicos de áreas verdes urbanas.

Las líneas de investigación es la identificación de SE por medio de una metodología matricial, el mapeo de servicios por medio de la modelación y la evaluación de percepciones por un método de análisis multicriterio. Para la evaluación la muestra de usuarios encuestada se sesgará por rango de edad y nivel académico.

### **3.3. Recursos humanos disponibles**

- Investigadora: Fernanda Janetzy González Sánchez
- Asesor: Ing. Agr. Kathya Frine Mejía
- Asesora Técnico-Administrativo de la Dirección de Medio Ambiente, Municipalidad de Guatemala: Ing. Laura Herrera.

### **3.4. Recursos materiales disponibles**

- Equipo

- Computadora laptop HP Pavilion
- Tablet Samsung A20
- Celular Samsung Galaxy A50
- Atmotube PRO
- Sonómetro Svantek

### **3.5. Técnica cualitativa o cuantitativa**

A continuación, se describen las técnicas de estudio que se utilizaron durante la investigación para cada objetivo planteado.

#### **3.5.1. Identificación de servicios ecosistémicos**

Para el primer objetivo se utilizó el método mixto propuesto por Castañeda (2014) en el que se identifica la importancia de cada servicio ecosistémico en forma de puntaje para el parque ecológico Lomas de Pamplona según los criterios de cobertura, oferta, permanencia, periodicidad y nivel de satisfacción.

Esto se realizó a través de una matriz de doble entrada que permite identificar los servicios, así como evaluar su estado actual obteniendo como resultado final la importancia del servicio en forma de puntaje numérico. Esto con el propósito de generar información estratégica en la toma de decisiones para la gestión ambiental.

#### **3.5.2. Representación cartográfica de servicios ecosistémicos**

Durante el desarrollo del segundo objetivo se desarrollaron mapas con información cuantitativa y cualitativa obtenida a través de la recaudación en campo y motores de búsqueda disponibles con información de la zona de estudio.



Para ello se utilizó el software QGIS, en el que se ingresaron las coordenadas estratégicas recolectadas en campo asociadas con la información correspondiente de los indicadores elegidos para la representación espacial del suministro de los servicios ecosistémicos seleccionados. Este método permite generar información base en zonas sin estudios previos (Maes, Paracchini y Zulian, 2011).

### **3.5.3. Evaluación de percepción de servicios ecosistémicos**

Por último, para el tercer objetivo se utilizó el método de análisis multicriterio con la técnica cuantitativa conocida como Jerarquización y Calificación o *ranking and rating* expuesta por Mendoza et al. (1999), y utilizada en estudios como los realizados por Muñoz-López et al. (2017); Arango et al. (2020).

Este método se basa en los puntajes obtenidos de una encuesta dividida en dos partes realizada a cada visitante voluntario, obteniendo una ponderación final dando una idea de cómo se perciben los servicios ecosistémicos por parte de los visitantes, como herramienta del análisis multicriterio.

La primera parte de la encuesta denominada como Jerarquización consiste en asignar un puntaje a cada servicio del 0 al 9 según el criterio del encuestado. La segunda parte denominada como Calificación consiste en asignar un puntaje por segunda vez a los mismos servicios ecosistémicos, pero de forma tal que la suma total de los puntajes dé como resultado 100 puntos.

### **3.6. Recolección y ordenamiento de la información**

A continuación, se describe la información que fue recolectada para el cumplimiento de cada objetivo y las técnicas o métodos donde esta se recopiló para su procesamiento y análisis.

#### **3.6.1. Identificación de servicios ecosistémicos**

Para la elaboración de la matriz de doble entrada se obtuvieron datos del Ministerio de Agricultura y Alimentación -MAGA- de mapas de uso de la tierra del año 2010 así como de imágenes de Google Satélite actualizadas para recabar los usos de la tierra que se tienen dentro del área del parque ecológico Lomas de Pamplona. Estos usos de la tierra, junto con los criterios de evaluación, forman las columnas de la matriz.

A continuación, se agregaron los servicios ecosistémicos para su identificación y determinación de estado actual en el lado izquierdo de la matriz, los cuales se desglosan en la Tabla 5. Estos formaron las filas de la matriz. Cada uno de estos servicios fue sometido a los criterios que establece la metodología para la obtención de la importancia de cada uno.

Esto se realizó por medio de visitas de campo al parque ecológico en cuestión aplicando la evaluación documental y consultando información disponible en la DMA acerca de los recursos de la zona. Los criterios utilizados fueron cobertura (Co), oferta (Of), permanencia (Pem), periodicidad (Per) y nivel de satisfacción (NS) los cuales combinados resultaron en la importancia (I) de cada servicio.

**Tabla 5.***Identificación de servicios ecosistémicos y estado actual*

Servicio ecosistémico	Uso del suelo 1						Uso del suelo 2					
	Co	Of	Pem	Per	NS	I	Co	Of	Pem	Per	NS	I
Control de inundaciones												
Control de derrumbes/deslaves												
Calidad del agua												
Calidad del aire												
Procesamiento de desechos y materia orgánica												
Control biológico												
Mantenimiento de la biodiversidad												
Regulación de la erosión												
Disponibilidad de nutrientes												
Mantenimiento de las condiciones climáticas												
Regulación del ruido												
Belleza escénica												
Recreación y ecoturismo												
Relaciones Sociales												
Importancia espiritual												
Importancia e identidad cultural												
Educación												

*Nota.* Matriz que muestra la identificación de servicios ecosistémicos y estado actual del Parque Ecológico Lomas de Pamplona. Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

Cada criterio de evaluación tiene tres posibles categorías en las cuales puede encajar el servicio ecosistémico evaluado, lo cual permite estandarizar de cierto modo los criterios del evaluador. Las definiciones y puntajes de cada una se presentan a continuación según fueron propuestas por Castañeda (2014).

#### **3.6.1.1. Cobertura**

Este criterio es referente al área hasta la que es extendido el beneficio generado por el servicio ecosistémico al bienestar humano, y cuenta con las siguientes categorías.

- Puntual (1 punto): el beneficio se encuentra muy localizado en el ecosistema que lo genera y no se extiende más allá.
- Local (10 puntos): el servicio extiende sus beneficios a nivel de localidad, vereda, casco urbano o municipio.
- Regional (20 puntos): el beneficio llega a municipios o localidades adyacentes.

#### **3.6.1.2. Oferta**

Este criterio se refiere a la diversidad de elementos que forman parte del beneficio que proporciona cada servicio y que cumplen parte de la función que este proporciona, y posee las siguientes categorías:

- Baja (1 punto): los elementos benéficos son homogéneos, por lo que el nivel de oferta es reducido.

- Media (10 puntos): existen diferencias entre los elementos benéficos, lo que regula el nivel de oferta.
- Alta (20 puntos): existe heterogeneidad entre los elementos benéfico, lo que hace que la oferta se amplíe.

### **3.6.1.3. Permanencia**

Es el tiempo que el beneficio del servicio permanecerá en el área en la que se genera o extiende, según sea el caso, y se tienen las categorías:

- Corto plazo (1 punto): el beneficio permanece por un tiempo menor a 1 año.
- Mediano plazo (10 puntos): el beneficio permanece por un tiempo de 1 a 5 años.
- Largo plazo (20 puntos): el beneficio permanece por un tiempo de más de 10 años.

### **3.6.1.4. Periodicidad**

Este criterio se refiere a la regularidad con la que se manifiesta el beneficio proporcionado por el ecosistema, y las categorías son:

- Discontinuo (1 punto): no cubre las necesidades que se tienen de parte de un grupo social o individuo.
- Periódico (10 puntos): el beneficio se presenta de forma cíclica.

- Continuo (20 puntos): el beneficio se mantiene constante.

#### **3.6.1.5. Nivel de satisfacción**

Es el grado en el que el beneficio generado por el servicio ecosistémico suple una necesidad humana. Categorías:

- Nulo (1 punto): no cubre las necesidades que se tienen de parte de un grupo social o individuo.
- Parcial (10 puntos): no se cubren todas las necesidades, pero sí están cubiertas las más importantes.
- Total (20 puntos): se cubre la totalidad de las necesidades de un grupo social o individuo.

#### **3.6.2. Generación de información cartográfica de servicios ecosistémicos**

Para la generación de información cartográfica, cada uno de los servicios ecosistémicos seleccionados requiere de información específica la cual debe obtenerse por medio de la toma de datos y observaciones en campo, y la búsqueda en bases de datos o motores de búsqueda.

Para el mapeo del servicio de control de derrumbes y deslaves se tomaron en cuenta los indicadores de:

- Vegetación
- Pendientes del terreno

Para el mapeo del servicio de calidad del aire se tomaron en cuenta los indicadores de:

- Niveles de contaminantes en el aire en monitoreo puntual (PM 2.5, PM 10 y COV).

Para el mapeo del servicio de regulación de ruido se tomaron en cuenta los indicadores de:

- Niveles de ruido en monitoreo puntual

Para el mapeo de los servicios de recreación y ecoturismo, y educación se tomaron en cuenta los indicadores de:

- Áreas con función de recreación específica
- Áreas con función de educación específica

### **3.6.3. Evaluación de percepción de servicios ecosistémicos**

Para conocer la percepción de los usuarios del parque respecto a los servicios ecosistémicos se diseñó una encuesta para aplicar la jerarquización y calificación. (Ver Apéndice 1). Esta contenía los servicios ecosistémicos seleccionados provenientes de la identificación y evaluación de estado actual.

El procedimiento fue el siguiente:

- Para iniciar, se realizaron al usuario voluntario las preguntas de información básica (rango de edad, género, escolaridad, conocimiento previo de los servicios ecosistémicos).

- Se explicó la dinámica, y luego se apoyó al voluntario en el proceso de Jerarquización leyendo juntos cada servicio y contestando dudas acerca del significado de cada uno.
- A continuación, se condujo al usuario en el proceso de calificación, para totalizar 100 puntos de suma final.
- Por último, se preguntó si el usuario recibía o no algún beneficio directo en cualquier sentido (recreativo, espiritual, ambiental, entre otros), de la existencia del Parque Ecológico Lomas de Pamplona y se agradeció su participación y apoyo con la encuesta.



**Tabla 6.***Recolección de calificaciones para percepción*

<b>Clasificación de SE según ME</b>	<b>Función ambiental</b>	<b>Servicio ecosistémico</b>	<b>Jerarquización (0-9)</b>	<b>Calificación (suma 100 en total)</b>
<b>Servicios ecosistémicos de regulación y soporte</b>	Prevención de riesgos	Control de inundaciones		
		Control de derrumbes/deslaves		
	Recepción de desechos	Calidad del agua		
		Calidad del aire		
		Procesamiento de desechos y materia orgánica		
	Equilibrio ecológico	Control biológico		
		Mantenimiento de la biodiversidad		
		Regulación de la erosión		
		Disponibilidad de nutrientes		
		Mantenimiento de las condiciones climáticas		
<b>Servicios ecosistémicos culturales</b>	Recreación y estética	Belleza escénica		
		Recreación y ecoturismo		
		Relaciones Sociales		
	Identidad, legado y pertenencia	Importancia espiritual		
		Importancia e identidad cultural		
		Educación		

*Nota.* Recolección de calificaciones de los usuarios para evaluación de percepción de servicios ecosistémicos del Parque Ecológico Lomeas de Pamplona. Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

### **3.7. Tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información**

Se utilizaron diversos métodos para sintetizar la información y facilitar su procesamiento, los cuales se describen a continuación.

#### **3.7.1. Identificación de servicios ecosistémicos**

La matriz que fue mencionada en el proceso de recolección de información fue la herramienta que se utilizó para tabular la Importancia (I) de cada uno de los servicios según los criterios de cobertura (Co), oferta (Of), permanencia (Pem), periodicidad (Per) y nivel de satisfacción (NS) a través de la suma de los puntajes de todos los criterios.

#### **3.7.2. Generación de información cartográfica**

Para el segundo objetivo, el procesamiento de la información recolectada se realizó con el software QGIS. En este software se ingresó la información recaudada en campo y en Google Earth asociada a las coordenadas de ubicación en el espacio para su procesamiento a través de las diversas herramientas que ofrece el programa para obtenerla mejor representación visual posible.

#### **3.7.3. Evaluación de percepción de servicios ecosistémicos**

Las sumas de las calificaciones de todos los usuarios se tabularon en una tabla con ambos resultados de cada usuario por servicio, tanto los de Jerarquización como los de calificación. Con ambos resultados se realizó una ponderación para obtener un único puntaje para cada servicio ecosistémico calificado.

**Tabla 7.***Tabulación y ordenamiento de calificaciones de la evaluación*

Clasificación	Función	SE	Suma total		Ponderación		
			Jerar.	Cal.	Jerar.	Cal.	Total
<b>Regulación y soporte</b>	Prevención de riesgos	Control de inundaciones					
		Control de derrumbes/ deslaves					
	Recepción de desechos	Calidad del agua					
		Calidad del aire					
	Equilibrio ecológico	Procesamiento de desechos y materia orgánica					
		Control biológico					
		Mantenimiento de la biodiversidad					
		Regulación de la erosión					
		Disponibilidad de nutrientes					
		Mantenimiento de las condiciones climáticas					
<b>Culturales</b>	Recreación y estética	Regulación del ruido					
		Belleza escénica					
		Recreación y ecoturismo					
	Identidad, legado y pertenencia	Relaciones Sociales					
		Importancia espiritual					
		Importancia e identidad cultural					
		Educación					

*Nota.* La tabla presenta la tabulación y ordenamiento de calificaciones de la evaluación de percepción de servicios ecosistémicos del Parque Ecológico Lomas de Pamplona. Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

### 3.8. Método de análisis de los resultados

La información generada se sometió a un proceso de análisis por diversos métodos para poder obtener conclusiones a partir de ella.

#### 3.8.1. Identificación de servicios ecosistémicos

La matriz de identificación de los servicios y su estado actual fue analizada según los resultados de importancia obtenidos. Los servicios se categorizaron en su nivel de significancia según la Importancia (I) obtenida de en cuatro categorías posibles según el estado actual del beneficio brindado a través de una ponderación para totalizar 100 puntos.

#### Tabla 8.

*Niveles de importancia de servicios ecosistémicos*

Significancia	Rango de importancia (I)
Irrelevante	0.00 – 3.00
Moderada	3.01 – 6.00
Importante	6.01 – 8.00
Muy importante	8.01 – 10.0

*Nota.* En la tabla se presentan la significancia y los rangos de los niveles de importancia de servicios ecosistémicos del Parque Ecológico Lomas de Pamplona. Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

De esta forma se comprende fácilmente los servicios que obtuvieron un mayor y menor puntaje durante el proceso identificación.

### **3.8.2. Generación de información cartográfica espacial del suministro**

Se realizaron mapas con colores y figuras que facilitan su comprensión al observador, a una escala adecuada para la representación visual completa. Además, los parámetros de calidad del aire y ruido se compararon con parámetros internacionales para la salud humana.

### **3.8.3. Evaluación de percepción de servicios ecosistémicos**

Se realizó una ponderación final a las calificaciones finales de cada uno de los servicios obtenidos mediante las encuestas. De esta forma se destacan los servicios que obtuvieron mayores puntajes y, por lo tanto, mayor reconocimiento e importancia desde la percepción del usuario o aquellos servicios con los puntajes más bajos los cuales podrían ser importantes pero desconocidos para las personas.

Los resultados ponderados de la identificación de servicios ecosistémicos por medio de la matriz y los resultados de la evaluación de percepción también fueron comparados para establecer si existe o no concordancia entre ambos resultados.

## **3.9. Análisis estadístico**

El análisis estadístico se realizó para la evaluación de percepción de servicios ecosistémicos, con el objetivo de probar la hipótesis que fue planteada a raíz del objetivo específico 3. Para iniciar se determinó el tamaño de la muestra (n) mínimo para realizar la encuesta a través del muestreo aleatorio simple con:

$$n = \frac{z_{\alpha/2}^2 p(1-p) N}{(N-1)\varepsilon^2 + z_{\alpha/2}^2 p(1-p)}$$

Donde

$z$  es el estadístico de prueba para  $\alpha/2$

$\alpha$  es el valor de error

$N$  es la población

$\varepsilon$  es el error de estimación

$p$  es el valor de proporción (0.5 cuando no se conoce)

Después de realizar las encuestas a los usuarios, los resultados se analizaron por medio del cálculo del coeficiente de V de Cramer para determinar el grado de asociación entre las variables independientes categóricas de sesgo establecidas para la muestra y los resultados de la ponderación final de la jerarquización y calificación.

El coeficiente de V de Cramer se calcula con:

$$V = \sqrt{\frac{X^2}{n(L-1)}}$$

Donde

$X^2$  es el valor calculado por medio de las frecuencias observadas y esperadas (chi cuadrado)

$n$  es el total de casos

$L$  es el mínimo entre el número de columnas y filas

$V$  coeficiente V de Cramer

Para el cálculo de  $\chi^2$ , la base del coeficiente de V de Cramer, se tiene:

$$\chi^2 = \sum \frac{(f_o - f_e)^2}{f_e}$$

Donde

$f_o$  frecuencia observada

$f_e$  frecuencia esperada

$\chi^2$  valor de chi cuadrado

Para este análisis se dividieron los resultados en distintas categorías de percepción siendo estas calificación baja, moderada, alta y muy alta. Esto con el objetivo de tener las variables de categorías y sesgos para relacionarlas.

**Tabla 9.**

*Tabulación de frecuencias, coeficiente de V de Cramer*

<b>Nivel educativo</b>	<b>Baja (0.0-3.0)</b>	<b>Moderada (3.01-6.00)</b>	<b>Alta (6.01-8.00)</b>	<b>Muy alta (más de 8.01)</b>
<b>Primaria</b>				
<b>Secundaria</b>				
<b>Diversificado</b>				
<b>Licenciatura</b>				
<b>Posgrado</b>				

*Nota.* Ejemplo de tabulación de frecuencias para el análisis del coeficiente de V de Cramer del Parque Ecológico Lomas de Pamplona. Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

La base del coeficiente es chi cuadrado, por lo que este debe calcularse primero. De ese resultado se puede concluir si el coeficiente V de Cramer será o no significativo por el criterio:

Si  $\chi^2 > \chi^2_{\alpha}$  se rechaza  $H_0$ , V es significativo

El coeficiente V de Cramer toma valores de 0 a 1, donde la cercanía a 1 refleja una mayor asociación entre las variables que se están estudiando. Por lo tanto, primero se determinó si existía o no una correlación entre los diferentes cruces a través de Chi Cuadrado. Si existía correlación, se tomó el coeficiente de V de Cramer como significativo y se analizó el nivel de correlación obtenido entre las variables cruzadas.

De esta forma se obtuvo la conclusión de aceptación o rechazo de las hipótesis planteadas para esta investigación.





## 4. RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados de la identificación de estado actual, generación de información cartográfica y evaluación de percepción de los servicios ecosistémicos suministrados por el área de estudio.

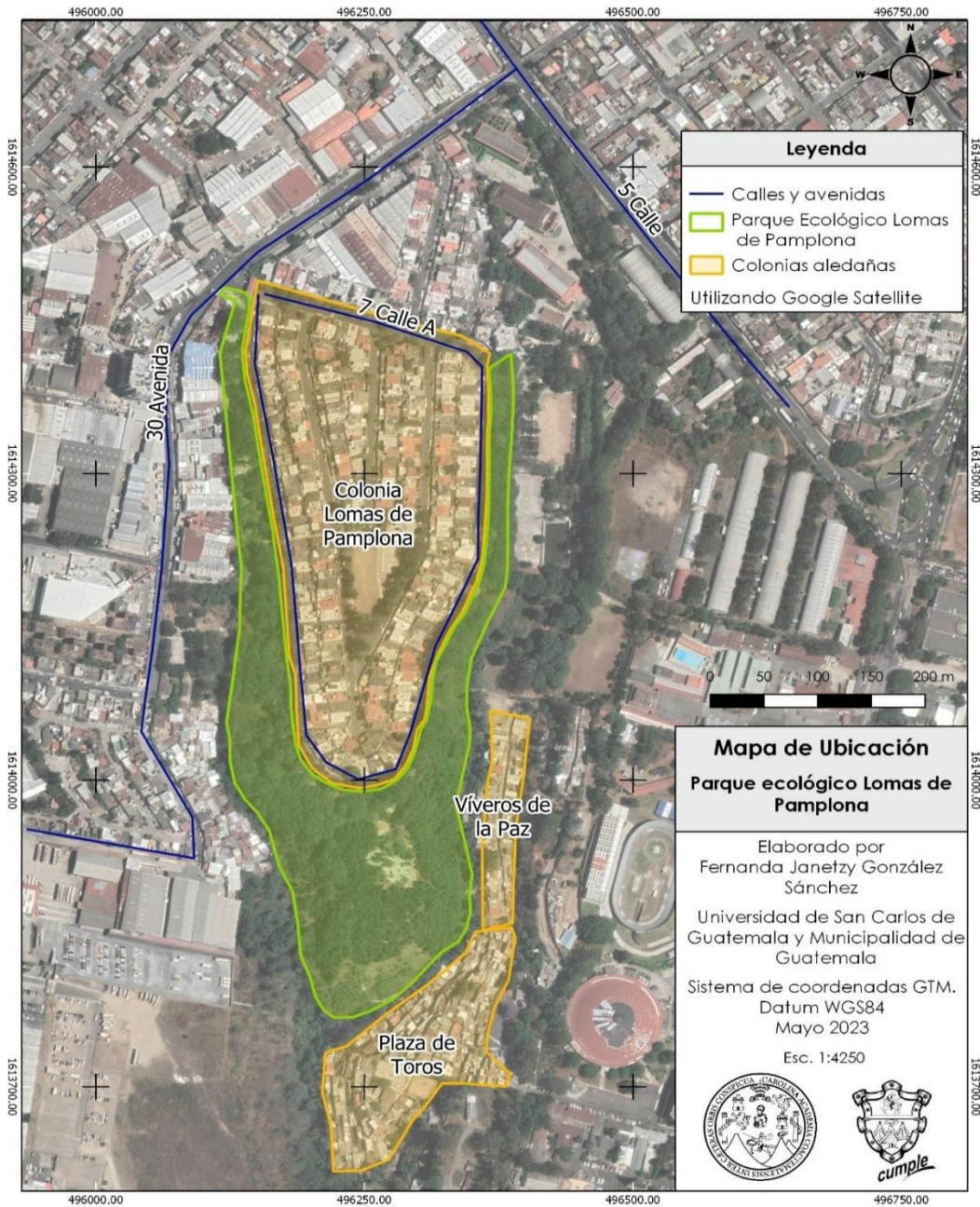
**Tabla 10.**

*Matriz de identificación de servicios ecosistémicos*

Clasificación de SE según ME	Función ambiental	Servicio ecosistémico	Bosque Mixto						
			Co	Of	Pem	Per	NS	I	
<b>Servicios ecosistémicos de regulación y soporte</b>	Prevención de riesgos	Control de inundaciones	10	10	20	20	10	70	
		Control de derrumbes/deslaves	1	20	20	20	10	71	
	Recepción de desechos	Calidad del agua	1	10	20	20	1	52	
		Calidad del aire	10	20	20	20	20	90	
		Procesamiento de desechos y materia orgánica	10	20	20	20	20	90	
		Control biológico	10	10	20	20	10	70	
		Mantenimiento de la biodiversidad	10	20	20	10	10	70	
	Equilibrio ecológico	Regulación de la erosión	10	20	20	20	20	90	
		Disponibilidad de nutrientes	1	20	20	20	20	81	
		Mantenimiento de las condiciones climáticas	10	20	20	20	20	90	
		Regulación del ruido	10	20	20	20	20	90	
	<b>Servicios ecosistémicos culturales</b>	Recreación y estética	Belleza escénica	1	20	20	20	20	81
			Recreación y ecoturismo	20	20	20	20	10	90
Relaciones Sociales			20	20	20	20	20	100	
Identidad, legado y pertenencia		Importancia espiritual	1	1	20	1	1	24	
		Importancia e identidad cultural	10	20	20	10	10	70	
		Educación	10	10	20	10	20	70	

*Nota.* Esta matriz permite identificar los servicios ecosistémicos del Parque Ecológico Lomas de Pamplona. Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

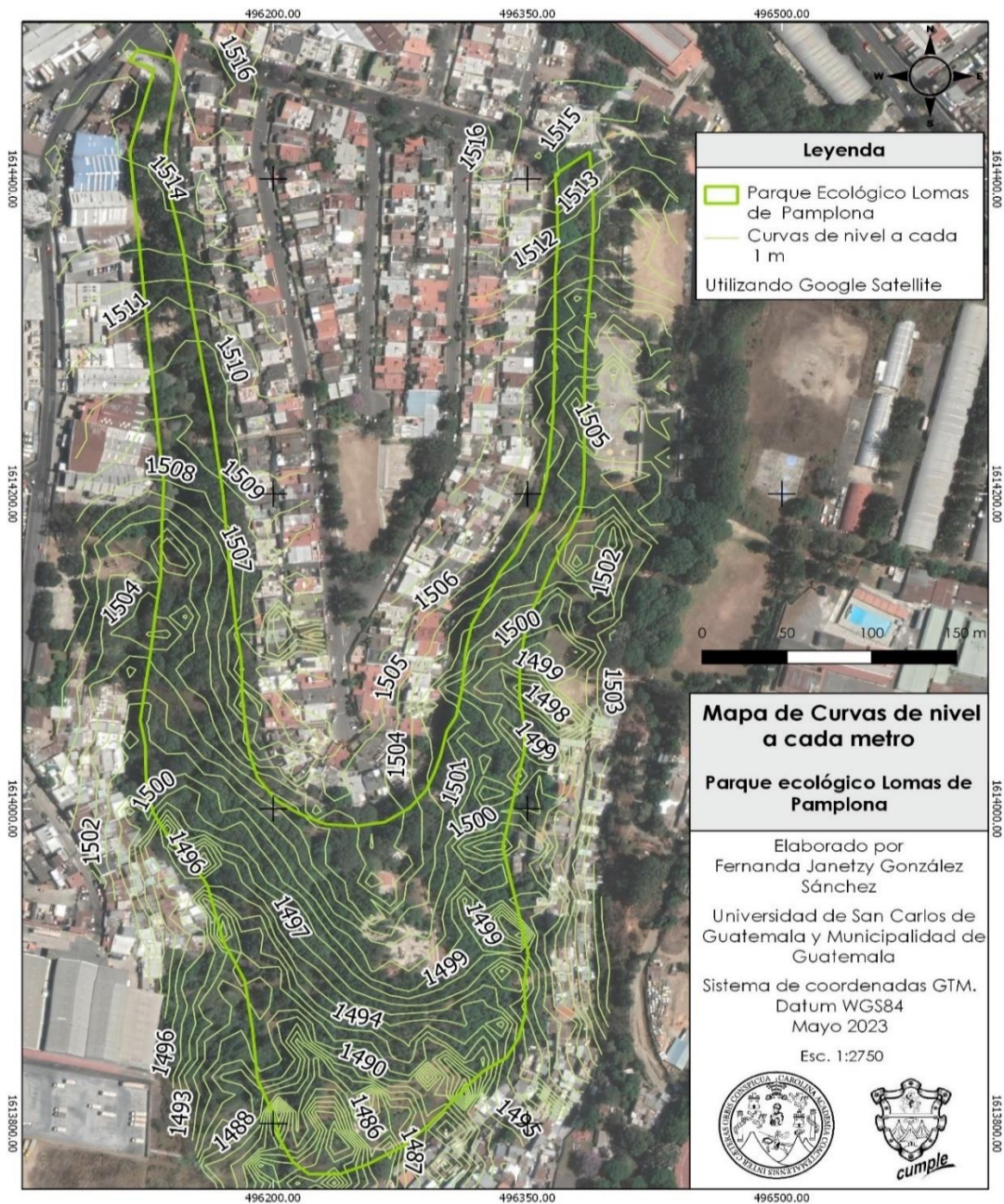
**Figura 2.**  
*Mapa de ubicación*



*Nota.* El presente mapa muestra ubicación del Parque Ecológico Lomas de Pamplona. Elaboración propia, realizado con QGIS.

**Figura 3.**

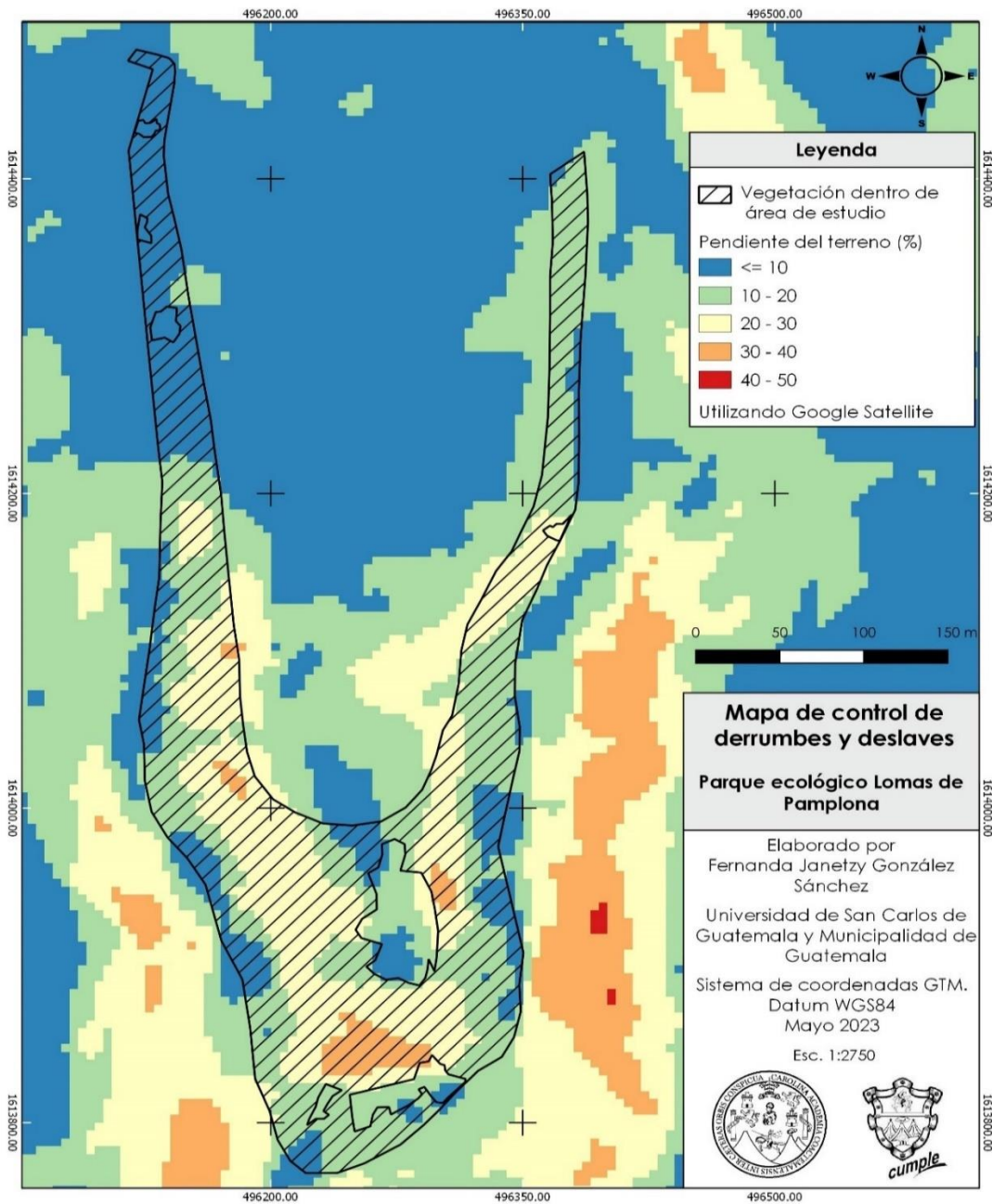
*Mapa de curvas de nivel*



*Nota.* Este mapa muestra las curvas de nivel a cada metro, del Parque Ecológico Lomas de Pamplona. Elaboración propia, realizado con QGIS.

**Figura 4.**

*Mapa de control de derrumbes y deslaves*



*Nota.* En este mapa se pueden observar los controles que se tienen de los derrumbes y deslaves, del Parque Ecológico Lomas de Pamplona. Elaboración propia, realizado con QGIS.

**Figura 5.**

*Mapa de calidad del aire - Air Quality Score AQS*



*Nota.* Este mapa muestra con puntos de colores la calidad del aire- *Air Quality Score AQS* del Parque Ecológico Lomas de Pamplona. Elaboración propia, realizado con QGIS.

**Figura 6.**

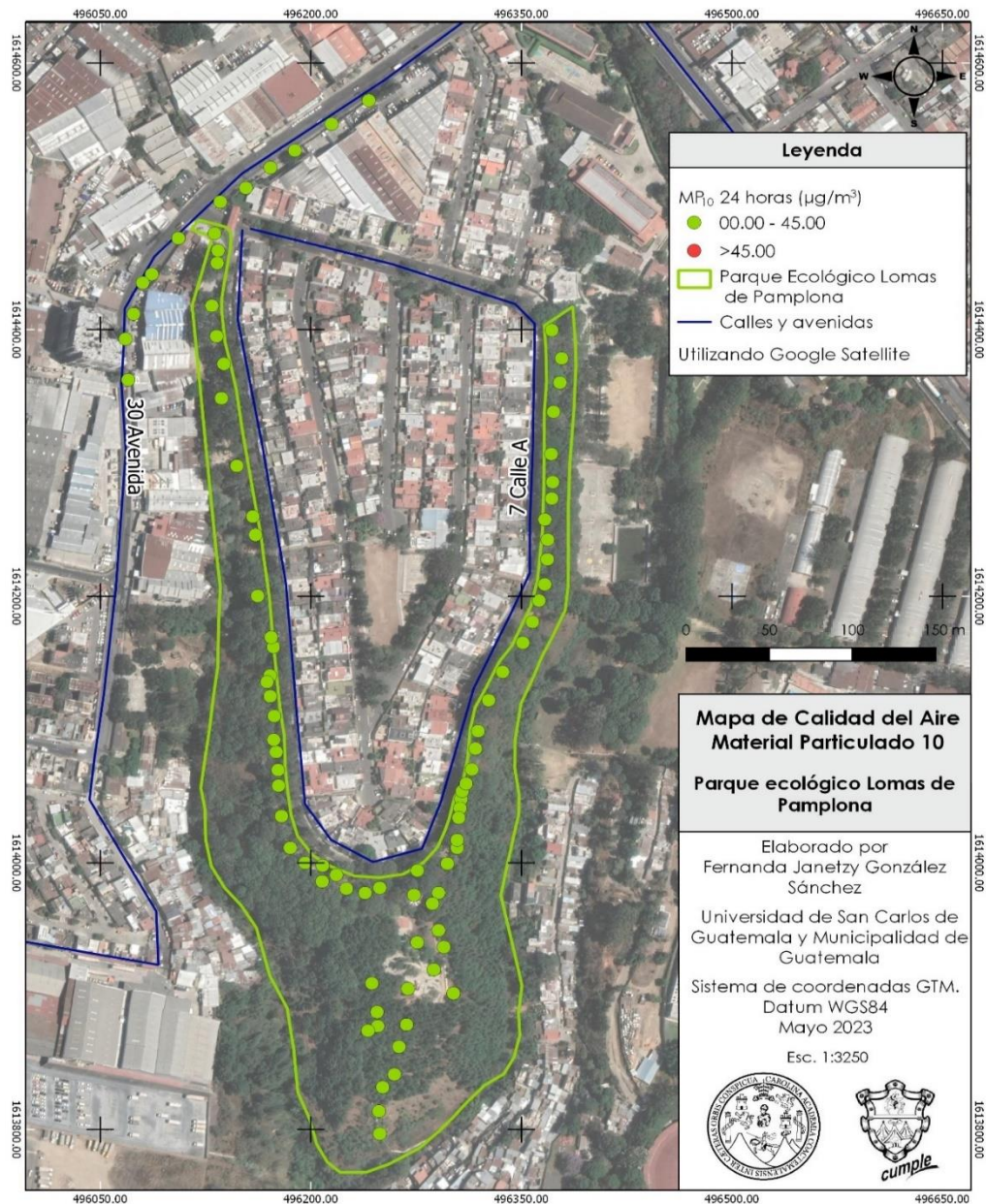
*Mapa de calidad del aire – PM<sub>2.5</sub>*



*Nota.* El presente mapa detalla con círculos verdes y rojos las partículas muy pequeñas que se encuentran en la calidad del aire - PM<sub>2.5</sub> del Parque Ecológico Lomas de Pamplona. Elaboración propia, realizado con QGIS.

**Figura 7.**

*Mapa de calidad del aire – PM<sub>10</sub>*

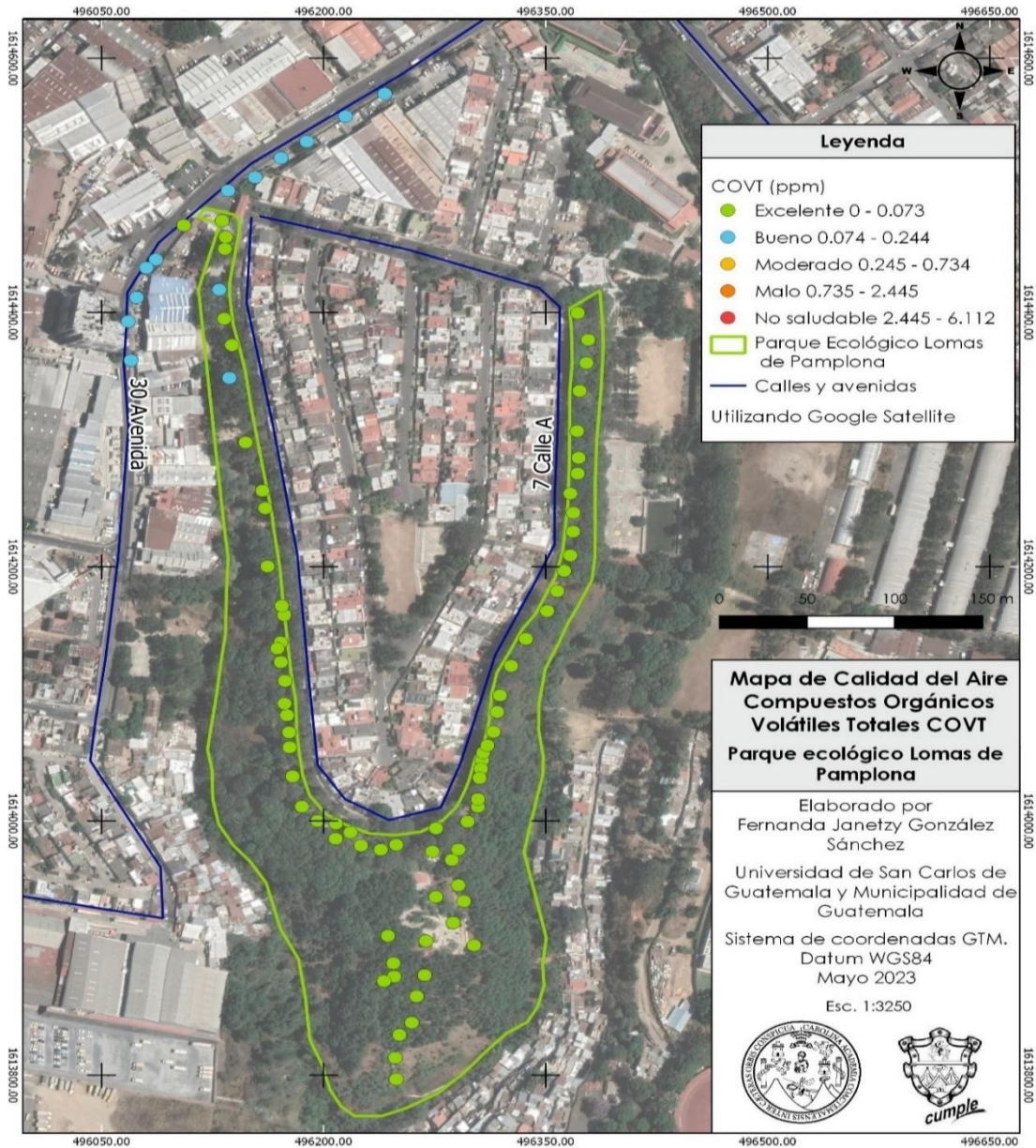


*Nota.* El presente mapa muestra partículas líquidas o sólidas de polvo, polen, cemento o metálicas, que están dispersas en la atmósfera y que tienen que ver con la calidad del aire – PM<sub>10</sub> del Parque Ecológico Lomas de Pamplona. Elaboración propia, realizado con QGIS.



**Figura 8.**

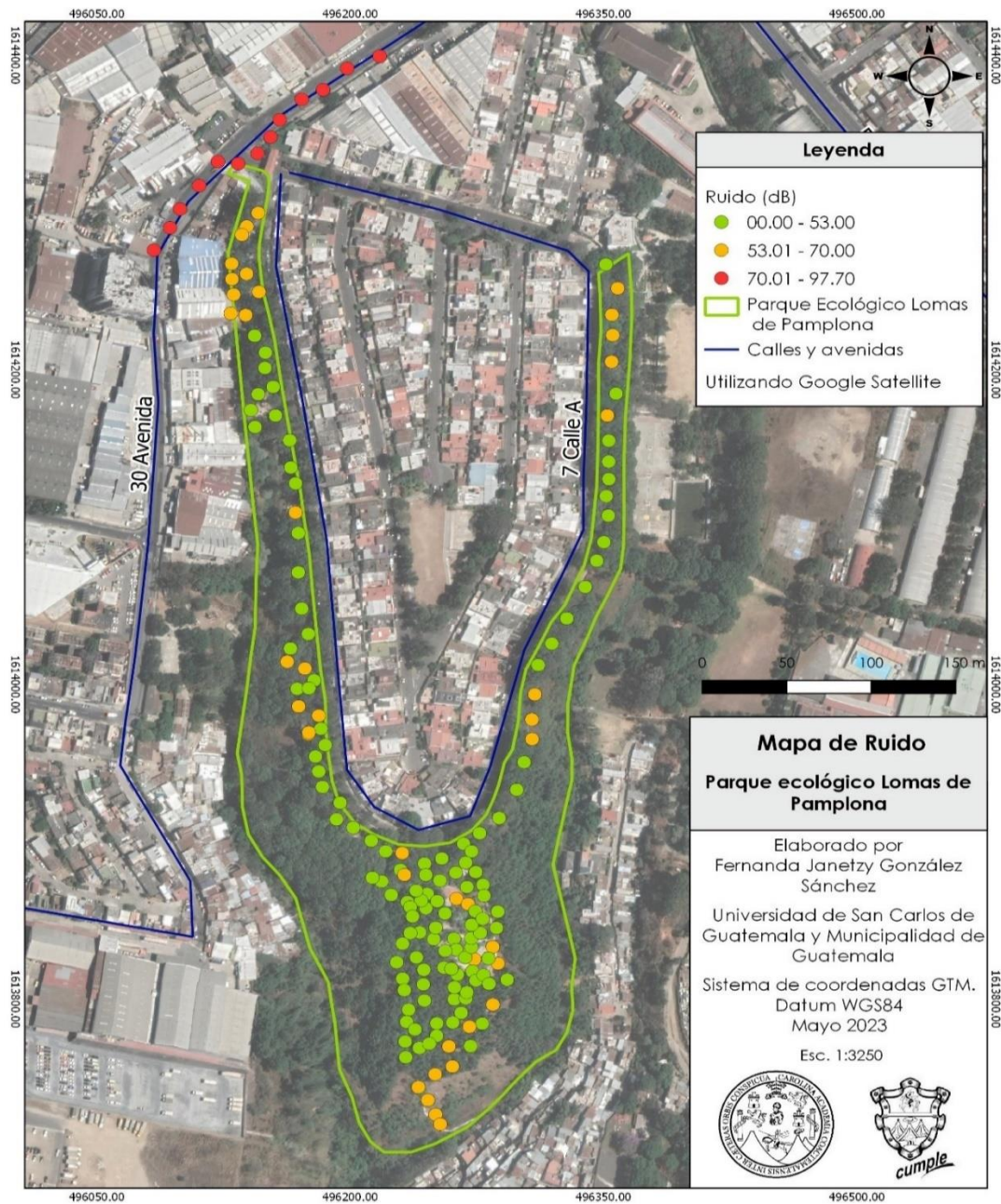
*Mapa de calidad del aire – COVT*



Nota. Este mapa muestra los compuestos orgánicos y volátiles que tienen que ver con la calidad del aire – COVT, del Parque Ecológico Lomas de Pamplona. Elaboración propia, realizado con QGIS.

**Figura 9.**

*Mapa de regulación del ruido*



*Nota.* Este mapa muestra la intensidad del sonido, del Parque Ecológico Lomas de Pamplona. Elaboración propia, realizado con QGIS.

**Figura 10.**

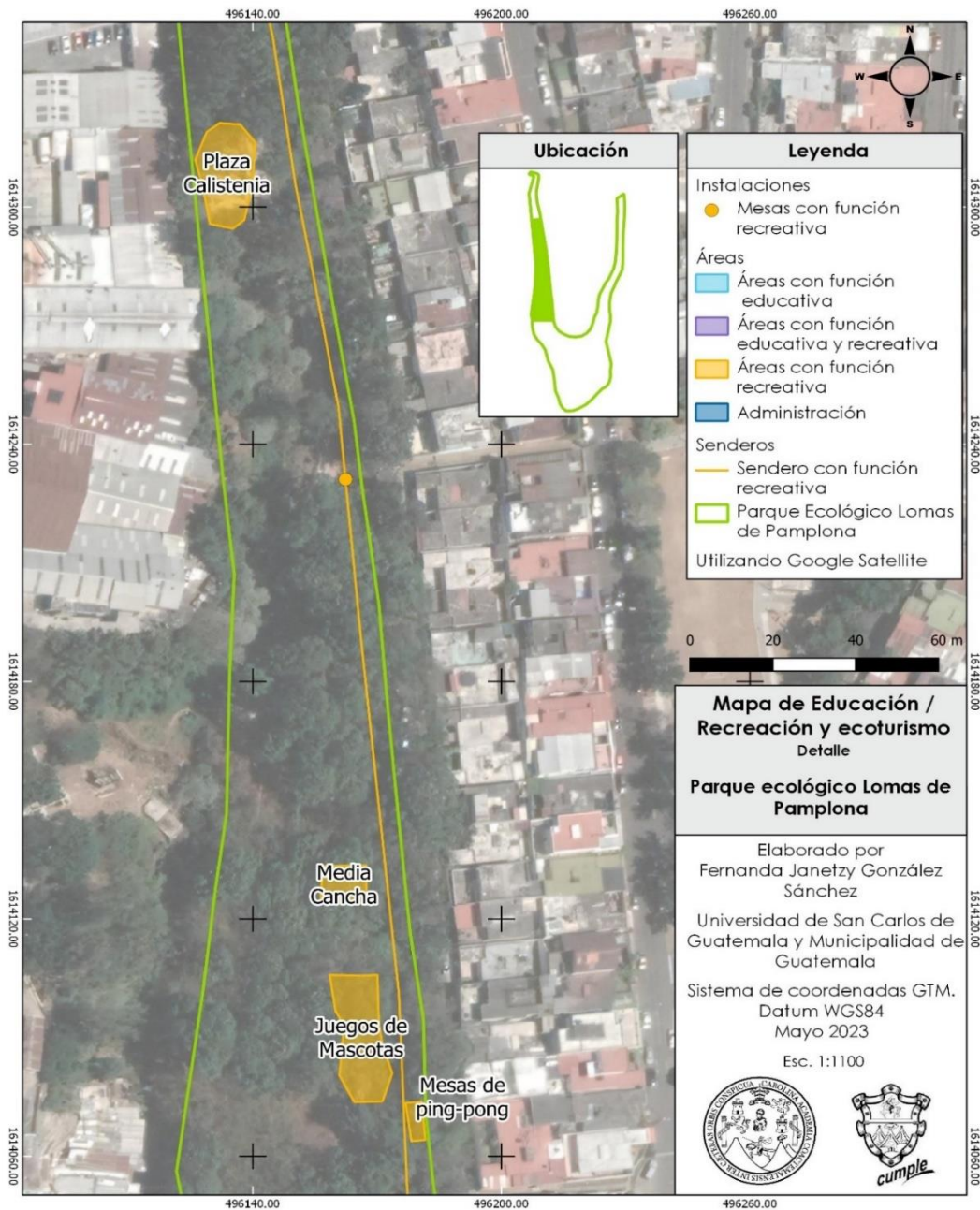
*Mapa de áreas de recreación, ecoturismo y educación*



*Nota.* El presente mapa muestra las instalaciones, áreas y senderos del Parque Ecológico Lomas de Pamplona. Elaboración propia, realizado con QGIS.

**Figura 11.**

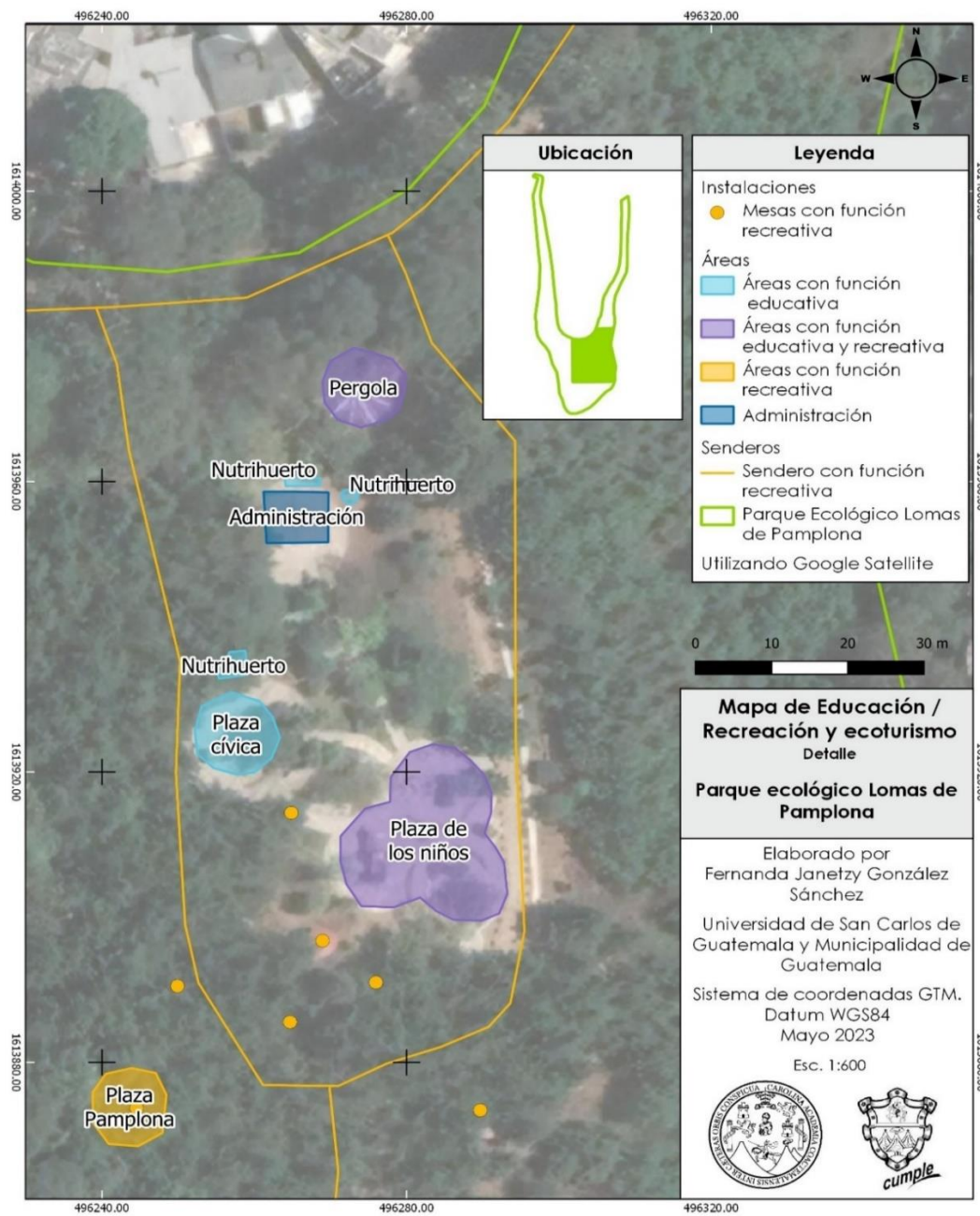
*Mapa de recreación, ecoturismo y educación. Lado oeste*



*Nota.* El mapa muestra la ubicación de las áreas con función recreativa, del Parque Ecológico Lomas de Pamplona. Elaboración propia, realizado con QGIS.

**Figura 12.**

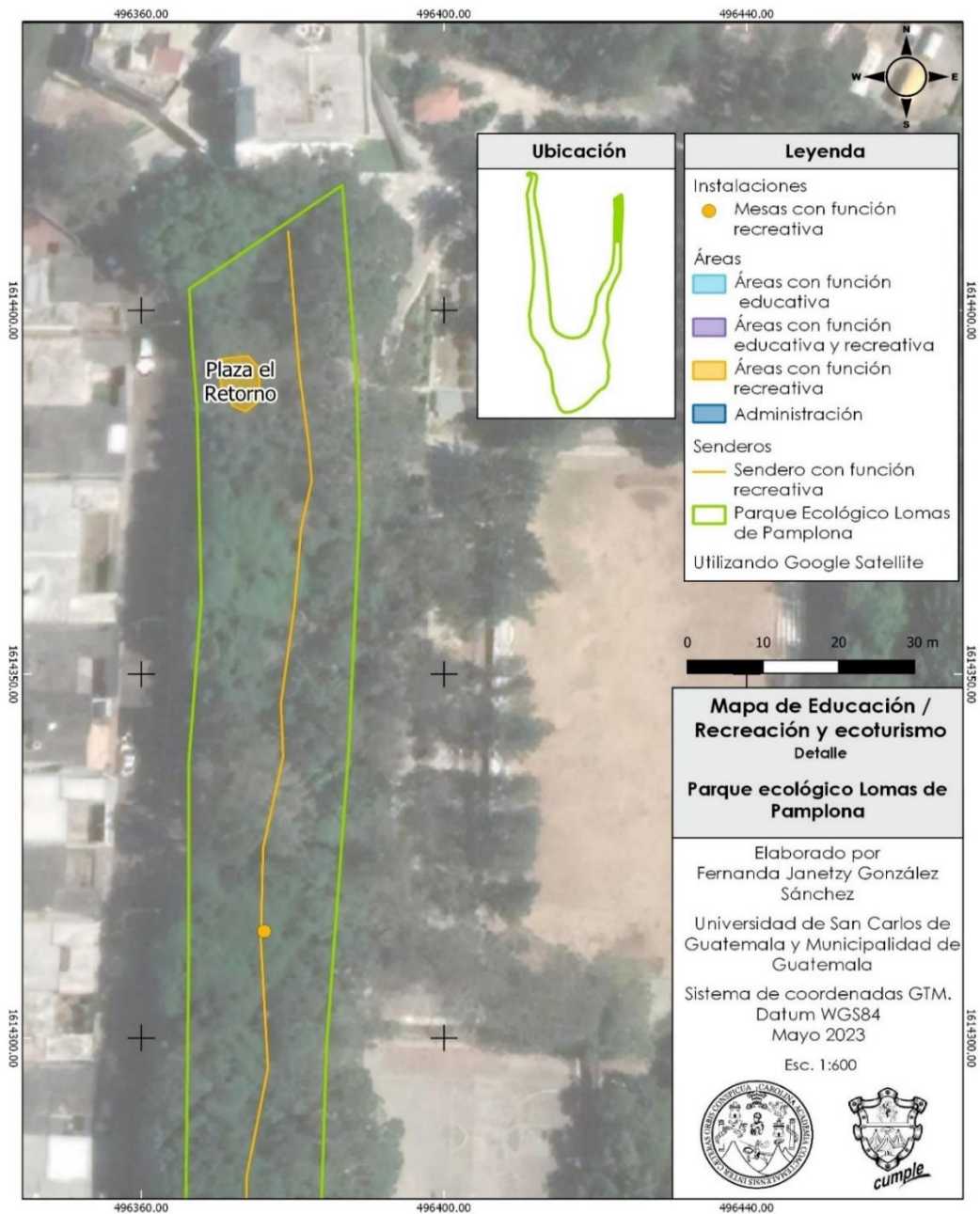
*Mapa de recreación, ecoturismo y educación*



*Nota.* Este mapa muestra las áreas educativas, recreativas y de administración del Parque Ecológico Lomas de Pamplona. Elaboración propia, realizado con QGIS.

**Figura 13.**

*Mapa de recreación, ecoturismo y educación. Lado este*



*Nota.* Este mapa muestra las áreas con función recreativa, del Parque Ecológico Lomas de Pamplona. Elaboración propia, realizado con QGIS.

**Tabla 11.**

*Puntajes ponderados de encuestas*

Clasificación de SE según ME	Función ambiental	Servicio ecosistémico	Puntajes ponderados de encuestas	
			Importancia (I)	Significancia
<b>Servicios ecosistémicos de regulación y soporte</b>	Prevención de riesgos	Control de inundaciones	4.74	Moderada
		Control de derrumbes/deslaves	4.83	Moderada
	Recepción de desechos	Calidad del agua	5.24	Moderada
		Calidad del aire	6.77	Importante
		Procesamiento de desechos y materia orgánica	5.58	Moderada
		Control biológico	5.71	Moderada
		Mantenimiento de la biodiversidad	6.37	Importante
		Regulación de la erosión	6.04	Importante
	Equilibrio ecológico	Disponibilidad de nutrientes	6.16	Importante
		Mantenimiento de las condiciones climáticas	6.47	Importante
		Regulación del ruido	6.16	Importante
		Belleza escénica	6.39	Importante
<b>Servicios ecosistémicos culturales</b>	Recreación y estética	Recreación y ecoturismo	6.65	Importante
		Relaciones Sociales	6.68	Importante
		Importancia espiritual	5.10	Moderada
	Identidad, legado y pertenencia	Importancia e identidad cultural	5.51	Moderada
		Educación	5.60	Moderada

*Nota.* Puntajes ponderados de encuestas de evaluación de percepción de servicios ecosistémicos del Parque Ecológico Lomas de Pamplona. Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

**Tabla 12.***Resultados del análisis de correlación entre variables*

Servicio ecosistémico	Dependencia de variables (Chi cuadrado y V de Cramer)			
	Rango de Edad	Género	Escolaridad	Conocimiento previo
Control de inundaciones	No	No	No	No
Control de derrumbes/ deslaves	No	No	No	No
Calidad del agua	No	No	0.29	No
Calidad del aire	0.30	0.31	No	No
Procesamiento de desechos y materia orgánica	No	No	No	No
Control biológico	No	No	0.28	No
Mantenimiento de la biodiversidad	No	No	No	0.27
Regulación de la erosión	No	No	No	No
Disponibilidad de nutrientes	No	No	No	No
Mantenimiento de las condiciones climáticas	No	No	No	No
Regulación del ruido	No	No	No	No
Belleza escénica	No	No	No	No
Recreación y ecoturismo	No	No	No	No
Relaciones Sociales	No	No	No	No
Importancia espiritual	0.30	No	No	No
Importancia e identidad cultural	No	No	No	No
Educación	0.29	No	No	0.30

*Nota.* Resultados del análisis de correlación entre variables de la encuesta de evaluación de percepción de servicios ecosistémicos del Parque Ecológico Lomas de Pamplona. Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.





## 5. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

### 5.1. Identificación de servicios ecosistémicos

En los mapas de uso de la tierra realizados por MAGA en 2010 se encontraron los usos de la tierra bosque mixto, instalación deportiva y recreativa, tejido urbano continuo. Sin embargo, durante las visitas al parque se constató que la mayor parte de la tierra tiene un uso de bosque mixto, cuyas especies vegetales fueron plantados para reforestar el área.

#### Figura 14.

*Comparativa de usos de la tierra 2010 e imagen satelital 2022*



*Nota.* Comparativo de usos de la tierra que posee bosque mixto, instalación deportiva, recreativa y tejido urbano continuo del Parque Ecológico Lomas de Pamplona. Elaboración propia, realizado con QGIS.

En dichas visitas, se realizó la identificación de servicios y su estado actual, cuyos resultados se presentan en la Tabla 10. Se tomaron diversas fotografías en distintas áreas del parque que evidencian algunos de los resultados obtenidos.

Los servicios ecosistémicos de regulación y soporte se dividieron en diversas funciones ambientales. En la función de prevención de riesgos se encontró que el servicio de control de inundaciones cuenca con una cobertura local ya que el área del parque recibe la precipitación puntual y además puede recibir parte de la precipitación del condominio colindante por la gravedad que causa el control de inundaciones a través de la infiltración en el suelo, la interceptación, transpiración y la escorrentía hacia las partes bajas del barranco (microcuenca), lo cual ofrece una oferta media para este servicio. La permanencia en a largo plazo y se proporciona de forma continua. El nivel de satisfacción es parcial ya que proporciona parte de este control a las áreas aledañas complementando al sistema de drenaje pluvial y alcantarillado.

### **Figura 15.**

*División a condominio colindante*



*Nota.* La fotografía muestra la división que hay para el condominio colindante al Parque Ecológico Lomas de Pamplona. Elaboración propia.

El servicio de control de derrumbes se encontró con una cobertura local solo en el área del parque en los terrenos con pendiente pronunciada y con oferta alta ya que se tienen diversas especies vegetales de árboles y arbustos que proporcionan sostén a la tierra. La permanencia es a largo plazo y la periodicidad es continua, mientras que el nivel de satisfacción es total ya que el control de derrumbes es satisfactorio especialmente en la época lluviosa.

**Figura 16.**

*Terrenos con pendiente pronunciada*



*Nota.* En la fotografía se pueden observar los terrenos con pendiente pronunciada que se encuentran en el Parque Ecológico Lomas de Pamplona. Elaboración propia.

Dentro de la función de recepción de desechos se analizó el servicio de calidad del agua cuya oferta es media ya que en el área se tiene cobertura arbórea cerrada según se observa en imágenes satelitales, y se asume puede ofrecer una recarga de acuíferos baja y una infiltración media debido a que la intercepción y transpiración total tienen tasas elevadas (Blanco, 2017). La permanencia es a largo plazo debido a la existencia de bosques y la periodicidad es continua mientras existen precipitaciones en la zona.

La cobertura es puntual ya que existe la infiltración y es muy probable que esta contribuya al caudal base del río Guadroncito que fluye a un costado del parque y es un afluente del río Guadrón. En las cercanías de los límites del parque donde se encuentra la ubicación del río se percibe olor desagradable. Los asentamientos Plaza de Toros y Viveros por la Paz se encuentran frente al parque, pero al otro lado del río, por lo que la descarga no tratada de aguas residuales estar causando dicho olor y posible contaminación en el río. Si el agua se infiltra y forma parte del caudal base se tiene un nivel de satisfacción nulo.

Con respecto al servicio de calidad del aire, la cobertura del servicio de encontró como local ya que los bosques urbanos tienen la capacidad de remover contaminantes como lo son el dióxido de carbono, el dióxido de nitrógeno y el material particulado (Arroyave-Maya et al., 2018). Esto beneficia no solo un área puntual, como sería el caso del Parque Ecológico Lomas de Pamplona, sino las diversas zonas urbanas que se encuentran alrededor. La oferta es alta ya que existen diversas especies que conforman el bosque de los géneros *Acacia* y *Pinus*, los cuales remueven los contaminantes anteriormente mencionados. La permanencia es a largo plazo y el servicio es continuo mientras se mantenga el bosque presente en el área. El nivel de satisfacción es total, ya que el bosque proporciona una mejor calidad del aire en la localidad beneficiando el estilo de vida y salud de las personas ubicadas en la localidad.

El servicio de procesamiento de desechos y materia orgánica es muy importante y especialmente se da en los suelos. Este se encontró con una cobertura puntual, ya que se da específicamente en el área del parque. La oferta es alta debido a que la vegetación evita la degradación del suelo para ser hábitat de insectos, hongos y microorganismos que contribuyen a la descomposición de desechos. La permanencia es a largo plazo y el servicio es continuo mientras se tenga el área natural con una conservación adecuada del suelo.

El nivel de satisfacción es total ya que no solamente se procesa la materia orgánica, sino que también se degradan desechos inorgánicos que fueron depositados en el área con anterioridad según se observa en algunas áreas.

Dentro de la función de equilibrio ecológico se tiene el servicio de control biológico, y se refiere concretamente al control de plagas. La cobertura de este servicio es local, ya que este parque sirve como amortiguador para los conjuntos habitacionales de los alrededores. La oferta es alta, ya que las áreas verdes urbanas con vegetación diversa, como el caso de este parque, son un hábitat para diversas especies de depredadores de plagas insectos (Korányi, 2022). La permanencia es a largo plazo y la periodicidad es continua mientras que la vegetación actual se mantenga presente o aumente de forma controlada. El nivel de satisfacción es parcial ya que aún no existe una conectividad entre áreas verdes cercanas.

Con respecto al mantenimiento de la biodiversidad el servicio es local ya que diversos insectos, especialmente polinizadores, se pueden trasladar dentro de la localidad generando un beneficio en un área mayor, además de la existencia aves y ardillas. La oferta es alta ya que se han identificado diversas especies de insectos, animales y plantas como la mariposa azul de cola larga (*Rhetus arcus*), pájaro carpintero cheje (*Melanerpes aurifrons*), mirlo café (*Turdus grayi*) y el algodoncillo tropical (*Asclepias curassavica*) (iNaturalist, 2022).

La permanencia es a largo plazo mientras se tenga la existencia de dichas plantas y de la vegetación que funge como hábitat. La periodicidad es continua, ya que la presencia de los polinizadores y otras especies puede verse de forma cíclica por factores como los cambios de temperatura o la precipitación. El nivel de satisfacción es total ya que el parque mantiene a diversas especies, más de las que usualmente se observan en áreas totalmente urbanizadas.

## Figura 17.

*Fauna observada en el área de estudio*



*Nota.* Las fotografías muestran la naturaleza observada en el área de estudio, del Parque Ecológico Lomas de Pamplona. Elaboración propia.

Para el servicio de regulación de la erosión se observó que la cobertura es local ya que la vegetación en el lugar reduce la erosión de los suelos y además sirve como barrera para corrientes de aire para los alrededores. La oferta es alta ya que se encuentran diversas especies de vegetación que contribuyen a la reducción de erosión. La permanencia es a largo plazo y la periodicidad continua, y evitará la degradación del suelo en el área. El nivel de satisfacción en el área es total, ya que la reforestación del área ha sido planificada y exitosa.

Dentro del servicio de disponibilidad de nutrientes se encontró una cobertura local, ya que el servicio se da en el área del parque, pero forma parte de los ciclos de circulación de nutrientes en las zonas verdes aledañas, entonces se al nivel de localidad. Con respecto a la oferta, se sabe que la degradación de la vegetación de un área afecta la distribución de los nutrientes de forma vertical y horizontal en el suelo (Wu, 2020), por lo que el mantenimiento de la vegetación presente en el parque y la diversidad de árboles, arbustos y plantas favorece dicha disponibilidad.

La permanencia es a largo plazo y la periodicidad es continua mientras se garantice el mantenimiento a la vegetación del parque, evitando su degradación. El nivel de satisfacción es total, ya que el servicio está presente en su totalidad debido a las condiciones actuales del ecosistema.

Para el mantenimiento de las condiciones climáticas se encontró una cobertura local, ya que se percibe un efecto de enfriamiento dentro del parque de forma considerable y a los alrededores, según ha demostrado en diversas investigaciones, por lo que, el parque funciona como área de amortiguamiento de temperatura. La oferta es alta, ya que se tiene una diversidad de vegetación que conforma la infraestructura verde del parque, y proporciona mayor comodidad térmica (Aram, 2019). La permanencia es a largo plazo y la periodicidad continua. El nivel de satisfacción es total tomando en cuenta la localidad, ya que el efecto de enfriamiento es fácilmente perceptible.

Por último, dentro de esta función, el servicio de regulación de ruido tiene una cobertura local al igual que el servicio anterior, ya que el ruido disminuye especialmente al adentrarse en el parque, pero también funciona como amortiguador de ruido para los complejos de residencias o asentamientos aledaños. La oferta es alta, ya que el área del parque y sus características permiten dicha reducción de ruido.

La permanencia es a largo plazo y la periodicidad es continua. El nivel de satisfacción es total, ya que el ruido se reduce considerablemente dentro del parque, y se percibe al realizar recorridos o con monitoreos en los cuales se demuestra que el ruido se controla a los niveles adecuados (ver Figura 9).



Con respecto a los servicios de ecosistémicos culturales en la función de recreación y estética, se observó durante la evaluación del servicio de belleza escénica la existencia de áreas naturales con espacios amplios y senderos para caminata, lo cual permite contemplar el paisaje natural con diversas especies vegetales a la vista. Existen también bancas y mesas con vista al área de Juegos o a la vegetación a los alrededores.

La cobertura del servicio es puntual, ya que es un área relativamente pequeña y rodeada por áreas urbanas así que la belleza escénica se aprecia solamente dentro del parque y desde los alrededores. Con respecto a la oferta, esta es alta, ya que existen diversas áreas naturales expuestas con variedad de especies vegetales para observar, así como bancas, mesas y áreas de juegos, todo distribuido de forma armónica lo cual resulta agradable a la vista. Este servicio se puede considerar de largo plazo mientras el parque esté en funcionamiento y que se presentaría de forma continua en el tiempo. Además, las necesidades de belleza estética en esta zona pueden cubrirse en totalidad de forma puntual.

Con respecto al servicio de recreación y ecoturismo la cobertura es regional ya que al parque acuden personas de zona 12, 13, 21 y 11 en su mayoría, además de visitantes de otros municipios. El nivel de oferta es alto ya que se tienen juegos para niños, juegos para mascotas, media cancha, mesa de pingpong, senderos y mesas que proporcionan una diversidad alta de actividades recreativas que pueden llevarse a cabo en el parque. La permanencia es a largo plazo y los beneficios se presentan de forma continua durante el tiempo de funcionamiento del parque.

## Figura 18.

### Actividades recreativas observadas



*Nota.* Actividades recreativas documentadas en el Parque Ecológico Lomas de Pamplona. Elaboración propia.

## Figura 19.

### Actividades recreativas



*Nota.* Publicidad de actividades recreativas organizadas por la Municipalidad de Guatemala en el Parque Ecológico Lomas de Pamplona. Obtenido de Parque Ecológico Lomas de Pamplona (2022). *Fotos.* (<https://www.facebook.com/ParqueEcologicoLomasDePamplona>), consultado el 20 de mayo de 2023. De dominio público.

El nivel de satisfacción de las personas puede ser de forma total ya que se pueden satisfacer necesidades de adultos, niños, mascotas, familias y grupos sociales a través de la realización de juegos, actividades deportivas al aire libre (caminar, trote, bicicleta). También se ofrece la oportunidad de realizar reuniones sociales en las instalaciones.

Con el último servicio de esta función denominado como Relaciones Sociales se determinó que la cobertura es regional como sucede con el servicio anterior, además de ser a largo plazo y continuo mientras el parque siga en funcionamiento. Con respecto a la oferta, esta es alta, ya que las actividades recreativas mencionadas anteriormente van estrechamente relacionadas a las actividades recreativas dando la oportunidad de estrechar relaciones familiares, del juego al aire libre de padres e hijos y la socialización entre niños; además del uso de las instalaciones para celebraciones y reuniones. Esto resulta en un nivel de satisfacción parcial para relaciones sociales existentes y nuevas.

## **Figura 20.**

*Celebraciones y reuniones sociales*



*Nota.* Entre las diferentes actividades que se llevan a cabo están las celebraciones y reuniones sociales en el Parque Ecológico Lomas de Pamplona. Elaboración propia.

Pasando a la función de Identidad, Legado y Pertenencia evaluando el servicio de Importancia espiritual se encontró que no existen espacios precisamente dedicados a la importancia espiritual, por lo que la oferta es baja y por lo tanto el nivel de satisfacción también lo es. Sin embargo, la contemplación de la belleza escénica como forma práctica espiritual es algo que puede realizarse dentro del parque, y podría realizarse a largo plazo dentro de las instalaciones.

Dentro servicio de Importancia e identidad cultural se encontró que la cobertura es local, ya que especialmente las personas que viven en la localidad pueden asistir a actividades realizadas en el parque. La oferta es alta ya que sí se tienen instalaciones para actividades culturales, como lo son y la plaza cívica para el desarrollo de diversidad de actividades culturales. La permanencia es a largo plazo y la periodicidad es periódica, ya que dichas actividades se realizan de forma programada. Por último, el nivel de satisfacción es parcial ya que estas actividades se realizan con menor frecuencia que aquellas enfocadas en la educación.

Por último, el para el servicio de educación se encontró que la cobertura es local ya que personas de los alrededores asisten a actividades organizadas por la municipalidad y personas de otras partes de la ciudad realizan actividades ocasionales como fue evidenciado durante una sesión educativa de la carrera de criminalística de una universidad en la ciudad. La oferta es alta, ya que existen diversas actividades educación ambiental como NutriHuertos, avistamiento de aves, día de abejas o adopta un árbol realizadas de forma periódica y a largo plazo lo cual da una satisfacción total en estos temas.

**Figura 21.**

*Taller de NutriHuertos*



*Nota.* Vecinos de colonias aledañas al Parque Ecológico Lomas de Pamplona, participan en la realización de NutriHuertos. Elaboración propia.

**Figura 22.**

*Actividad universitaria*



*Nota.* Actividades que realizan jóvenes universitarios en las instalaciones del Parque Ecológico Lomas de Pamplona. Elaboración propia.

## Figura 23.

### Actividades educativas



*Nota.* Publicidad de actividades educativas que organiza la Municipalidad de Guatemala en el Parque Ecológico Lomas de Pamplona. Obtenido de Parque Ecológico Lomas de Pamplona (2023). *Fotos.* (<https://www.facebook.com/ParqueEcologicoLomasDePamplona>), consultado el 20 de mayo de 2023. De dominio público.

Realizando una comparación entre los resultados ponderados de identificación de los servicios ecosistémicos (ver Tabla 13), se encontró que los servicios con resultado de mayor Importancia (I) son relaciones sociales, calidad del aire, procesamiento de desechos y materia orgánica, regulación de la erosión, mantenimiento de las condiciones climáticas, regulación del ruido y recreación y ecoturismo. Todos ellos se clasificaron, según su puntuación, dentro de un nivel de significancia Importante.

Los servicios ecosistémicos que obtuvieron menor importancia fueron importancia espiritual, calidad del agua, control de inundaciones, control biológico, mantenimiento de la biodiversidad, importancia e identidad cultural y educación.

Cabe destacar que todos estos servicios se posicionaron dentro del grado de significancia Moderada, exceptuando el servicio de importancia espiritual que se encontró dentro de la categoría de Irrelevante.

Los resultados de identificación del estado actual de los servicios pueden utilizarse en la gestión a corto, mediano y largo plazo de la infraestructura verde del parque. De esta forma se pueden priorizar los servicios con un nivel de significancia Importante para asegurar que estos se continúen suministrando en un nivel óptimo a través del mantenimiento de las instalaciones para uso de visitantes y de la infraestructura verde incluyendo jardines y arbolado.

Así mismo, se pueden realizar actividades que propicien el desarrollo de los servicios ecosistémicos con significancia Irrelevante y Moderada como importancia espiritual, calidad del agua, importancia e identidad cultural, entre otros.

**Tabla 13.***Puntajes de identificación de servicios ecosistémicos*

Clasificación de SE según ME	Función ambiental	Servicio ecosistémico	Puntajes ponderados de encuestas	
			Importancia (I)	Significancia
<b>Servicios ecosistémicos de regulación y soporte</b>	Prevención de riesgos	Control de inundaciones	5.39	Moderada
		Control de derrumbes/deslaves	5.47	Moderada
	Recepción de desechos	Calidad del agua	4.00	Moderada
		Calidad del aire	6.93	Importante
		Procesamiento de desechos y materia orgánica	6.93	Importante
		Control biológico	5.39	Moderada
		Mantenimiento de la biodiversidad	5.39	Moderada
	Equilibrio ecológico	Regulación de la erosión	6.93	Importante
		Disponibilidad de nutrientes	6.24	Importante
		Mantenimiento de las condiciones climáticas	6.93	Importante
		Regulación del ruido	6.93	Importante
	<b>Servicios ecosistémicos culturales</b>	Recreación y estética	Belleza escénica	6.24
Recreación y ecoturismo			6.93	Importante
Relaciones Sociales			7.70	Importante
Identidad, legado y pertenencia		Importancia espiritual	1.85	Irrelevante
		Importancia e identidad cultural	5.39	Moderada
		Educación	5.39	Moderada

*Nota.* Puntajes ponderados de matriz de identificación de servicios ecosistémicos. Elaboración propia, elaborado con Microsoft Excel.



## **5.2. Generación de información cartográfica de servicios ecosistémicos**

La generación de información cartográfica se realizó para representar de forma visual el suministro espacial de servicios seleccionados. Se seleccionó un servicio por cada función ambiental presentada en la matriz de identificación del objetivo 1 (ver Tabla 10).

Para ello se realizaron visitas a las instalaciones del parque para levantar información de cada servicio a través de instrumentos especializados y la toma de coordenadas por medio de un dispositivo electrónico (tablet). Además, esta se complementó con información de sistemas de información geográfica y servicios de información satelital disponibles en la red como Google Earth y Google Satellite.

El Parque Ecológico Lomas de Pamplona se ubica en la zona 13 de la Ciudad de Guatemala, en un área urbanizada. Su única entrada se encuentra sobre la 30 avenida de la zona 13. A su alrededor se encuentran diversas edificaciones comerciales e individuales. Cabe destacar que, debido a su forma, el parque rodea a la colonia Lomas de Pamplona, complejo residencial de viviendas. Además, en el lado sureste del parque, se sitúan los asentamientos Plaza de Toros y Viveros de la Paz (ver Figura 2).

El terreno del parque es irregular, el cual abarca áreas de terreno planas habilitadas especialmente a los visitantes y áreas totalmente naturales en desnivel sin instalaciones para uso de visitantes. El parque alcanza una altura máxima de 1514 msnm y una altura mínima de 1486 msnm, con una diferencia de 28 metros (ver Figura 3).

El primer servicio seleccionado fue *Control de derrumbes y deslaves de la función ambiental prevención de riesgos*. Para ello se utilizó Google Earth para obtener las curvas de nivel a cada metro y con ello se realizó un análisis de pendientes. A esto, se sobrepuso la vegetación del parque digitalizada para poder observar la inclinación del suelo y la vegetación, analizando la posibilidad de derrumbes juntos con los efectos que la vegetación pueda tener para evitarlos.

La vegetación presente en un área tiene consecuencias sobre la estabilidad del suelo y los movimientos de masas de tierra a través de mecanismos hidrológicos y mecánicos. Marín y Osorio (2017), compilan diversos mecanismos y su efecto sobre el suelo. La intercepción de la precipitación, la extracción del agua por las raíces, el anclaje de los árboles a estratos firmes de suelo, la resistencia de raíces en planos de debilidad, el peso de los árboles y el refuerzo que proporcionan los árboles son efectos beneficiosos en la estabilidad de los suelos.

Por otra parte, el aumento de la rugosidad, el agotamiento de la humedad, el peso de los árboles y el viento tienen efectos adversos en la estabilidad de los suelos. Sin embargo, de forma general, la cobertura arbórea tiene mayores beneficios que efectos adversos y contribuye en gran medida a la estabilidad del suelo.

En el área de estudio se encuentra una diferencia de alturas considerables con áreas de terreno inclinadas (ver Figura 4), con pendientes entre el 30 y 40 %. En ellas se puede observar que existe vegetación y cobertura arbórea. Esta es una característica importante para evitar derrumbes en esta área ya que proporciona estabilidad al suelo. Dicha vegetación es plantada y mantenida como parte de las labores de gestión del parque ecológico, lo cual fortalece y garantiza el suministro de este servicio.

El segundo servicio seleccionado fue calidad del aire de la función ambiental de recepción de desechos. Para este mapa se realizaron mediciones en campo de los factores de puntuación de calidad del aire o *Air Quality Score* (AQS), material particulado y compuestos orgánicos volátiles utilizando el instrumento Airthinx PRO con resultados en tiempo real.

Airthinx PRO utiliza un índice denominado puntuación de calidad del aire o *Air Quality Score* (AQS), que es un parámetro acumulativo que combina todos los contaminantes monitoreados por el instrumento para dar un estado instantáneo de la calidad del aire en los alrededores (Atmotube, s.f.). De acuerdo con este índice, tanto en el parque como en la avenida de acceso se tiene una calidad del aire buena, sin representar riesgos a la salud (ver Figura 5).

**Tabla 14.**

*Rangos de Air Quality Score (AQS)*

<b>AQS</b>	<b>Calidad del aire</b>	<b>Riesgo a la salud</b>
<b>81-100</b>	Buena	Sin riesgo.
<b>61-80</b>	Moderada	Riesgo moderado a personas sensitivas.
<b>41-60</b>	Contaminada	Riesgo a personas sensitiva.
<b>21-40</b>	Muy contaminada	Riesgo general a la salud.
<b>0-20</b>	Severamente contaminada	Alerta de salud. Evitar exposición al exterior.

*Nota.* En la tabla se muestran los rangos de calidad del aire y los riesgos que se presentan a la salud, Air Quality Score (AQS). Adaptado de Atmotube (s.f.). *Support center and acknowledge base* [Centro de soporte y base de reconocimiento]. (<https://atmotube.com/atmotube-support>), consultado el 20 de mayo de 2023. De dominio público.

Dentro de los parámetros monitoreados por el instrumento, para material particulado con diámetro de 2.5  $\mu\text{m}$ , el nivel directriz promedio de 24 horas de exposición de la Organización Mundial de la Salud (2021), es de 15  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Como se observa en la Figura 6 la mayoría de puntos de monitoreo están debajo de este nivel.

En el caso de los puntos que resultaron por arriba del mismo, esto pudo ser causado por actividades externas en el caso de la entrada del parque o por el viento arrastrando partículas en el momento de la toma de medición por polvo o algún material similar.

Para material particulado con diámetro de 10  $\mu\text{m}$ , el nivel directriz promedio de 24 horas de exposición de la Organización Mundial de la Salud (2021), es de 45  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Como se observa en la Figura 7 todos los puntos de monitoreo están debajo de este nivel, por lo que el aire tiene una alta calidad y es un beneficio para la salud de las personas.

Por último, con respecto a los compuestos orgánicos volátiles totales (COVT), Airthinx PRO mide la concentración de los compuestos más comunes de este tipo representándolo como un grupo entero (Atmotube, s.f.).

De acuerdo a los niveles recomendados, en todo el parque se tuvo un nivel excelente excepto en la entrada del parque en la cual se tuvo un nivel bueno, lo cual se explica por el tránsito de carros y las emisiones de la quema de combustible (ver Figura 8).

**Tabla 15.**

*Rangos de compuestos orgánicos volátiles totales (COVT)*

<b>Nivel de COVT ppm</b>	<b>Interpretación</b>
<b>0 – 0.073</b>	Excelente
<b>0.074 – 0.244</b>	Bueno
<b>0.245 – 0.734</b>	Moderado
<b>0.735 – 2.445</b>	Malo
<b>2.445 – 6.112</b>	No saludable

*Nota.* La tabla muestra la interpretación de los rangos de compuestos orgánicos volátiles totales (COVT). Adaptado de Umweltbundesamt (2007). *Evaluation of indoor air contaminants by means of reference and guideline values* [Evaluación de contaminantes del aire interior mediante valores de referencia y orientativos]. (<https://doi.org/10.1007/s00103-007-0290-y>), consultado el 22 de mayo de 2023. De dominio público.

Los bosques en áreas urbanas tienen la capacidad de remover contaminantes como lo son el dióxido de carbono, el dióxido de nitrógeno y el material particulado (Arroyave-Maya et al., 2018), por lo que la permanencia del bosque puede garantizar el mantenimiento de los buenos niveles de calidad del aire actuales.

Para la función ambiental de equilibrio ecológico, se realizó el mapa del servicio de regulación de ruido. Para este se realizó un monitoreo puntual dentro de las instalaciones del parque, además de algunos puntos sobre la avenida de acceso, con un sonómetro. De esta forma se obtuvieron la cantidad de decibeles en distintos puntos del parque. Según la Organización Mundial de la Salud (2022), los límites de exposición promedio para ruido ambiental 53 decibeles para ruido producido por tráfico de carretera y 70 decibeles para todas las fuentes combinadas de ruido de forma anual. En el área de estudio se utilizaron dichos valores como referencia para el análisis de los resultados

Se puede observar en la Figura 9 que los puntos tomados a lo largo de la carretera sobrepasan los 70 decibeles, llegando incluso a más de 90 decibeles debido al tránsito de carros, camiones y furgones en la avenida. En la entrada del parque y en el extremo final se observan algunos puntos entre 53 y 70 decibeles, lo que se podría considerar una exposición intermedia. Por último, en la mayoría de las áreas monitoreadas del parque se encuentran resultados menores a 53 decibeles, mediciones que son adecuadas para la exposición en el área.

Al analizar los datos, se observa que en los extremos del parque cerca de las colindancias o la avenida en la que se encuentra la entrada, existen mayores niveles de ruido y que al adentrarse en el parque el ruido disminuye.

Este efecto también puede repercutir de forma positiva en la Colonia Lomas de Pamplona u otros colindantes, ya que la presencia del parque amortigua el ruido ambiental exterior. Niveles de ruido intermedio suceden en el área central del parque por las actividades desarrolladas en esa área por los visitantes, los cuales no sobrepasan 70 decibeles.

Con respecto a las funciones de Recreación y estética e Identidad, legado y pertenencia se realizó un mapa combinando los servicios de Recreación y ecoturismo y Educación (ver Figura 10). En este se muestran las áreas específicas para realizar actividades recreativas o que tienen un propósito educativo. Las coordenadas y dimensiones se tomaron a través de recorridos en campo, registrándolas de forma digital a través de la aplicación QField.

Las áreas recreativas ubicadas en el mapa fueron Plaza Calistenia, Media Cancha, Juegos de Mascotas, Mesas de ping pong, Plaza Pamplona y Plaza el retorno, además del sendero que recorre todo el parque y las mesas existentes con y sin churrasquera.

Durante las visitas al parque, en estas áreas se observó el desarrollo de reuniones sociales, actividades deportivas y actividades recreativas de individuos, familias, amigos e incluso empresas.

Las áreas con propósito educativo representadas en el mapa fueron Plaza cívica y Nutrihuertos en el área central. La plaza cívica tiene un sentido de formación ciudadana, debido a la presencia de banderas representando al país y al municipio. Los Nutrihuertos se encuentran de forma permanente, y en ellos se realizan talleres educativos para realizar huertos en casa. Estos están señalizados con rótulos, de los cuales se puede derivar conocimiento educativo.

Por último, se representaron áreas que tienen una función doble. La pérgola es una instalación en donde se han observado actividades recreativas como celebraciones de cumpleaños y actividades de alumnos de escuelas. También se tiene la Plaza de los Niños o área de Juegos para niños, que tiene diversas instalaciones para jugar, tomando en cuenta que esta actividad puede ser recreativa y a la vez educativa para los niños.

### **5.3. Evaluación de percepción de servicios ecosistémicos**

Para la evaluación de percepción de los visitantes respecto a los servicios ecosistémicos del área de estudio se realizaron visitas a las instalaciones del parque en fines de semana y días entre semana en horario matutino y vespertino con el propósito de realizar encuestas.

Se tomó un tamaño de muestra mínimo de 68 personas calculado con un nivel de confianza del 90 %, un error permisible del 10 % y una población de 29,208 personas que visitaron el parque del 1 de enero al 18 de septiembre del año 2022, mes en que fue planteado el tamaño de la muestra.

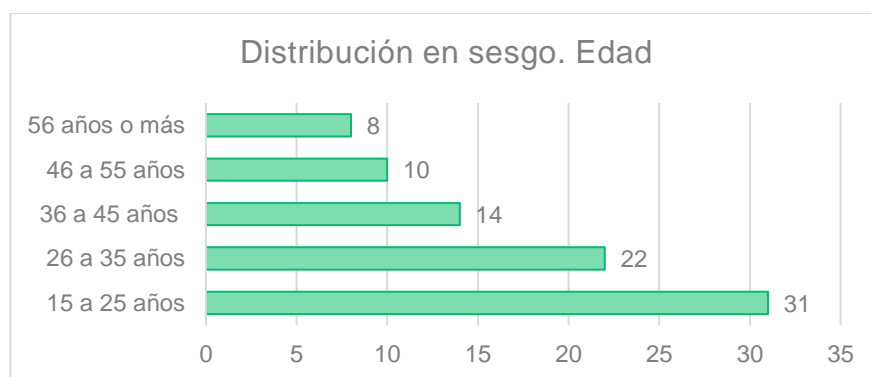
En total se realizaron 85 encuestas a usuarios voluntarios, de forma presencial por medio de un dispositivo electrónico (tablet), para la recopilación de las respuestas.

Las características del grupo encuestado son las siguientes: se contó con 31 personas en el rango de 15 a 25 años, 22 personas en el rango de 26 a 35 años, 14 personas en el rango de 36 a 45 años, 10 personas en el rango de 46 a 55 años y 8 personas con el rango de 56 años o más. En el sesgo de género se obtuvieron 28 personas en la categoría masculino y 57 personas en categoría femenino. Por el nivel de escolaridad se obtuvieron la mayoría en diversificado y posgrado con 33 y 34 personas respectivamente.

Por último, del nivel de conocimiento previo del tema, solamente 8 personas sabían el significado de servicios ecosistémicos.

**Figura 24.**

*Gráfico de la distribución de la muestra por rango de edad*

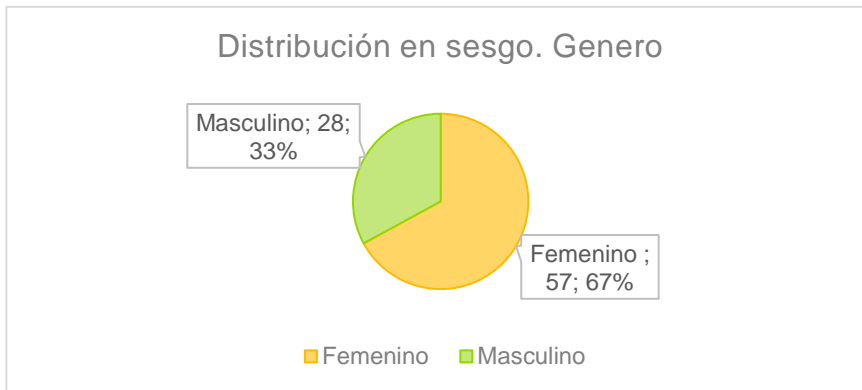


*Nota.* El gráfico muestra una distribución de la muestra por rango de edad de las encuestas realizadas. Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.



**Figura 25.**

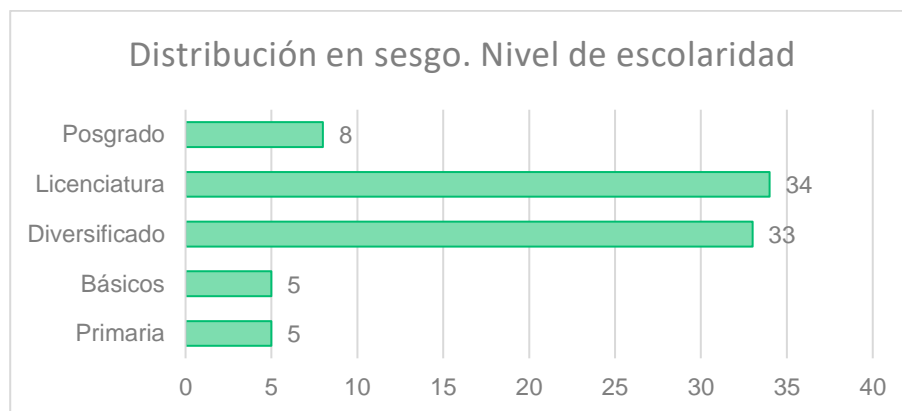
*Gráfico de la distribución de la muestra por sesgo de género*



*Nota.* La muestra empleada se distribuyó por sesgo de género. Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

**Figura 26.**

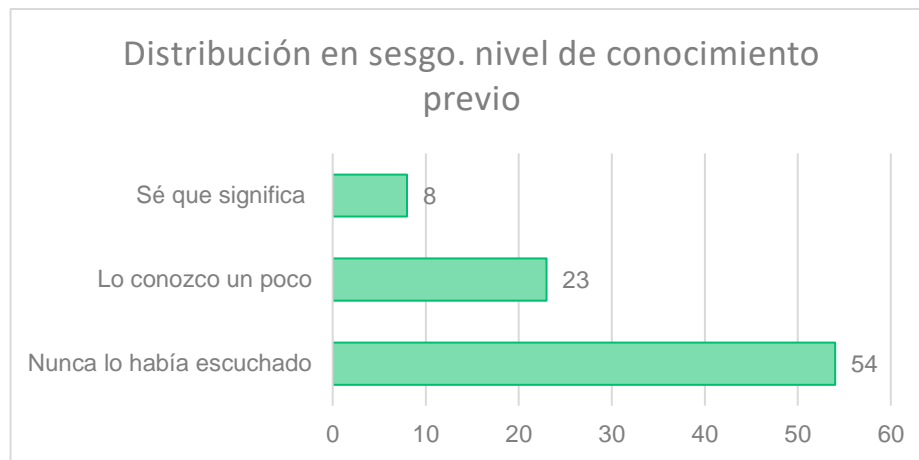
*Gráfico de la distribución de la muestra*



*Nota.* Gráfico de la distribución de la muestra por sesgo de nivel de escolaridad. Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

**Figura 27.**

*Distribución de la muestra, nivel de conocimiento previo*



*Nota.* El gráfico muestra la distribución de la muestra por nivel de conocimiento previo del tema. Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

Las respuestas de los encuestados se tabularon y se realizó una ponderación total de las 85 respuestas cuyos resultados se observan en la Tabla 11. Se destaca que los servicios de calidad del aire, mantenimiento de las condiciones climáticas, recreación y ecoturismo, y relaciones sociales tienen los mayores puntajes de todos. Por lo tanto, estos servicios son los que se perciben de mayor forma en el parque y cuyos beneficios resultan más obvios para los visitantes.

Con respecto a los servicios de control de inundaciones y control de derrumbes y deslaves, se observa que estos fueron los que tuvieron un menor puntaje, esto se traduce en que estos servicios se perciben en menor medida por parte de los visitantes. Los beneficios de estos servicios pueden estar presentes en la localidad, pero no resultan obvios para las personas.

Además, en la Tabla 16, ubicada en este capítulo, se observa una comparativa de los resultados obtenidos de las encuestas de percepción con los resultados del primer objetivo obtenidos a través de matriz de identificación, los cuales se ponderaron.

Se observa que los servicios de calidad del aire, mantenimiento de las condiciones climáticas, recreación y ecoturismo y relaciones sociales coinciden en tener altos puntajes comparados con los demás, siendo evidentes sus beneficios tanto de forma técnica como en percepción de visitantes.

Los servicios de regulación del ruido, regulación de la erosión y procesamiento de desechos y materia orgánica que también obtuvieron puntajes altos en la matriz de identificación no obtuvieron puntajes igualmente altos durante la evaluación de percepción. Esto pudo ser debido a que estos servicios no son tan visibles o perceptibles con facilidad, o que no se tiene el conocimiento que los ecosistemas pueden proporcionar este tipo de beneficios.

Por último, se observa que, en los resultados de la matriz de identificación, el puntaje más bajo fue obtenido por el servicio de importancia espiritual, principalmente porque el parque no tiene sitios o actividades específicos para este fin. Sin embargo, la encuesta de percepción reflejó un punteo bastante más alto.

Dentro de los comentarios recibidos por los visitantes se mencionó que el parque tenía una importancia espiritual por brindar un espacio de conexión con la naturaleza, contemplación y con oportunidad para realizar meditaciones o reflexión.

**Tabla 16.***Comparación de puntajes de matriz y encuestas*

Servicio ecosistémico	Comparación de puntajes ponderados	
	Evaluación de percepción	Matriz de identificación
Control de inundaciones	4.74	5.39
Control de derrumbes/ deslaves	4.83	5.47
Calidad del agua	5.24	4.00
Calidad del aire	6.77	6.93
Procesamiento de desechos y materia orgánica	5.58	6.93
Control biológico	5.71	5.39
Mantenimiento de la biodiversidad	6.37	5.39
Regulación de la erosión	6.04	6.93
Disponibilidad de nutrientes	6.16	6.24
Mantenimiento de las condiciones climáticas	6.47	6.93
Regulación del ruido	6.16	6.93
Belleza escénica	6.39	6.24
Recreación y ecoturismo	6.65	6.93
Relaciones Sociales	6.68	7.70
Importancia espiritual	5.10	1.85
Importancia e identidad cultural	5.51	5.39
Educación	5.60	5.39
<b>TOTAL</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>

*Nota.* Se muestra la comparación de puntajes ponderados de matriz de identificación y encuestas de evaluación de percepción de servicios ecosistémicos. Elaboración propia, realizado con Microsof Excel.

### 5.3.1. Análisis estadístico

Se realizó un análisis estadístico con el propósito de aceptar o rechazar las hipótesis planteadas en la investigación. En la Tabla 12 se observan los resultados del análisis con Chi Cuadrado en el cual se lee “No” si se concluyó que las variables no tienen dependencia entre sí. Si se encontró dependencia, se puede observar el valor de V de Cramer, indicando el grado de ella.

El coeficiente de V de Cramer puede tomar valores entre 0 y 1, siendo los más cercanos a 0 los que representan un menor grado de relación y los que son cercanos a 1 representativos de una relación más estrecha entre las variables involucradas. Los resultados reflejan que las variables planteadas de sesgo a la muestra tienen un grado de correlación moderada con las respuestas obtenidas para algunos de los servicios ecosistémicos evaluados. En el caso de la variable de sesgo Rango de edad se puede observar que el cruce con el servicio de calidad del aire, importancia espiritual y educación arroja valores significativos de dependencia.

El servicio ecosistémico de calidad del aire se obtuvo como resultado de encuestas un nivel de significancia Importante con puntaje ponderado de 6.77, por lo cual se puede determinar que el rango de edad de los participantes influyó en el puntaje alto que recibió el servicio. En la Figura 24 se observa que la muestra de estudio es predominantemente joven, por lo que se puede asociar de forma moderada las edades jóvenes a un mayor puntaje y mayor percepción a la mejora de la calidad del aire.

Por otra parte, los servicios ecosistémicos de importancia espiritual y educación obtuvieron un nivel de significancia Moderada con un puntaje ponderado de 5.10 y 5.60 respectivamente. Entonces se puede asociar edades jóvenes a un puntaje intermedio y una percepción media de estos servicios.

En la variable de sesgo Género solamente el cruce con el servicio de calidad del aire arroja un resultando de dependencia. En la Figura 25 se observa que la muestra de estudio era predominantemente femenina con un 67 %. Por lo tanto, se puede asociar de forma moderada al género femenino de la muestra a una mayor percepción del servicio de calidad del aire que obtuvo un grado de significancia Importante con un puntaje de 6.77.

La variable de sesgo Escolaridad refleja coeficiente de dependencia moderado con los servicios de calidad del agua y control biológico. Estos servicios obtuvieron una significancia moderada con puntajes de 5.24 y 5.71 respectivamente. En la Figura 26 se observa que la muestra de estudio tenía personas con niveles educativos de licenciatura y diversificado principalmente. Según los resultados, estas categorías de niveles educativos se asocian de forma moderada con un puntaje intermedio y una percepción media de estos servicios.

Por último, la variable de sesgo de Conocimiento previo arroja valores significativos de dependencia con los servicios de mantenimiento de la biodiversidad y educación. En la Figura 27 se observa que la mayoría de las personas que conformaron la muestra de estudio poseían un conocimiento nulo o escaso del término “servicios ecosistémicos”.

El servicio de mantenimiento de biodiversidad tuvo como resultado del proceso de encuestas una significancia importante con un puntaje de 6.37. Por ello se puede asociar de forma moderada un nivel bajo de conocimiento previo con un mayor puntaje y una mayor percepción al servicio de percepción de mantenimiento de biodiversidad.

Por último, el servicio de educación obtuvo tiene una significancia moderada con un puntaje de 5.60. Esto muestra una asociación moderada de un nivel bajo de conocimiento previo con un mayor puntaje y, por lo tanto, una mayor percepción al servicio de percepción de mantenimiento de biodiversidad.

En el análisis realizado, se obtuvieron 68 combinaciones entre las variables de la muestra. De ellas, 8 presentaron una correlación, lo cual corresponde al 11.8 % del total de combinaciones.

De forma global, se concluye que el rango de edad, género, escolaridad y conocimiento previo del tema de estudio no están directamente asociados a la percepción de servicios ecosistémicos en el área de estudio. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna planteada.

## CONCLUSIONES

1. Los servicios ecosistémicos de relaciones sociales, calidad del aire, procesamiento de desechos y materia orgánica, regulación de la erosión, mantenimiento de las condiciones climáticas, regulación del ruido y recreación y ecoturismo se establecieron como los servicios con una mayor importancia y presencia en la actualidad
2. Los servicios ecosistémicos de importancia espiritual y calidad del agua se identificaron como los de menor importancia.
3. Dentro del área de estudio existen áreas que contribuyen de forma positiva a la prevención de derrumbes y deslaves; los servicios de calidad del aire y regulación de ruido se proporcionan en el parque y cumplen con los límites internacionales de exposición recomendados para la salud humana; y los servicios de recreación y ecoturismo, y educación se proporcionan en espacios amplios y adecuados.
4. Desde la perspectiva de los visitantes, los servicios ecosistémicos de calidad del aire, mantenimiento de las condiciones climáticas, recreación y ecoturismo, y relaciones sociales son los que poseen una mayor importancia y son más evidentes.
5. Los servicios de control de inundaciones y control de derrumbes y deslaves tienen una menor importancia desde el punto de vista de los visitantes y no resultan evidentes para los visitantes del parque.



6. Los espacios verdes urbanos que brindan los parques ecológicos municipales son vitales para alcanzar el desarrollo sostenible de la ciudad, ya que en ellos se concentran servicios ecosistémicos que garantizan la satisfacción de necesidades personales físicas y emocionales, y la perduración de los recursos naturales a través del tiempo.
  
7. La información actualizada acerca del estado del ecosistema del Parque Ecológico Lomas de Pamplona asegura la formulación de planes para la gestión adecuada de esta área de infraestructura verde y la obtención de sus beneficios.

## RECOMENDACIONES

1. Fortalecer los servicios ecosistémicos de importancia espiritual y calidad del agua a través de la generación de espacios o momentos de contemplación espiritual y la comunicación con las dependencias correspondientes de la Municipalidad de Guatemala para prevenir la contaminación de las fuentes hídricas locales.
2. Mantener la infraestructura verde del parque y las instalaciones en óptimas condiciones para que los servicios ecosistémicos se brinden lo mejor posible dando énfasis en los servicios con mayores puntajes en la identificación y comprobando dicho funcionamiento a través de estudios o monitoreos periódicos dependiendo del servicio en cuestión.
3. Incluir cápsulas informativas de los servicios ecosistémicos del parque en los talleres educativos que se realicen o a través de material didáctico e infografías dentro del parque con el propósito que los visitantes conozcan los beneficios que proporciona la existencia de los espacios verdes urbanos en la ciudad.
4. Propiciar el adecuamiento de áreas para funcionar como espacios verdes urbanos para asegurar un suministro adecuado de los servicios ecosistémicos para los habitantes utilizando este tipo de infraestructura como una de las vías para alcanzar el desarrollo sostenible de la ciudad.



## REFERENCIAS

- Alcamo, J., Ash, N., Colin, B., Callicott, J., Capistrano, D., Carpenter, S. Castilla, J., Chambers, R., Chopra, K., Cropper, A., Daily, G., Dasgupta, P., de Groot, R., Dietz, T., Duraiappah, A., Gadgil, M., Hamilton, K., Hassan, R., Lambin, E., & Zurek, M. (2003). *Millennium ecosystem assessment. Ecosystems and human well-being a framework for assessment*. World Resources Institute [Evaluación de los ecosistemas del milenio. Los ecosistemas y el bienestar humano un marco para la evaluación. Instituto de Recursos Mundiales]. [http://pdf.wri.org/ecosystems\\_human\\_wellbeing.pdf](http://pdf.wri.org/ecosystems_human_wellbeing.pdf)
- Amorim, J. H., Engardt, M., Johansson, C., Ribeiro, I., & Sannebro, M. (2021). Regulating and cultural ecosystem services of urban green infrastructure in the nordic countries: a systematic review [Regulación y servicios ecosistémicos culturales de la infraestructura verde urbana en los países nórdicos: una revision sistemática]. *International journal of environmental research and public health* [Revista Internacional de Investigación Ambiental y Salud Pública], 18(3), 1219. <https://doi.org/10.3390/ijerph18031219>
- Andreucci, M. B., Russo, A., & Olszewska-Guizzo, A. (2019). Designing urban green blue infrastructure for mental health and elderly wellbeing [Diseño de infraestructura urbana verde azul para la salud mental y el bienestar de las personas mayores]. *Sustainability* [Revista Sostenibilidad], 11(22), 6425. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/su11226425>

- Aram, F., Higuera García, E., Solgi, E., & Mansournia, S. (2019). Urban green space cooling effect in cities [Efecto de enfriamiento de los espacios verdes urbanos en las ciudades]. *Heliyon* [Helión], 5(4), e01339. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e01339>
- Arango Arango, A. M., Dossman, M, Muñoz, J., Bueno, L., Arias, J. J., Camargo, J. C., y Maya, J. M. (2020). Los servicios ecosistémicos desde la percepción de los productores de café de Belén de Umbría, Risaralda, Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 11(2), 81–94. <https://doi.org/10.22490/21456453.3443>
- Arroyave-Maya, M., Posada-Posada, M., Nowak, D., y Hoehn, R. (2019). Remoción de contaminantes atmosféricos por el bosque urbano en el Valle de Aburrá. *Revista Colombia Forestal*, 22(1), 5-16. <https://doi.org/10.14483/2256201x.13695>
- Atiqul Haq, SM., Islam, MN., Siddhanta A., Ahmed, KJ., & Chowdhury MTA. (2021). Public perceptions of urban green spaces: convergences and divergences [Persepciones públicas de los espacios verdes urbanos: convergencias y divergencias]. *Frontiers* [Fronteras], 3. <https://doi.org/10.3389/frsc.2021.755313>
- Atmotube (s.f.). *Atmotube support center & knowledge base* [Centro de Soporte y Base de Conocimientos de Atmotube]. Atmotube. <https://atmotube.com/atmotube-support>

Bahamondes, D., Moraga, P., y Belmonte, E. (2021). Servicios ecosistémicos de regulación que aporta el guácano (*Morella pavonis*) en Chapisca, valle de Lluta, región de Arica y Parinacota, Chile. *Publicación Científica Idesia (Arica)*, 39(1), 119-125. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292021000100119>

Banco Mundial, Gobierno de la República de Guatemala, Alianza Mundial para la Contabilidad de la Riqueza y la Valoración de los Servicios de los Ecosistemas e Instituto de Investigación en Ciencias Naturales y Tecnología/Vicerrectoría de Investigación/Universidad Rafael Landívar (2021). *Cuenta de ecosistemas de Guatemala*. <https://www.wavespartnership.org/sites/waves/files/kc/Cuenta-ecosistemas-diagramado-compressed.pdf>

Barrera, V., y Zelada J. (2020). *Catálogo de plantas de la región metropolitana de Guatemala*. Coca-Cola FEMSA, The Nature Conservancy (TNC) y Alianza Latinoamericana de Fondos de Agua. [https://reservasdeguatemala.org/wp-content/uploads/2021/05/ARNPG\\_2020\\_Actualizacion-Catalogo-de-plantas-de-la-region-Metropolitana.pdf](https://reservasdeguatemala.org/wp-content/uploads/2021/05/ARNPG_2020_Actualizacion-Catalogo-de-plantas-de-la-region-Metropolitana.pdf)

Berland, A., Shiflett, S. A., Shuster, W. D., Garmestani, A. S., Goddard, H. C., Herrmann, D. L., & Hopton, M. E. (2017). The role of trees in urban stormwater management [El papel de los árboles en la gestión de las aguas pluviales urbanas. *Landscape and urban planning* [Revista Paisaje y Urbanismo], 162, 167–177. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2017.02.017>

Blanco, J. (2017). Bosques, suelo y agua: explorando sus interacciones. *Ecosistemas, Revista Científica de Ecología y Medio Ambiente*, 26(2). <https://doi.org/10.7818/ECOS.2017.26-2.01>

Castañeda, A. C. (2014). *Diseño de una metodología para evaluar el estado de los servicios ecosistémico*. Universidad Militar Nueva Granada. <http://hdl.handle.net/10654/10960>

Centeno, D., de León, E., y Zelada, J. (2020). *Catálogo de mamíferos de la región metropolitana de Guatemala*. Coca-Cola FEMSA, The Nature Conservancy (TNC) y Alianza Latinoamericana de Fondos de Agua.

Chang, J., Qu, Z., Xu, R. Pan, K., Xu, B., Min, Y., Ren, Y., Yang, G. & Ge, Y. (2017). Assessing the ecosystem services provided by urban green spaces along urban center-edge gradients [Evaluación de los servicios ecosistémicos proporcionados por los espacios verdes urbanos a lo largo de gradientes del borde del centro urbano]. *Sci Rep* [Revista Representante de Ciencia], 7, 1-9. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-11559-5>

Concejo Municipal de la Ciudad de Guatemala (2008). *Plan de ordenamiento territorial del municipio de Guatemala POT-COM-030-2008*. Municipalidad de Guatemala.

Congreso de la República de Guatemala. (2006). *Iniciativa de Ley No. de registro 3421. Iniciativa que dispone aprobar ley de creación de los cinturones ecológicos municipales*. [https://www.congreso.gob.gt/assets/uploads/info\\_legislativo/iniciativas/Rregistro3421.pdf](https://www.congreso.gob.gt/assets/uploads/info_legislativo/iniciativas/Rregistro3421.pdf)

Córdova Sáez, K., (2011). Impactos de las islas térmicas o islas de calor urbano, en el ambiente y la salud humana. Análisis estacional comparativo: Caracas, octubre - 2009, marzo - 2010. *Terra Nueva Etapa*, XXVII (42), 95-122. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=72121706005>

Cortinovis C., Alzetta C., & Geneletti D. (2021). Mapping ecosystem services, disservices, and ecological requirements to enhance urban forest planning and management in Padova [Mapeo de servicios, perjuicios y requisitos ecológicos de los ecosistemas para mejorar la planificación y gestión de los bosques urbanos en Padua]. *Cities and Nature* [Ciudades y Naturaleza]. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-54345-7\\_13](https://doi.org/10.1007/978-3-030-54345-7_13)

Costanza, R., d'Arge, R., & de Groot, R. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital [El valor de los servicios ecosistémicos y el capital natural del mundo]. *Nature* [Naturaleza], 387, 253–260. <https://doi.org/10.1038/387253a0>

De Haas W, Hassink J., & Stuiver M (2021). The role of urban green space in promoting inclusion: experiences from the netherlands [El papel de los espacios verdes urbanos en la promoción de la inclusión: experiencias de los países bajos]. *Frontiers of Environmental Science & Engineering* [Fronteras de la Ciencia y la Ingeniería Ambiental]. 9:618198. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2021.618198>



Dirección de Medio Ambiente. (2017). *Memoria de labores 2017*. Municipalidad de Guatemala.  
[http://docs.muniguate.com/2018/memoria/arch/MEMORIA\\_DE\\_LABORES\\_2017\\_DIRECCION\\_DE\\_MEDIO\\_AMBIENTE.pdf](http://docs.muniguate.com/2018/memoria/arch/MEMORIA_DE_LABORES_2017_DIRECCION_DE_MEDIO_AMBIENTE.pdf)

Dirección de Medio Ambiente. (2020). *Memoria de labores 2020*. Municipalidad de Guatemala.  
[http://docs.muniguate.com/2018/memoria/arch/MEMORIA\\_DE\\_LABORES\\_2017\\_DIRECCION\\_DE\\_MEDIO\\_AMBIENTE.pdf](http://docs.muniguate.com/2018/memoria/arch/MEMORIA_DE_LABORES_2017_DIRECCION_DE_MEDIO_AMBIENTE.pdf)

Donato-Rondón, J. (2015). *Fundamentos de ecología: un enfoque ecosistémico*. Universidad Nacional de Colombia  
<https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/78378>

O'Donnell, E., Thorne, C., Ahilan, S., Arthur, S., Birkinshaw, S., Butler, S., Dawson, D., Everett, G., Fenner, R., Glenis, V., Kapetas, L., Kilsby, C., Krivtsov, V., Lamond, J., Maskrey, S., O'Donnell, G., Potter, K., Vercruyssen, K., Vilcan, T., & Wright, N. (2020). The blue-green path to urban flood resilience [El camino azul-verde a la resiliencia urbana a las inundaciones]. *Blue-Green Systems* [Sistemas Azul-Verde], 2(1), 28–45.  
<https://doi.org/10.2166/bgs.2019.199>

Esse, C., Santander-Massa, R., & Encina-Montoya, F. (2019). Multicriteria spatial analysis applied to identifying ecosystem services in mixed-use river catchment areas in south central Chile [Análisis espacial multicriterio aplicado a la identificación de servicios ecosistémicos en cuencas fluviales de uso mixto en el centro sur de Chile]. *Forest Ecosystems* [Ecosistemas forestales], 6, 25. <https://doi.org/10.1186/s40663-019-0183-1>

Fundación para el Ecodesarrollo y la Conservación FUNDAECO. (2005). *Propuesta técnica para el establecimiento del cinturón ecológico metropolitano de la ciudad de Guatemala-Primera fase-*. Municipalidad de Guatemala. Fundación Soros. Cooperación española.

Gálvez, G., Pacheco, G., y Ramírez, S. (2017). *Valoración económica y cultural del ecosistema manglar en el Área de Uso Múltiple Río Sarstún*. FUNDAECO. [https://chm.cbd.int/api/v2013/documents/7023F81E-EFBD-F578-8B84-4E4045E2E8A3/attachments/209801/Valoraci %C3 %B3n %20ecn %C3 %B3mica %20y %20cultural %20manglar %20Sarstun %20.pdf](https://chm.cbd.int/api/v2013/documents/7023F81E-EFBD-F578-8B84-4E4045E2E8A3/attachments/209801/Valoraci%C3%B3n%20ecn%C3%B3mica%20y%20cultural%20manglar%20Sarstun%20.pdf)

Grima, N., Corcoran, W., Hill-James, C., Langton, B. Sommer, H., & Fisher, B. (2020). The importance of urban natural areas and urban ecosystem services during the COVID-19 pandemic [La importancia de las áreas naturales urbanas y los servicios ecosistémicos urbanos durante la pandemia de COVID-19]. *PLOS ONE* [MÁS UNO], 15 (12). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0243344>

Holdridge, L. (1982). *Ecología basada en zonas de vida*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. <http://www.cct.or.cr/contenido/wp-content/uploads/2017/11/Ecologia-Basada-en-Zonas-de-Vida-Libro-IV.pdf>

IARNA-URL. Instituto de Investigación y Proyección sobre Ambiente Natural y Sociedad de la Universidad Rafael Landívar. (2018). *Ecosistemas de Guatemala basado en el sistema de clasificación de zonas de vida*. Guatemala. <http://www.infoiarna.org.gt/wp-content/uploads/2019/02/Ecosistemas-de-Guatemala-final.pdf>

iNaturalist. (2022). *Biodiversidad del Parque Ecológico Lomas de Pamplona*. INaturalistGT. <https://guatemala.inaturalist.org/projects/biodiversidad-del-parque-ecologico-lomas-de-pamplona>

Jennings, V., & Bamkole, O. (2019). The relationship between social cohesion and urban green space: an avenue for health promotion [La relación entre cohesión social y espacios verdes urbanos: una vía para la promoción de la salud]. *International journal of environmental research and public health* [Revista internacional de investigación ambiental y salud pública], 16(3), 452. <https://doi.org/10.3390/ijerph16030452>

Kabisch, N., N. Frantzeskaki, S. Pauleit, S. Naumann, M. Davis, M. Artmann, D. Haase, S. Knapp, H. Korn, J. Stadler, K. Zaunberger., & A. Bonn. (2016). Nature-based solutions to climate change mitigation and adaptation in urban areas: perspectives on indicators, knowledge gaps, barriers, and opportunities for action [Soluciones basadas en la naturaleza para la mitigación y adaptación al cambio climático en áreas urbanas: perspectivas sobre indicadores, lagunas de conocimiento, barreras y oportunidades de acción]. *Ecology and Society* [Ecología y sociedad] 21(2):39. <http://dx.doi.org/10.5751/ES-08373-210239>

Kaplowitz, M.D. (2000). Identifying ecosystem services using multiple methods: Lessons from the mangrove wetlands of Yucatan, Mexico [Identificación de servicios ecosistémicos utilizando múltiples métodos: lecciones de los humedales de manglares de Yucatán, México]. *Agriculture and Human Values* [Agricultura y Valores Humanos], 17, 169–179. <https://doi.org/10.1023/A:1007669404425>

- Korányi, D., Egerer, M., Rusch, A., Szabó, B., & Batáry, P. (2022). Urbanization hampers biological control of insect pests: A global meta-analysis [La urbanización obstaculiza el control biológico de las plagas de insectos: un metaanálisis global]. *The Science of the total environment* [La Ciencia del Medio Ambiente Total], 834, 155396. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.155396>
- Lee, A. C., Jordan, H. C., & Horsley, J. (2015). Value of urban green spaces in promoting healthy living and wellbeing: prospects for planning [Valor de los espacios verdes urbanos en la promoción de una vida saludable y el bienestar: perspectivas para la planificación]. *Risk management and healthcare policy* [Gestión de riesgos y política sanitaria], 8, 131–137. <https://doi.org/10.2147/RMHP.S61654>
- López Huertas, M. J. (2019). Evaluación de los SE en la ciudad no planificada: el caso de Quetzaltenango. *REVISTARQUIS*, 9(1), 129-145. <https://doi.org/10.15517/ra.v9i1.40229>
- Maes J, Zulian G, Günther S, Thijssen M., & Raynal, J. (2019). *Enhancing resilience of urban ecosystems through green infrastructure* [Ecosistemas a través de infraestructura verde]. Publications Office of the European Union [Oficina de Publicaciones de la Unión Europea]. <https://doi.org/10.2760/689989>

- Maes J., Paracchini M., & Zulian G. (2011). *A European assessment of the provision of ecosystem services - Towards an atlas of ecosystem services* [Una evaluación europea de la prestación de servicios ecosistémicos - Hacia un atlas de servicios ecosistémicos]. Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability, Publications Office of the European Union [Centro Común de Investigación, Instituto de Medio Ambiente y Sostenibilidad, Oficina de Publicaciones de la Unión Europea]. <https://data.europa.eu/doi/10.2788/63557>
- Marín Sánchez, R. J., y Osorio, J. P. (2017). Efectos de la vegetación en la estabilidad de laderas: una revisión. *Revista Politécnica*, 13(24), 113–126. <https://revistas.elpoli.edu.co/index.php/pol/article/view/1095>
- Mejía, K. (2011). *Propuesta de áreas prioritarias de conservación de los recursos naturales renovables del Cinturón Ecológico Metropolitano (CEM) fase 2, Guatemala*. [Tesis de licenciatura]. Repositorio institucional. [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01\\_2664.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_2664.pdf)
- Mendoza, G. A., Macoun, P., Prabhu, R., Sukadri, D., Purnomo, H., & Hartanto, H. (1999). *Guidelines for applying multi-criteria analysis to the assessment of criteria and indicators* [Directrices para aplicar el análisis multicriterio a la evaluación de criterios e indicadores]. Center for International Forestry Research – CIFOR [Centro de Investigación Forestal Internacional]. <https://doi.org/10.17528/cifor/000769>

- Millenium Ecosystem Assessment. (2005). *Living beyond our means. Natural Assets and Human Well-Being* [Vivir más allá de nuestras posibilidades. Bienes naturales y bienestar humano]. <https://www.millenniumassessment.org/documents/document.429.aspx.pdf>
- Muller, F. (2000). *Handbook of Ecosystem Theories and Management* [Manual de teorías y gestión de ecosistemas.]. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781482278606>
- Municipalidad de Guatemala. (2001). *Dirección de Medio Ambiente. Acuerdo Municipal AA-1-A-2001*. Municipalidad de Guatemala.
- Municipalidad de Guatemala. (2019). *En el 2019 somos la Capital Verde Iberoamérica*. <http://www.muniguate.com/blog/2019/01/02/en-el-2019-somos-la-capital-verde-iberoamerica/>
- Municipalidad de Guatemala. (2021). *Hacia una ciudad más verde: nuevo parque ecológico en zona 13*. <http://www.muniguate.com/blog/2021/02/03/hacia-una-ciudad-mas-verde-nuevo-parque-ecologico/>
- Muñoz-López, J., Camargo-García, J. C., y Romero-Ladino, C. (2017). Beneficios de los bosques de guadua como una aproximación a la valoración de servicios ecosistémicos desde la jerarquización y calificación. *Gestión y Ambiente*, 20(2), 222–231. <https://doi.org/10.15446/ga.v20n2.66603>
- Naciones Unidas. (2018). *La agenda 2030 y los objetivos de desarrollo sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe*. Cepal. [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40155/24/S1801141\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40155/24/S1801141_es.pdf)

Odum, E. P., & Warret, G. W. (2006). *Fundamentos de ecología*. International Thomson Editores.

Organización Mundial de la Salud. (2021). *Directrices mundiales de la OMS sobre la calidad del aire*.  
<https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/346062/9789240035461-spa.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Palma Hernández, D. B., de la Barrera, F., y Pineda López, R. (2019). Evaluación de los servicios ecosistémicos provistos por una microcuenca periurbana de Querétaro (México). *Investigaciones Geográficas*, (57).  
<https://doi.org/10.5354/0719-5370.2019.53581>

Rocha, S., Zulian, G., Maes, J. & Thijssen, M. (2015). *Mapping and assessment of urban ecosystems and their services* [Mapeo y evaluación de ecosistemas urbanos y sus servicios.]. European Union [Unión Europea].  
<https://doi.org/10.2788/638737>

Tobias S. (2013). Preserving ecosystem services in urban regions: challenges for planning and best practice examples from Switzerland [Preservar los servicios ecosistémicos en regiones urbanas: desafíos para la planificación y ejemplos de mejores prácticas de Suiza]. *Integrated environmental assessment and management* [Manejo y evaluación ambiental integral], 9(2), 243–251. <https://doi.org/10.1002/ieam.1392>

Ugolini, F., Massetti, L., Calaza-Martínez, P., Cariñanos, P., Dobbs, C., Ostoic, S. K., Marin, A. M., Pearlmutter, D., Saaroni, H., Šaulienė, I., Simoneti, M., Verlič, A., Vuletić, D., & Sanesi, G. (2020). Effects of the COVID-19 pandemic on the use and perceptions of urban green space: An international exploratory study [Efectos de la pandemia de COVID-19 en el uso y las percepciones de los espacios verdes urbanos: un estudio exploratorio internacional]. *Urban forestry y urban greening* [Silvicultura y ecologización urbanas], 56, 126888. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2020.126888>

Umweltbundesamt. (2007). Beurteilung von Innenraumluftkontaminationen mittels Referenz- und Richtwerten. Handreichung der Ad-hoc-Arbeitsgruppe der Innenraumlufthygiene-Kommission des Umweltbundesamtes und der Obersten Landesgesundheitsbehörden [Evaluación de contaminantes del aire interior mediante valores de referencia y orientativos.]. *Bundesgesundheitsblatt, Gesundheitsforschung, Gesundheitsschutz* [Boletín Federal de Salud, Investigación en Salud, Protección de la Salud], 50(7), 990–1005. <https://doi.org/10.1007/s00103-007-0290-y>

World Health Organization. (2022). *Compendium of WHO and another UN guidance on health and environment* [Compendio de la OMS y otras orientaciones de las Naciones Unidas sobre salud y medio ambiente]. [https://cdn.who.int/media/docs/default-source/who-compendium-on-health-and-environment/who\\_compendium\\_noise\\_01042022.pdf?sfvrsn=bc371498\\_3](https://cdn.who.int/media/docs/default-source/who-compendium-on-health-and-environment/who_compendium_noise_01042022.pdf?sfvrsn=bc371498_3)



Wu, J., Wang, H., Li, G., Ma, W., Wu, J., Gong, Y., & Xu, G. (2020). Vegetation degradation impacts soil nutrients and enzyme activities in wet meadow on the Qinghai-Tibet Plateau [La degradación de la vegetación afecta los nutrientes del suelo y las actividades enzimáticas en las praderas húmedas de la meseta Qinghai-Tíbet]. *Scientific Reports* [Reportes Científicos], 10(1), 21271. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-78182-9>

Zelada, J., y Barrera, V. (2020). *Catálogo de aves de la región metropolitana de Guatemala*. Coca-Cola FEMSA, The Nature Conservancy (TNC) y Alianza Latinoamericana de Fondos de Agua.

Zipperer, W., Northrop, R., & Andreu, M. (2020). *Urban development and environmental degradation* [Desarrollo urbano y degradación ambiental]. Oxford Research Encyclopedia of Environmental Science [Enciclopedia de Investigación de Ciencias Ambientales de Oxford]. <https://doi.org/10.1093/acrefore/9780199389414.013.97>

## APÉNDICES

### Apéndice 1.

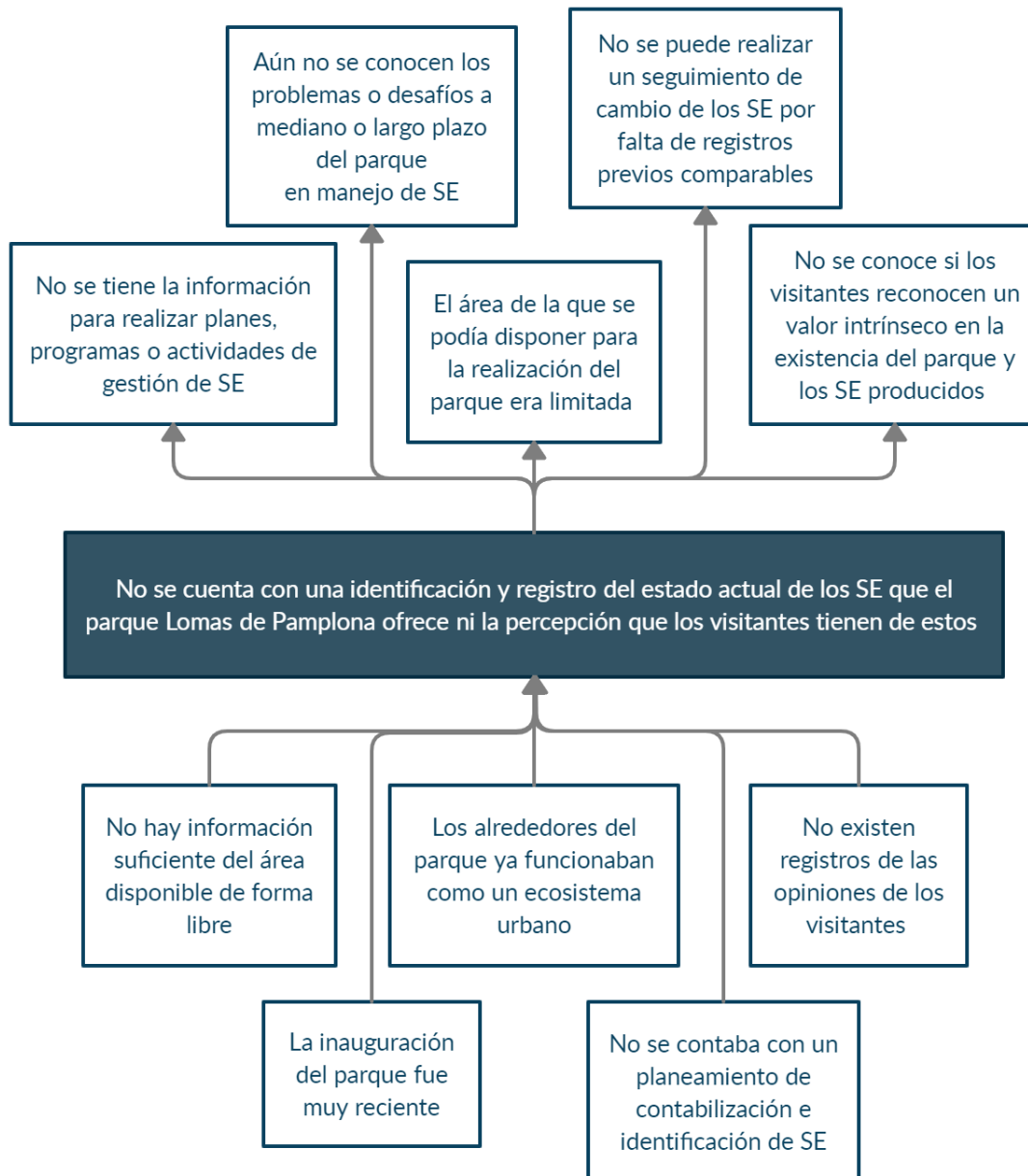
Tabla de requisitos académicos

Carrera	Área	Curso	Tópico específico	Temática a resolver
Ingeniería Ambiental	Materiales	Mecánica de suelos	Origen de suelos, tipos de suelos y uso de la tierra, y estabilidad del suelo	Identificación y determinación de estado actual de SE
	Aguas	Hidrología	Factores influyentes en el régimen de agua	Identificación y determinación de estado actual de SE
		Manejo de cuencas hidrográficas	Recurso hídrico, suelos y tierras, cobertura y vegetación	- Usos de la tierra - Identificación y determinación de estado actual de SE
	Dibujo y topografía	Topografía 3	Introducción a la elaboración de mapas	Uso de ortofotos y sistemas de coordenadas
		Taller sistemas de información geográfica	Uso de sistemas de información geográfica	Generación de información cartográfica de servicios ecosistémicos
	Química industrial	Química ambiental	Interacciones entre los componentes de los ecosistemas, efectos ambientales locales de la contaminación	Identificación y determinación de estado actual de SE
		Calidad del agua	Constituyentes del agua	Identificación y determinación de estado actual de SE
		Calidad del aire	Atmósfera y sus contaminantes	Identificación y determinación de estado actual de SE
	Complementaria	Climatología	Interacciones de las esferas de la tierra variables climáticas	Identificación y determinación de estado actual de SE
		Economía de los recursos naturales renovables	Análisis de los recursos naturales renovables y gestión integrada	- Identificación y determinación de estado actual de SE - Evaluación de percepción de usuarios
		Estadística 2	Teoría del muestreo, tablas de contingencia y bondad de ajuste. Estadística no paramétrica	- Análisis estadístico de resultados - Asociación entre las variables categóricas

*Nota.* Tabla de requisitos académicos de la carrera de Ingeniería Ambiental de la Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. Elaboración propia.

## Apéndice 2.

### Árbol de problemas



Nota. Árbol de problemas para Parque Ecológico Lomas de Pamplona. Elaboración propia.

### Apéndice 3.

#### Encuesta de evaluación de percepción de servicios ecosistémicos

ENCUESTA				
Evaluación de percepción de visitantes				
<b>Tema de investigación:</b> Identificación, generación de información cartográfica y evaluación de percepción de los servicios ecosistémicos suministrados por el Parque Ecológico Lomas de Pamplona en zona 13, Ciudad de Guatemala				
<b>Investigadora:</b> Fernanda Janetzy González Sánchez				
La realización de esta encuesta es de forma voluntaria. Sus respuestas son anónimas. Los resultados serán recopilados y formarán parte de la investigación para obtener el grado de licenciatura de Ingeniería Ambiental.				
<b>Instrucciones:</b> en las preguntas 1 a la 4 elija la opción que corresponda a su información personal. Seguidamente se presentan diversos servicios ecosistémicos. Con la ayuda de la investigadora realice lo siguiente:				
1. Jerarquización: asigne un puntaje a cada servicio siendo 0 ninguna importancia, o inexistencia del servicio y 9 la máxima importancia del servicio.				
2. Calificación: asigne un puntaje a cada uno de los servicios de forma que todos los puntaje de la columna sumen 100.				
1. Rango de edad	<input type="text"/>	2. Género	<input type="text"/>	
3. Escolaridad	<input type="text"/>	4. ¿Conoce el término "servicios ecosistémicos"?	<input type="text"/>	
Clasificación de SE según ME	Función ambiental	Servicio ecosistémico	Jerarquización (0-9)	Calificación (suma 100 en total)
Servicios ecosistémicos de regulación y soporte	Prevención de riesgos	Control de inundaciones		
		Control de derrumbes/ deslizamientos		
	Recepción de desechos	Calidad del agua		
		Calidad del aire		
	Equilibrio ecológico	Procesamiento de desechos y materia orgánica		
		Control biológico		
		Mantenimiento de la biodiversidad		
		Regulación de la erosión		
		Disponibilidad de nutrientes		
		Mantenimiento de las condiciones climáticas		
Servicios ecosistémicos culturales	Recreación y estética	Regulación del ruido		
		Belleza escénica		
		Recreación y ecoturismo		
	Identidad, legado y pertenencia	Relaciones Sociales		
		Importancia espiritual		
		Importancia e identidad cultural		
		Educación		
				0

Nota. Encuesta de evaluación de percepción de visitantes de Parque Ecológico Lomas de Pamplona. Elaboración propia.



## ANEXOS

### Anexo 1.

*Ilustración Atmotube PRO*



*Nota:* Ilustración de instrumento utilizado para monitorear el aire en exterior. Obtenido de Atmotube (s.f.). *Support Center and Acknowledge Base* [Centro de Soporte y Base de Reconocimiento]. (<https://atmotube.com/atmotube-support>), consultado el 20 de mayo de 2023. De dominio público.

## Anexo 2.

*Ilustración sonómetro Svantek*



*Nota.* Sonómetro Svantek utilizado para monitoreo de ruido. Obtenido de Svantek (s.f.). *Sonómetro y analizador de ruido SVAN 971.* (<https://svantek.com/es/productos/svan-971-sonometr/>), consultado el 2 de junio de 2023. De dominio público.