



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA  
UNIDAD IZTAPALAPA**

---

**DIVISIÓN DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍA  
POSGRADO DE ENERGÍA Y MEDIO AMBIENTE**

**DESARROLLO DE ESTRATEGIAS DE MANEJO MEDIANTE  
LA EVALUACIÓN INTEGRAL DE “EL CHARCO DEL  
INGENIO”, GUANAJUATO**

**TESIS**

**Que para obtener el grado de**

**MAESTRO EN CIENCIAS (ENERGÍA Y  
MEDIO AMBIENTE)**

**PRESENTA:**

**Blanca Estelina Morales Ríos**

**Codirectores:**

**Dra. Beatriz Adriana Silva Torres**

**Dr. Juan Gabriel Rivera Martínez**

**Coasesor:**

**Dr. César Edgardo Rodríguez Ortega**

**México, Ciudad de México, 18 de junio de 2018**

## **Agradecimientos**

La Maestría en Ciencias (Energía y Medio Ambiente) de la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa, pertenece al Padrón Nacional de Posgrados de Calidad del CONACyT y cuenta con apoyo del mismo Consejo con el convenio 003893; por lo que agradece la beca recibida, a través del convenio correspondiente con el número de Becario/CVU: 594630/ 612786 para el desarrollo de esta tesis.

## **Agradecimientos personales**

Agradezco a mi mamá por todo el apoyo brindado a lo largo de mi vida y ha sido un ejemplo de lucha y fortaleza. A pesar de lo difícil que ha sido estar a distancia, me ha alentado durante estos años y me ha motivado a cumplir un objetivo más.

A mi hermano por ser uno de mis ejemplos a seguir y por todo el apoyo y motivación que me ha brindado en estos años a pesar de que hemos estado a kilómetros de distancia en determinados momentos. A mi cuñada y sobrinas que me brindaron su ánimo y alegría durante estos años en la Ciudad de México.

A mis asesores, la Dra. Beatriz A. Silva, el Dr. Juan G. Rivera y el Dr. César E. Rodríguez, por la guía y paciencia para hacer posible este trabajo en conjunto. La perspectiva de cada uno permitió integrar las distintas áreas de conocimiento, obteniendo como resultado final esta tesis.

A mis amigas Carolina Gutiérrez y Tanya L. Arcos por haberme brindado consejos, compañía y amistad; por compartirme algunos de sus conocimientos durante estos dos años, además de alegrías, tristezas y apoyo incondicional. Por las sugerencias y distintas percepciones brindadas agradezco a Marco A. Pérez. Por el ánimo y por permitirme molestarlo, especialmente en los momentos de estrés agradezco a José G. García; gracias a ambos por su apoyo y amistad durante la maestría.

A mis amigos Laura A. Ladrón de Guevara y Eduardo Hernández por su apoyo, compañía y ánimo no sólo en la Universidad sino también en las salidas de campo. Sin ellos no habría sido posible terminar los muestreos en los tiempos establecidos. Además, agradezco a Laura por haber compartido conmigo su amistad, alegría, las experiencias de los Congresos y salidas de campo. A Karen Sánchez por brindarme su amistad, así como su apoyo para la comprensión de algunos temas del ámbito biológico.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo para la realización de los estudios de maestría y también a la Universidad Autónoma Metropolitana por proporcionar las herramientas para el desarrollo de esta tesis.

Finalmente, pero no menos importante, agradezco al personal del Jardín Botánico El Charco del Ingenio por la atención brindada durante las visitas y muestreos realizados.

*Que las huellas que la humanidad ha dejado en el pasado,  
sirvan como aprendizaje para actuar mejor en el presente  
y construir un futuro para todos en este planeta.*

## Comité tutorial

*Co-director:*

**Dra. Beatriz Adriana Silva Torres.** Departamento de Biología. 1. División Ciencias Biológicas y de la Salud 1. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa.

*Co-director:*

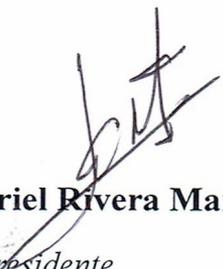
**Dr. Juan Gabriel Rivera Martínez.** Departamento de Biología de la Reproducción 2. División Ciencias Biológicas y de la Salud 2. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa.

*Co-asesor:*

**Dr. César Edgardo Rodríguez Ortega.** Dirección General de Análisis e Indicadores Ambientales 1. Dirección General de Estadística e Información Ambiental 1. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

El jurado designado por la  
**Comisión Académica del Posgrado en Energía y Medio  
Ambiente** de la Unidad Iztapalapa, aprobó la tesis que presentó  
**Blanca Estelina Morales Ríos**  
El día **18 de junio** del año **2018**

**Miembros del Jurado**



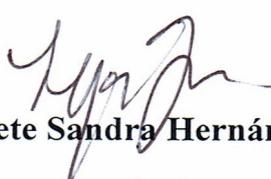
**Dr. Juan Gabriel Rivera Martínez**

*Presidente*



**Dr. Alejandro Federico Alva Martínez**

*Secretario*



**Dra. Lysete Sandra Hernández Gámez**

*Vocal*

# Índice

Resumen .....	6
Abstract.....	7
Introducción.....	8
<b>Capítulo I. Marco conceptual y teórico.....</b>	<b>10</b>
1.1. Conservación del medio ambiente .....	10
1.1.1. Conservación a nivel mundial .....	10
1.1.2. Conservación en México.....	10
1.2. Áreas Naturales Protegidas.....	11
1.2.1. Áreas Naturales Protegidas a nivel internacional.....	11
1.2.2. Áreas Naturales Protegidas en México.....	13
1.3. Diagnóstico ambiental .....	36
1.3.1. Concepto de diagnóstico ambiental.....	36
1.3.2. Características y elementos constituyentes del diagnóstico ambiental.....	38
1.3.3. Casos de estudio .....	40
1.4. Indicadores.....	41
1.4.1. Conceptos.....	41
1.4.2. Características.....	42
1.4.3. Modelo Presión-Estado-Respuesta .....	43
1.4.4. Implementación de indicadores .....	44
1.5. Paisaje.....	54
1.5.1. Conceptos.....	54
1.5.2. Características e importancia.....	55
1.6. Encuestas .....	56
1.6.1. Conceptos.....	56
1.6.2. Tipos de encuestas .....	56
1.6.3. Diseño de encuestas .....	56
1.6.4. Aplicación en Áreas Naturales Protegidas.....	58
<b>Capítulo II. Pregunta de investigación.....</b>	<b>61</b>
<b>Capítulo III. Objetivos .....</b>	<b>61</b>
3.1. Objetivo general.....	61

3.2. Objetivos específicos.....	61
<b>Capítulo IV. Metodología</b> .....	62
4.1. Área de estudio.....	62
4.1.1. Antecedentes de la ADVC “Jardín Botánico El Charco del Ingenio”.....	62
4.1.2. Localización y delimitación .....	63
4.1.3. Marco legal del ADVC .....	65
4.1.4. Factores abióticos .....	69
4.1.5. Factores bióticos.....	70
4.1.6. Entorno socioeconómico.....	71
4.2. Diagnóstico integral del Jardín Botánico El Charco de El Ingenio .....	73
4.2.1. Prospección del área de estudio.....	73
4.2.2. Aplicación del diagnóstico ambiental.....	75
<b>Capítulo V. Resultados y discusión</b> .....	95
5.1. Evaluación de las principales variables que determinan el funcionamiento legal, ambiental y socioeconómico del área de estudio .....	95
5.1.1. Marco legal.....	96
5.1.2. Índices de diversidad de flora.....	96
5.1.3. Fauna.....	101
5.1.4. Índice de riesgo de incendio.....	101
5.1.5. Evaluación de paisaje.....	101
5.1.6. Calidad del agua .....	112
5.1.7. Encuestas.....	112
5.2. Análisis de las relaciones existentes entre los factores ambientales, socioeconómicos y legales .....	123
5.3. Grados de atención para el Jardín Botánico El Charco del Ingenio.....	129
5.4. Estrategias para el Jardín Botánico El Charco del Ingenio .....	137
<b>Capítulo VI. Conclusiones</b> .....	146
<b>Capítulo VII. Recomendaciones</b> .....	147
<b>Referencias bibliográficas</b> .....	149
<b>Apéndices</b> .....	162
Apéndice 1. Formato de registro de datos de flora y fauna .....	162
Apéndice 2. Criterios de evaluación de rareza, calidad y fragilidad visual .....	163
Apéndice 3. Formato de evaluación de paisaje .....	165

Apéndice 4. Formato de evaluación de Índice de riesgo de incendio (IRI).....	168
Apéndice 5. Formato de evaluación de calidad del agua.....	169
Apéndice 6. Evaluación de características socioeconómicas.....	169
Apéndice 7. Encuesta aplicada a visitantes del ADVC .....	170
Apéndice 8. Herramientas de apoyo para aplicar la encuesta a visitantes del ADVC .	172
Apéndice 9. Entrevista a personal de vigilancia del ADVC .....	173
Apéndice 10. Cantidad de humedad por punto de muestreo.....	174

## Índice de figuras

<i>Figura 1.</i> Distribución en México de Áreas Destinadas Voluntariamente a la Conservación. ....	32
<i>Figura 2.</i> Modelo Presión- Estado- Respuesta.....	44
<i>Figura 3.</i> Esquema del proceso para diseñar una encuesta.....	58
<i>Figura 4.</i> Localización y delimitación del Jardín Botánico El Charco del Ingenio en el estado de Guanajuato, México.....	63
<i>Figura 5.</i> Jardín Botánico El Charco del Ingenio. A la izquierda se encuentra la ladera sur y a la derecha la ladera norte, divididas por la cañada.....	64
<i>Figura 6.</i> Humedal en el Jardín Botánico El Charco del Ingenio en el estado de Guanajuato, México. ....	64
<i>Figura 7.</i> Línea del tiempo de los aspectos legales del Jardín Botánico El Charco del Ingenio.....	66
<i>Figura 8.</i> Modelo de Presión-Estado-Respuesta con las variables que intervienen en el sistema socioambiental de el Jardín Botánico El Charco del Ingenio.....	75
<i>Figura 9.</i> Puntos de muestreo en la ladera sur y norte de El Jardín Botánico El Charco del Ingenio en temporada de secas y lluvias. Elaboración propia. Imagen satelital de Digital Globe (2018). Google.....	77
<i>Figura 10.</i> Puntos de muestreo en el humedal (temporada de secas y lluvias) y en el manantial (temporada de secas) de El Jardín Botánico El Charco del Ingenio. Elaboración propia. Imagen satelital de Digital Globe (2018). Google. ....	77
<i>Figura 11.</i> Forma de la unidad de muestreo por conglomerados (CONAFOR, 2011).....	78
<i>Figura 12.</i> Elaboración de molde de yeso en huella para la identificación de las huellas de la fauna presente en el área de estudio. A. Identificación de la huella; B. Vaciado de yeso en huella; C. Molde de huella.....	79
<i>Figura 13.</i> Colorímetro marca HACH, celdas y reactivo para la determinación de $\text{NO}_3\text{-N}$ y $\text{PO}_4^{3-}$ . ....	83
<i>Figura 14.</i> Determinación de sólidos sedimentables a partir de la utilización de conos de Imhoff. ....	84
<i>Figura 15.</i> Determinación de coliformes fecales. A. Plantillas de sellado; B. Sellado de láminas de coliformes fecales; C. Secado de láminas de coliformes fecales en horno secador.....	84
<i>Figura 16.</i> Mapa conceptual de los aspectos importantes de El Charco del Ingenio, Guanajuato ( <i>Elaboración propia</i> ). ....	89
<i>Figura 17.</i> Índices de riesgo de incendio en el Jardín Botánico El Charco del Ingenio, en temporada de secas. Elaboración propia. Imagen satelital de Digital Globe (2018). Google. ....	102

<i>Figura 18. Categorías de rareza en el paisaje del Jardín Botánico el Charco del Ingenio en temporada de secas. Elaboración propia. Imagen satelital de Digital Globe (2018). Google. ....</i>	103
<i>Figura 19. Puntos de muestreo en temporada de secas. A. Punto 10 N con vista al norte; B. Punto 4 S con vista al oeste; C. Punto 23 N con vista al sur. ....</i>	104
<i>Figura 20. Categorías de rareza en el paisaje del Jardín Botánico el Charco del Ingenio en temporada de lluvias. Elaboración propia. Imagen satelital de Digital Globe (2018). Google. ...</i>	104
<i>Figura 21. Puntos de muestreo en temporada de secas. A. Punto 5 N con vista al norte; B. Punto 10N con vista al norte; C. Punto 23 N con vista al sur. ....</i>	105
<i>Figura 22. Categorías de calidad y fragilidad visual en el paisaje del Jardín Botánico el Charco del Ingenio en temporada de secas. Elaboración propia. Imagen satelital de Digital Globe (2018). Google. ....</i>	105
<i>Figura 23. Categorías de calidad y fragilidad visual en el Jardín Botánico el Charco del Ingenio en temporada de lluvias. Elaboración propia. Imagen satelital de Digital Globe (2018). Google. ...</i>	106
<i>Figura 24. Principales factores que intervienen en el sistema conformado por el Jardín Botánico El Charco del Ingenio. ....</i>	123
<i>Figura 25. Relaciones existentes entre las variables que causan impactos negativos en el Jardín Botánico el Charco del Ingenio (Elaboración propia). ....</i>	124
<i>Figura 26. Relaciones existentes entre las variables que causan impactos positivos en el Jardín Botánico el Charco del Ingenio (Elaboración propia). ....</i>	125
<i>Figura 27. Grados de atención en cada punto de muestreo del Jardín Botánico El Charco del Ingenio en temporada de secas. Elaboración propia. Imagen satelital de Digital Globe (2018). Google. ....</i>	133
<i>Figura 28. Grados de atención en cada punto de muestreo del Jardín Botánico El Charco del Ingenio en temporada de lluvias. Elaboración propia. Imagen satelital de Digital Globe (2018). Google. ....</i>	137

## Índice de tablas

<i>Tabla 1. Superficie de Áreas Naturales Protegidas en México por categoría. ....</i>	16
<i>Tabla 2. Número acumulado y superficie acumulada de Áreas Destinadas Voluntariamente a la Conservación por año. ....</i>	31
<i>Tabla 3. Umbrales e importancia de parámetros fisicoquímicos y biológicos de calidad del agua. ....</i>	50
<i>Tabla 4. Mediciones climatológicas mensuales y promedio anual de la estación 11011 Cinco señores en San de Miguel de Allende durante el periodo de 1951 al 2010. ....</i>	69
<i>Tabla 5. Características demográficas de San de Miguel de Allende en el periodo de 1990, 2000 y 2010. ....</i>	71
<i>Tabla 6. Características de las viviendas particulares habitadas de San Miguel de Allende, registradas en los años 1990,2000 y 2010. ....</i>	72
<i>Tabla 7. Características educativas de los habitantes de San Miguel de Allende en los años 1990,2000 y 2010. ....</i>	73
<i>Tabla 8. Características y problemáticas del Jardín Botánico El Charco del Ingenio por unidades paisajísticas. ....</i>	74
<i>Tabla 9. Variables a evaluar por unidad paisajística y temporada. ....</i>	76
<i>Tabla 10. Descripción de las variables evaluadas en el paisaje perteneciente al Jardín Botánico El Charco del Ingenio. ....</i>	80

Tabla 11. <i>Criterios a evaluar por cada variable del paisaje en El Charco del Ingenio.</i> .....	81
Tabla 12. <i>Principales características por evaluar en campo para el cálculo del IRI.</i> .....	81
Tabla 13. <i>Principales características por evaluar en campo para el cálculo del IRI.</i> .....	86
Tabla 14. <i>Ponderación para los valores de rareza y calidad visual.</i> .....	87
Tabla 15. <i>Rangos de riesgo de incendio utilizados para categorizar los valores totales por punto de muestreo.</i> .....	87
Tabla 16. <i>Actores identificados y su relación con los principales aspectos del área.</i> .....	88
Tabla 17. <i>Utilidad de las variables consideradas en el diseño de la encuesta.</i> .....	90
Tabla 18. <i>Variables seleccionadas para la determinación de los grados de atención en el Jardín Botánico El Charco del Ingenio.</i> .....	92
Tabla 19. <i>Ponderación de las variables seleccionadas para la normalización de los datos.</i> .....	93
Tabla 20. <i>Rangos de valores para cada grado de atención por temporada.</i> .....	94
Tabla 21. <i>Puntos de muestreo por categorías de diversidad del índice de Shannon y Simpson en secas.</i> .....	98
Tabla 22. <i>Puntos de muestreo por categorías de diversidad del índice de Shannon y Simpson en lluvias.</i> .....	100
Tabla 23. <i>Puntos de muestreo por rangos de contenido de humedad obtenidos en el muestreo en temporada de secas.</i> .....	101
Tabla 24. <i>Resultados de los análisis físico- químicos y biológicos del agua en el humedal del Jardín Botánico El Charco del Ingenio en temporada de secas.</i> .....	107
Los valores de fosfatos en esta temporada se encontraron dentro del umbral de riesgo; considerando el promedio de los cuatro puntos de muestreo del humedal (34.70 mg/L), se presentó un incremento del 23% en comparación al promedio presentado en secas (28.25mg/L) (Tabla 25 y Tabla 27).	107
Tabla 26. <i>Resultados de los análisis físico-químicos y biológicos del agua en el humedal del Jardín Botánico El Charco del Ingenio en temporada de lluvia.</i> .....	108
Tabla 27. <i>Resultados de los análisis físico-químicos y biológicos del agua en el manantial del Jardín Botánico El Charco del Ingenio en temporada de lluvia.</i> .....	109
Tabla 28. <i>Análisis cualitativo del manantial y el humedal presentes en el Jardín Botánico El Charco del Ingenio en temporada de lluvia.</i> .....	111
Tabla 29. <i>Valores más altos y bajos obtenidos por cada variable considerada en la encuesta a visitantes de El Charco del Ingenio.</i> .....	121
Tabla 30. <i>Matriz de grado de atención por punto de muestreo de El Charco del Ingenio en temporada de secas.</i> .....	131
Tabla 31. <i>Matriz de grado de atención por punto de muestreo de El Charco del Ingenio en temporada de lluvias.</i> .....	135
Tabla 32. <i>Estrategias de manejo, actividades y acciones para “El Charco del Ingenio”</i> .....	138
Tabla 33. <i>Estrategias de manejo y mejora para El Charco del Ingenio por grado de atención en temporada de secas.</i> .....	143
Tabla 34. <i>Estrategias de manejo y mejora para El Charco del Ingenio por grado de atención en temporada de lluvias.</i> .....	144
Tabla 35. <i>Estrategias generales de manejo y mejora para El Charco del Ingenio.</i> .....	144

## Resumen

En México muchas de las Áreas Naturales Protegidas presentan señales de degradación ambiental y no cuentan con una evaluación que integre los factores ambientales, legales y socioeconómicos para conocer las condiciones en las que se encuentran. En la presente investigación se realizó un diagnóstico integral de estos factores en el Área Destinada Voluntariamente a la Conservación El Charco del Ingenio, para ello, se realizó una visita de prospección, determinando como unidades de paisaje la ladera sur, la ladera norte y la Presa de las Colonias (humedal) y las variables a evaluar. En cada unidad paisajística se estimaron variables como los índices de diversidad, la rareza y calidad visual del paisaje, algunos parámetros de calidad del agua en temporada de lluvias y secas; además del índice de riesgo de incendio en temporada de secas. Se evaluaron también variables socioeconómicas y el marco legal del Área Natural Protegida. Posteriormente se analizaron las relaciones (causa-efecto) entre las variables evaluadas y las características detectadas por cada factor y a través de una matriz se integró la información y se obtuvieron los grados de atención de cada punto de muestreo. Como resultado se obtuvo que en temporada de secas hay mayor cantidad de puntos que requieren mayor grado de atención (43.75%) en comparación con la temporada de lluvias (18.75 %). En temporada de lluvias la mayoría de los puntos que requieren un alto grado de atención se localizaron en la ladera norte, mientras que en lluvias se localizaron en la ladera sur. Se observaron que las variables que influyeron en los valores de los grados de atención fueron la presencia alta de *Rhynchelytrum repens*, los valores bajos de los índices de diversidad, los rasgos comunes en el paisaje, la cercanía con los límites y las actividades colindantes. Con base en la información obtenida se propusieron las estrategias de manejo a corto, mediano y largo plazo conforme al grado de atención obtenido por cada punto de muestreo.

Palabras clave: *Áreas Naturales Protegidas, diagnóstico integral, grados de atención, estrategias de manejo*

## Abstract

In Mexico, many of the Protected Natural Areas show signs of environmental degradation and most of them do not have an evaluation that integrates environmental, legal and socioeconomic factors to know the conditions in which they are. The present research, an integral assessment of these factors was done in the Volunteered Area for the Conservation of the “El Charco del Ingenio”. A prospecting visit was made to determine as landscape units the Southern slope, the northern slope and the “Presa de las Colonias” (wetland) and the variables to be evaluated. In each landscape unit, variables such as diversity indices, rarity and visual quality of the landscape were estimated, some parameters of water quality in the rainy season and dry season; in addition to the risk index of fire in dry season. The socioeconomic variables and the legal framework of the Natural Protected Area were also evaluated. As well as the relationships (cause and effect) between the variables evaluated and the characteristics detected by each factor were evaluated and through a matrix the information was integrated and the degrees of attention of each sampling point were obtained. A result obtained was that in dry season there are more points that require greater degree of attention (43.75%) in comparison with the rainy season (18.75%). In the dry season most of the points requiring a high degree of attention were located on the northern slope, while in the rains they were located on the southern slope. It was observed that the variables that influenced the attention values were the high presence of *Rhynchelytrum repens*. The low values of the common indices, the common environments in the landscape, the proximity to the limits and the adjoining activities. Based on the information obtained, short, medium and long-term management strategies are proposed according to the degree of attention obtained by each sampling point.

*Key words: Natural Protected Areas, integral assessment, degrees of attention, management strategies*

## Introducción

El aumento sin precedentes en la población humana y el consumo en el siglo XX ha causado crisis ambientales que no habían sido identificadas anteriormente (McNeill, 2000). Algunas actividades como la tala, la minería, la contaminación del agua potable, entre otras, han causado una degradación ambiental y una preocupación a nivel mundial, por lo que se han realizado esfuerzos estatales y transnacionales para controlar la explotación de los recursos y conservar el medio ambiente (Freeman, 2015). Y una estrategia central para conservar la naturaleza, considerada por varios países, es la creación de Áreas Naturales Protegidas (ANP's) (Balmford, 2002; Chape, Spalding y Jenkins, 2008; Pouzols, 2014).

En México, uno de los instrumentos legales de conservación son las Áreas Naturales Protegidas (ANP's); se crean mediante un decreto presidencial o a través de una certificación (en la cual los propietarios deciden dedicar el área a la conservación) que acredita que pueden realizarse actividades de acuerdo con lo establecido en la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, el reglamento de esta ley, los programas de ordenamiento ecológico y también de manejo (CONANP, 2016). Las ANP's se dividen en nueve tipos, los cuales son de competencia Federal, Estatal y Local (DOF, 1988); dentro de las ANP's de competencia Federal, destacan las Áreas Destinadas Voluntariamente a la Conservación (ADVC) ya que de las 570 ANP's existentes, 388 pertenecen a esta categoría (CONANP, 2017). Un ADVC es un mecanismo en el que el propietario de las tierras solicita una certificación que implica un aprovechamiento que responda a la satisfacción de las necesidades básicas humanas sin atentar en contra de las demás especies de los ecosistemas (CONANP, 2016).

A pesar de la importancia que tienen las ANP's, muchas de ellas presentan señales de degradación ambiental ocurrida antes de su declaratoria como ANP, debido a que aún se encuentran presentes grupos y actividades humanas, o bien por el resultado de eventos naturales (incendios forestales, sequías, deslizamientos de tierra, etc.) (SEMARNAT, 2016). Además, en las evaluaciones realizadas para conocer el estado en que se encuentran, no se han integrado los factores ambientales, socioeconómicos y legales; por lo que dificulta la identificación de las problemáticas, las causas de las estas y los actores involucrados, que permitirían proponer estrategias de manejo más efectivas. Esta evaluación integral se denomina diagnóstico ambiental y puede definirse como un “análisis sistematizado y objetivo de la realidad medioambiental de un territorio, que permitirá obtener la imagen de su situación ambiental en el momento de su elaboración” (Ayuntamiento de Mairena de Alcor en España, 2012).

En el diagnóstico ambiental se pueden tomar en cuenta aspectos ambientales, organizativos, económicos (FEMP, 2002), conservación de hábitats, fragilidad del espacio forestal y escenarios potenciales a la gestión de la biodiversidad (Velázquez, et al., 2010), dependiendo de los objetivos que se establezcan. Existen diversas metodologías que se

ajustan a lo que se requiere conocer mediante la evaluación, sin embargo, no en todas se ha integrado la evaluación de los factores ambientales y socioeconómicos que permiten tener una perspectiva más clara de la situación en que se encuentran las ANP's.

El Jardín Botánico El Charco del Ingenio es un ADVC ubicada en el municipio de San Miguel Allende en el estado de Guanajuato. Los trabajos de conservación de esta área se realizaron desde 1990 cuando la organización ecologista no lucrativa Cante A.C. adquirió los predios y posteriormente en 1991 fue abierto al público como Jardín Botánico (Meagher, 2007). Desde sus inicios, la mayor parte de las fracciones de terreno adquiridas se hallaba gravemente afectada por las actividades antrópicas, las cuales habían causado la perturbación de la biodiversidad, sobre todo en las partes altas de la cañada (El Charco del Ingenio, s.f.). En la actualidad, en el área se han presentado problemas como incendios forestales o el azolvamiento de la presa Las Colonias (Orozco, 2014) así como la invasión del pasto *Rhynchelytrum repens*.

Dada la carencia de una evaluación del estado actual del Jardín Botánico desde una perspectiva legal y socioambiental, se realizó un diagnóstico integral como una evaluación de los factores legales, bióticos, abióticos y socioeconómicos que se encuentran en el ANP. Dicho diagnóstico se realizó con el objetivo de conocer las características del área de estudio, identificar las problemáticas presentes, así como las causas y las áreas en que se presentan para la elaboración de estrategias adecuadas para mejorar la situación del El Charco del Ingenio.

# Capítulo I. Marco conceptual y teórico

## 1.1. Conservación del medio ambiente

### 1.1.1. Conservación a nivel mundial

Las actividades productivas han incrementado globalmente como consecuencia de una población mundial que crece aceleradamente y por ende también sus necesidades, por lo que tiene patrones de consumo cada vez más demandantes (SEMARNAT, 2016). Pero no es una situación que se presenta hace poco, los mayores cambios se produjeron en el siglo XX. En este siglo se presentó el aumento sin precedentes de la población humana y del consumo de energía y agua por un sistema urbano-agro-industrial global, lo que causó crisis ambientales que no habían sido identificadas anteriormente (McNeill, 2000). Es así como desde la década de 1960, los problemas ambientales se han vuelto más visibles y publicitados (Freeman, 2015).

Posteriormente, algunas evaluaciones científicas realizadas han demostrado que los efectos de las actividades antrópicas son totalmente omnipresentes (Sanderson et al., 2002; Halpern et al., 2008) y afectan la condición ecológica de las comunidades (Halpern et al., 2008). Algunas actividades como la tala, la minería, la contaminación del agua potable, la desertificación y la contaminación del aire, han originado una degradación ambiental y una preocupación a nivel mundial. Debido a la creciente conciencia ambiental, se han realizado esfuerzos estatales y transnacionales para controlar la explotación de los recursos y conservar el medio ambiente, sin embargo, esto puede introducir nuevos problemas sociales como es el caso de poblaciones desplazadas o la violación de los derechos indígenas. Por consiguiente, los investigadores deben examinar no únicamente los orígenes de la degradación ambiental, sino también las intervenciones a realizar (Freeman, 2015).

Los avances en la disponibilidad de datos y en la ciencia de la planificación para la conservación permiten actuar estratégicamente ante la creciente la presión humana (Rodrigues et al., 2004). Por ello, en varios países, las Áreas Naturales Protegidas (ANP's) se consideran una estrategia central para conservar la naturaleza y detener la crisis existente (Balmford, 2002; Chape, Spalding y Jenkins, 2008; Pouzols, 2014), esta estrategia no es la única táctica disponible para la conservación, pero es altamente rentable en la protección de la biodiversidad (Balmford, 2002).

### 1.1.2. Conservación en México

Ante la fuerte presión de las actividades productivas sobre los ambientes naturales de México, la protección y conservación de la riqueza biológica del territorio nacional ha evolucionado hasta convertirse actualmente en una de las estrategias centrales a contener y revertir el deterioro de los ecosistemas y recursos naturales (Villalobos, 2000).

En un principio, la conservación se basaba en la creación de parques naturales (el primero fue establecido en 1917) enfocados en los servicios ecosistémicos que ofrecían. Posteriormente, a mediados de los 60's, el interés por esta política de conservación de la naturaleza, disminuyó; por lo que se estableció de un Programa Nacional de Desmontes que impulsaba proyectos para modificar ecosistemas; durante esta época, el esfuerzo de conservación mediante la creación de áreas naturales protegidas se enfrentó a obstáculos como la falta de recursos y soluciones viables para el aprovechamiento de los recursos por parte de las personas establecidas dentro de estas áreas (ibídem).

Para finales de los setenta y durante los ochenta, se fortalece nuevamente la valoración de la naturaleza y se enfatiza la participación de grupos regionales, instituciones de investigación y organizaciones gubernamentales en el aumento de ANP's. En los años 90's la política de la conservación comienza a centrarse en la ampliación de la superficie protegida no solamente con la participación de los gobiernos estatales sino también con las comunidades (ibídem).

## **1.2. Áreas Naturales Protegidas**

### **1.2.1. Áreas Naturales Protegidas a nivel internacional**

En el siglo XIX surgió el movimiento moderno de área protegida en los países de América del Norte, Australia, Nueva Zelanda y Sudáfrica. En esa época, se planteó la conservación de los valores ambientales conforme a la consideración de cada región, por ejemplo, en América del Norte las Áreas Protegidas salvaguardaron el paisaje dramático y sublime; en África, la preocupación se enfocó en los parques de juego; en Europa, la protección del paisaje fue lo más común (Dudley y Stolton 2008).

Cabe mencionar que hasta la década de los años 70's, existía una idea conservacionista en donde la prioridad era la protección estricta de los recursos naturales y la neutralización de las poblaciones humanas dentro o cerca de las áreas a conservar. Dicha idea, sustentó la teoría y práctica de los primeros parques naturales en Estados Unidos en el siglo XIX y dominó las políticas encaminadas a la conservación mundial durante gran parte del siglo XX. En esa época, la implementación de este enfoque fue de utilidad en condiciones de baja densidad poblacional ya que permitía otorgar subsidios u otro tipo de compensaciones a quienes dependían del uso de los recursos naturales. Sin embargo, no se evitaba el desalojo o desplazamiento de las poblaciones; lo cual representaba una carga ética negativa (Paré y Fuentes, 2007).

Posteriormente a finales del siglo XX debido a que se llevaron a cabo importantes acuerdos como la Conferencia en Estocolmo en 1972, la Carta Mundial de la Naturaleza en 1982, la Declaración de Río y el Convenio de Diversidad Biológica en 1992 y la Declaración de Johannesburgo en el 2002, la percepción de la conservación de las ANP's comenzó a tomar en cuenta el factor humano como un elemento más para preservar los recursos naturales y

no como una absoluta amenaza para lograr este objetivo. La nueva percepción del concepto de conservación se vio también reflejada en las definiciones propuestas para el término de Áreas Protegidas (Dudley y Stolton 2008), así como en las políticas para el establecimiento y manejo de estas.

El Convenio de Diversidad Biológica es un tratado internacional cuyos objetivos son la conservación de la diversidad biológica y la utilización sostenible de sus componentes, la participación justa y equitativa de los beneficios que se deriven de la utilización de los recursos genéticos mediante un acceso adecuado a estos recursos y la transferencia adecuada de las tecnologías pertinentes (Convenio sobre la Diversidad Biológica, 1992).

En el artículo 3º de este convenio, se definen varios términos entre los que destaca el de un ANP como “área definida geográficamente que haya sido designada o regulada y administrada a fin de alcanzar objetivos específicos de conservación” (ibídem).

Dos años más tarde, la IUCN<sup>1</sup> y el WCMC<sup>2</sup>, emitieron un documento que fue una importante guía para los países que se encontraban elaborando sus propias definiciones y categorías de áreas protegidas ya que establecía las directrices para las categorías de manejo de estas y aclaraba varios conceptos respecto al tema (IUCN 1994; Laushe, 2012). En dicho documento se define un área protegida como “*un área terrestre o marina especialmente dedicada a la protección y mantenimiento de la diversidad biológica, y de los recursos naturales y culturales asociados, gestionados a través de lineamientos legales u otros medios eficaces*” (IUCN, 1994). Además, se menciona que todas las categorías establecidas en sus directrices deberían entrar en esta definición.

A pesar de que la definición establecida por el Convenio de Diversidad Biológica y la importancia que representa su concepto al involucrar los compromisos firmados por cada Parte y ser utilizada como base para las definiciones legales de varios países, la IUCN tenía la necesidad de crear una definición propia para la delimitación de las categorías de manejo de áreas protegidas que propuso en 1994. Ninguna de estas definiciones se contraponen, sin embargo, la propuesta por la IUCN engloba una filosofía sobre el papel y propósito de las áreas protegidas (Dudley y Stolton, 2008) y considera de una forma más amplia el factor humano al mencionar los recursos culturales.

En 2008, la WCPA<sup>3</sup> de la UICN publicó una versión modificada de la definición de 1994, como parte de una labor de revisión y actualización de las Directrices de ese mismo año a pedido del Congreso Mundial de la Naturaleza realizado en el 2004 (Laushe, 2012). Esta definición decía que un ANP era: “*Un espacio geográfico claramente definido, reconocido,*

---

<sup>1</sup> Sigla en inglés de International Union for Conservation of Nature (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza).

<sup>2</sup> Sigla en inglés del World Conservation Monitoring Centre (Centro Mundial de Monitoreo de la Conservación).

<sup>3</sup> Sigla en inglés de la World Commission on Protected Areas (Comisión Mundial de las Áreas Protegidas).

*dedicado y gestionado, mediante medios legales u otros tipos de medios eficaces para conseguir la conservación a largo plazo de la naturaleza y de sus servicios ecosistémicos y sus valores culturales asociados” (Dudley, 2008).*

Actualmente casi todos los países han adoptado una definición conforme a lo que consideran y la han internalizado en su legislación. Existen varias modalidades o clasificaciones que cada región ha establecido y que pueden ser públicas, privadas, comunitarias y voluntarias (Dudley y Stolton, 2008).

### **1.2.2. Áreas Naturales Protegidas en México**

La primera ANP del país, se crea en 1917 denominándola “Parque Nacional Desierto de los Leones”, desde entonces las tendencias conservacionistas se mantuvieron durante mucho tiempo con la figura de “parques nacionales” (García, 2011). Dentro de esta tendencia se adoptaron las ideologías de una conservación de protección estricta donde se excluían en la toma de decisiones a las comunidades locales y se les despojaba del derecho al uso de los recursos naturales en las áreas protegidas. Teniendo este enfoque y al no contar con un marco jurídico y administrativo desarrollado en materia ambiental, ni con bases institucionales pertinentes, el gobierno federal no logró un efecto real de los decretos (Paré y Fuentes, 2007).

En las décadas posteriores, la administración de las ANP’s pasó de una institución gubernamental a otra, primero al Departamento Forestal, Caza y Pesca, luego a la Secretaría de Agricultura y Ganadería, posteriormente a la SAHOP<sup>4</sup> en los años 60’s y 70’s, a la SEDUE<sup>5</sup> en 1982, al Instituto Nacional de Ecología en 1995 y finalmente a la SEMARNAT<sup>6</sup> en el año 2000 (Paré y Fuentes, 2007; González, Cortés, Íñiguez y Ortega, 2014).

A finales de los 70’s se implementó la propuesta de la creación de ANP’s con un enfoque de Reservas de la Biosfera (Reserva Mapimí y Michilía en Durango; Montes Azules en Chiapas) con lo cual se abrieron las puertas para la vinculación de las reservas con las problemáticas sociales y económicas de la población local, la participación de los habitantes en la gestión de las ANP’s y la colaboración de instituciones de investigación y educativas (ibídem). Por ello la apropiación de esta visión integral de gestión, se pretende considerar los aspectos ambientales y socioeconómicos para la implementación de mejores estrategias de restauración y conservación en el presente trabajo.

En el año 1988, se decretó la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LEGEEPA). Esta Ley incluía a todas las áreas decretadas en el apartado de Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas (SINAP) a pesar de que muchas de ellas

---

<sup>4</sup> Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas (México).

<sup>5</sup> Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (México).

<sup>6</sup> Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (México).

han estado sujetas a graves procesos de deterioro. Posteriormente, en 1996, se realizaron reformas en donde el SINAP se convirtió en el instrumento para seleccionar las áreas por su biodiversidad y características ecológicas, eran consideradas de importancia para el territorio nacional. Así mismo, esta reforma eliminó y adicionó algunas categorías de manejo, por lo que se recategorizaron varias ANP's (Villalobos, 2000).

Actualmente existen nueve categorías, en las cuales se han impulsado estrategias para atender los aspectos institucionales de las mismas mediante la implementación de programas de manejo, presencia de personal profesionalizado, el desarrollo de infraestructura, y obtención de financiamiento (ibídem).

### **1.2.2.1. Tipos y características**

Las categorías de las ANP's en México se encuentran definidas por la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA) en su artículo 46; existiendo así nueve categorías (DOF, 1988):

1. Reservas de la biosfera
2. Parques nacionales
3. Monumentos naturales
4. Áreas de protección de recursos naturales
5. Áreas de protección de flora y fauna
6. Santuarios
7. Parques y Reservas Estatales, así como las demás categorías que establezcan las legislaciones locales
8. Zonas de conservación ecológica municipales, así como las demás categorías que establezcan las legislaciones locales
9. Áreas destinadas voluntariamente a la conservación

De estas categorías, son competencia de la Federación: las Reservas de la biosfera, Parques nacionales, Monumentos naturales, Áreas de protección de recursos naturales, Áreas de Protección de flora y fauna, Santuarios y Áreas destinadas voluntariamente a la conservación (ADVC); mientras que los Parques, Reservas estatales y Zonas de conservación ecológica municipales, no se encuentran en el ámbito federal (Íñiguez, Jiménez, Sosa y Ortega, 2014; DOF, 1988).

Los Gobiernos de los Estados y del Distrito Federal<sup>7</sup> podrán crear Parques, Reservas estatales y demás categorías de manejo que establezca la legislación local en la materia; las Zonas de conservación ecológica municipales podrán ser establecidas por los municipios (DOF, 1988)

---

<sup>7</sup> A partir de febrero de 2016 se cambia la denominación de Distrito Federal por Ciudad de México (DOF, 2016)

Cabe señalar que los Gobiernos estatales, del Distrito Federal y los municipios pueden decretar ANP's de acuerdo con la legislación local mientras no se establezcan sobre áreas federales previamente decretadas (a excepción de áreas de protección de recursos naturales). Por el contrario, un área federal si puede decretarse en un área estatal, municipal o voluntaria (Íñiguez, et al., 2014).

Además, el artículo 47 de la LGEEPA (DOF, 1988) indica que: en el establecimiento, administración y manejo de las áreas naturales protegidas a que se refiere el artículo anterior, la SEMARNAT promoverá la participación de sus habitantes, propietarios o poseedores, gobiernos locales, pueblos indígenas, y demás organizaciones sociales, públicas y privadas, con objeto de propiciar el desarrollo integral de la comunidad y asegurar la protección y preservación de los ecosistemas y su biodiversidad. Para tal efecto, la Secretaría podrá suscribir con los interesados los convenios de concertación o acuerdos de coordinación que correspondan.

Para la identificación, conformación y manejo de las ANP's, estas se dividen en zona núcleo y zona de amortiguamiento. La zona núcleo es “aquella superficie que se encuentra mejor conservada o sin alteración en donde se alojan ecosistemas, o fenómenos naturales de especial importancia, o especies de flora y fauna que requieran protección especial” (Figuroa, 2005). Esta zona tiene como principal objetivo la preservación de los ecosistemas y su funcionalidad a mediano y largo plazo, y en ella se pueden autorizar actividades de investigación y educación ambiental o bien limitar o prohibir los aprovechamientos que alteren el ecosistema que se encuentra allí. Las zonas de amortiguamiento tendrán la función principal de orientar a que las actividades a realizarse allí, se encaminen hacia del desarrollo sustentable (DOF, 1988); sólo se podrán realizar actividades productivas emprendidas por las comunidades que allí habitan al momento de la expedición de la declaratoria respectiva o con su participación, que sean estrictamente compatibles con los programas y lineamientos correspondientes a la zona donde se ubica el área natural protegida (Figuroa, 2005).

En adición, en el artículo 47 BIS 1 de la LGEEPA (DOF, 1988), se establece que, mediante las declaratorias de las áreas naturales protegidas, podrán establecerse una o más zonas núcleo y de amortiguamiento, según sea el caso, las cuales, a su vez, podrán estar conformadas por una o más subzonas, que se determinarán mediante el programa de manejo correspondiente, de acuerdo con la categoría de manejo que se les asigne. En el caso en que la declaratoria correspondiente sólo prevea un polígono general, éste podrá subdividirse por una o más subzonas previstas para las zonas de amortiguamiento, atendiendo a la categoría de manejo que corresponda. En las reservas de la biosfera, en las áreas de protección de recursos naturales y en las áreas de protección de flora y fauna se podrán establecer todas las subzonas previstas en el artículo 47 Bis.

En los parques nacionales podrán establecerse subzonas de protección y de uso restringido en sus zonas núcleo; y subzonas de uso tradicional, uso público y de recuperación en las zonas de amortiguamiento. En el caso de los parques nacionales que se ubiquen en las zonas marinas mexicanas se establecerán, además de las subzonas previstas en el párrafo anterior, subzonas de aprovechamiento sustentable de los recursos naturales. En los monumentos naturales y en los santuarios, se podrán establecer subzonas de protección y uso restringido, dentro de sus zonas núcleo; y subzonas de uso público y de recuperación en las zonas de amortiguamiento.

Para el establecimiento de un área natural protegida es necesaria una declaratoria en donde queden identificadas la zona núcleo y de amortiguamiento, las actividades que pueden realizarse allí, las modalidades de aprovechamiento y protección permitidas, así como los mecanismos administrativos en el área. Los instrumentos de gestión, autorizaciones y permisos para el aprovechamiento de los recursos naturales dependerán de lo dispuesto en dicha declaratoria (Figuroa, 2005).

### 1.2.2.2. Superficie de Áreas Naturales Protegidas en México

La CONANP<sup>8</sup> actualmente administra 182 áreas de carácter federal, las cuales representan 46.24% (25, 628, 239.39 ha) del territorio nacional. Además, apoya a 388 ADVC, que representan el 0.21 % (417, 562.27 ha) del país (CONANP, 2017 a) como se muestra en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Superficie de Áreas Naturales Protegidas en México por categoría.

Categoría	Número de ANP	Superficie (ha)	Superficie de territorio nacional** (%)
Reservas de la Biosfera	44	62, 952,750.50	32.05
Parques Nacionales	67	16, 220, 099.30	8.26
Monumentos Naturales	5	16, 269.11	0.01
Áreas de Protección de Recursos Naturales	8	4, 503, 345.23	2.29
Áreas de Protección de Flora y Fauna	40	6, 996, 864.12	3.56
Santuarios	18	150, 193.29	0.08
<b>Total</b>	<b>182</b>	<b>25, 628, 239.39 *</b>	<b>46.24</b>
Áreas Destinadas Voluntariamente a la Conservación (ADVC)	<b>388</b>	<b>417, 562.27 *</b>	<b>0.21</b>
	<b>Total</b>	<b>Total</b>	<b>Total</b>
	<b>570</b>	<b>26, 032, 477.85</b>	<b>46,46</b>

**Notas:**

Elaborado a partir de datos de CONANP (2017 a) y SRE (2014).

<sup>8</sup> Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (México).

\* Los datos son hasta noviembre de 2017.

\*\* Considerando que son 196,437,5 km<sup>2</sup> (SRE, 2014), de los cuales 1,959,248 km<sup>2</sup> son superficie continental y 5,127 km<sup>2</sup> son superficie insular.

### **1.2.2.3. Marco legal de las Áreas Naturales Protegidas en México**

Dentro del marco legal directamente relacionado con las ANP's y de carácter federal, se encuentra la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) y el Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Áreas Naturales Protegidas, así como normas y programas de manejo aplicables.

#### **a) Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente**

Esta Ley primeramente define un ANP en el inciso II del artículo 3ro, como:

*“las zonas del territorio nacional y aquellas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción, en donde los ambientes originales no han sido significativamente alterados por la actividad del ser humano o que requieren ser preservadas y restauradas y están sujetas al régimen previsto en la presente Ley”*

En el Capítulo I (del artículo 44 hasta el 77 BIS) del Título Segundo de la Ley, se encuentran las secciones referentes a las disposiciones generales, los tipos y características y las declaratorias para el establecimiento, administración y vigilancia de las ANP's; así como los lineamientos para el establecimiento, administración y manejo de un ADVC.

En el artículo 44, se decreta que las zonas del territorio nacional y aquellas sobre las que la Nación ejerce soberanía y jurisdicción, en las que los ambientes originales no han sido significativamente alterados por la actividad del ser humano, o que sus ecosistemas y funciones integrales requieren ser preservadas y restauradas, quedarán sujetas al régimen previsto en esta Ley y los demás ordenamientos aplicables; y que los propietarios, poseedores o titulares de otros derechos sobre tierras, aguas y bosques comprendidos dentro de áreas naturales protegidas deberán sujetarse a las modalidades que de conformidad con la presente Ley, establezcan los decretos por los que se constituyan dichas áreas, así como a las demás previsiones contenidas en el programa de manejo y en los programas de ordenamiento ecológico que correspondan.

El artículo 45 menciona que el establecimiento de ANP's tiene por objeto:

I.- Preservar los ambientes naturales representativos de las diferentes regiones biogeográficas y ecológicas y de los ecosistemas más frágiles, así como sus funciones, para asegurar el equilibrio y la continuidad de los procesos evolutivos y ecológicos;

II.- Salvaguardar la diversidad genética de las especies silvestres de las que depende la continuidad evolutiva; así como asegurar la preservación y el aprovechamiento sustentable de la biodiversidad del territorio nacional, en particular preservar las especies que están en peligro de extinción, las amenazadas, las endémicas, las raras y las que se encuentran sujetas a protección especial;

III.- Asegurar la preservación y el aprovechamiento sustentable de los ecosistemas, sus elementos, y sus funciones;

IV. Proporcionar un campo propicio para la investigación científica y el estudio de los ecosistemas y su equilibrio;

V.- Generar, rescatar y divulgar conocimientos, prácticas y tecnologías, tradicionales o nuevas que permitan la preservación y el aprovechamiento sustentable de la biodiversidad del territorio nacional;

VI. Proteger poblados, vías de comunicación, instalaciones industriales y aprovechamientos agrícolas, mediante zonas forestales en montañas donde se originen torrentes; el ciclo hidrológico en cuencas, así como las demás que tiendan a la protección de elementos circundantes con los que se relacione ecológicamente el área; y

VII.- Proteger los entornos naturales de zonas, monumentos y vestigios arqueológicos, históricos y artísticos, así como zonas turísticas, y otras áreas de importancia para la recreación, la cultura e identidad nacionales y de los pueblos indígenas.

El artículo 47 BIS, establece que para el cumplimiento de las disposiciones de la presente Ley, en relación al establecimiento de las ANP's, se realizará una división y subdivisión que permita identificar y delimitar las porciones del territorio que la conforman, acorde con sus elementos biológicos, físicos y socioeconómicos, los cuales constituyen un esquema integral y dinámico, por lo que cuando se realice la delimitación territorial de las actividades en las áreas naturales protegidas, ésta se llevará a cabo a través de las siguientes zonas y sus respectivas subzonas, de acuerdo a su categoría de manejo:

I. Las zonas núcleo, tendrán como principal objetivo la preservación de los ecosistemas y su funcionalidad a mediano y largo plazo, en donde se podrán autorizar las actividades de preservación de los ecosistemas y sus elementos, de investigación y de colecta científica, educación ambiental, y limitarse o prohibirse aprovechamientos que alteren los ecosistemas. Estas zonas podrán estar conformadas por las siguientes subzonas:

a) De protección: Aquellas superficies dentro del área natural protegida, que han sufrido muy poca alteración, así como ecosistemas relevantes o frágiles, o hábitats críticos, y fenómenos naturales, que requieren de un cuidado especial para asegurar su conservación a largo plazo.

En las subzonas de protección sólo se permitirá realizar actividades de monitoreo del ambiente, de investigación científica no invasiva en los términos del reglamento correspondiente, que no implique la extracción o el traslado de especímenes, ni la modificación del hábitat.

b) De uso restringido: Aquellas superficies en buen estado de conservación donde se busca mantener las condiciones actuales de los ecosistemas, e incluso mejorarlas en los sitios que así se requieran, y en las que se podrán realizar excepcionalmente

actividades de aprovechamiento que no modifiquen los ecosistemas y que se encuentren sujetas a estrictas medidas de control.

En las subzonas de uso restringido sólo se permitirán la investigación científica no invasiva y el monitoreo del ambiente, las actividades de educación ambiental y turismo de bajo impacto ambiental, que no impliquen modificaciones de las características o condiciones naturales originales, y la construcción de instalaciones de apoyo, exclusivamente para la investigación científica o el monitoreo del ambiente, y

II. Las zonas de amortiguamiento, tendrán como función principal orientar a que las actividades de aprovechamiento, que ahí se lleven a cabo, se conduzcan hacia el desarrollo sustentable, creando al mismo tiempo las condiciones necesarias para lograr la conservación de los ecosistemas de ésta a largo plazo, y podrán estar conformadas básicamente por las siguientes subzonas:

a) De preservación: Aquellas superficies en buen estado de conservación que contienen ecosistemas relevantes o frágiles, o fenómenos naturales relevantes, en las que el desarrollo de actividades requiere de un manejo específico, para lograr su adecuada preservación.

En las subzonas de preservación sólo se permitirán la investigación científica y el monitoreo del ambiente, las actividades de educación ambiental y las actividades productivas de bajo impacto ambiental que no impliquen modificaciones sustanciales de las características o condiciones naturales originales, promovidas por las comunidades locales o con su participación, y que se sujeten a una supervisión constante de los posibles impactos negativos que ocasionen, de conformidad con lo dispuesto en los ordenamientos jurídicos y reglamentarios que resulten aplicables.

b) De uso tradicional: Aquellas superficies en donde los recursos naturales han sido aprovechados de manera tradicional y continua, sin ocasionar alteraciones significativas en el ecosistema. Están relacionadas particularmente con la satisfacción de las necesidades socioeconómicas y culturales de los habitantes del área protegida.

En dichas subzonas no podrán realizarse actividades que amenacen o perturben la estructura natural de las poblaciones y ecosistemas o los mecanismos propios para su recuperación. Sólo se podrán realizar actividades de investigación científica, educación ambiental y de turismo de bajo impacto ambiental, así como, en su caso, pesca artesanal con artes de bajo impacto ambiental; así como la infraestructura de apoyo que se requiera, utilizando ecotécnicas y materiales tradicionales de construcción propios de la región, aprovechamiento de los recursos naturales para la satisfacción de las necesidades económicas básicas y de autoconsumo de los pobladores, utilizando métodos tradicionales enfocados a la sustentabilidad, conforme lo previsto en las disposiciones legales y reglamentarias aplicables.

- c) De aprovechamiento sustentable de los recursos naturales: Aquellas superficies en las que los recursos naturales pueden ser aprovechados, y que, por motivos de uso y conservación de sus ecosistemas a largo plazo, es necesario que todas las actividades productivas, se efectúen bajo esquemas de aprovechamiento sustentable.

En dichas subzonas se permitirán exclusivamente el aprovechamiento y manejo de los recursos naturales renovables, siempre que estas acciones generen beneficios preferentemente para los pobladores locales, la investigación científica, la educación ambiental y el desarrollo de actividades turísticas de bajo impacto ambiental.

Asimismo, el aprovechamiento sustentable de la vida silvestre podrá llevarse a cabo siempre y cuando se garantice su reproducción controlada o se mantengan o incrementen las poblaciones de las especies aprovechadas y el hábitat del que dependen; y se sustenten en los planes correspondientes autorizados por la Secretaría, conforme a las disposiciones legales y reglamentarias aplicables.

- d) De aprovechamiento sustentable de los ecosistemas: Aquellas superficies con usos agrícolas, pesqueros y pecuarios actuales.

En dichas subzonas se podrán realizar actividades agrícolas, pesqueras y pecuarias de baja intensidad que se lleven a cabo en predios, o zonas que cuenten con aptitud para este fin, y en aquellos en que dichas actividades se realicen de manera cotidiana, y actividades de pesquería artesanal, agroforestería y silvopastoriles, siempre y cuando sean compatibles con las acciones de conservación del área, y que en su caso contribuyan al control de la erosión y evitar la degradación de los suelos.

La ejecución de las prácticas agrícolas, pesqueras, pecuarias, agroforestales y silvopastoriles que no estén siendo realizadas en forma sustentable, deberán orientarse hacia la sustentabilidad y a la disminución del uso de agroquímicos e insumos externos para su realización.

- e) De aprovechamiento especial: Aquellas superficies generalmente de extensión reducida, con presencia de recursos naturales que son esenciales para el desarrollo social, y que deben ser explotadas sin deteriorar el ecosistema, modificar el paisaje de forma sustancial, ni causar impactos ambientales irreversibles en los elementos naturales que conformen.

En dichas subzonas sólo se podrán ejecutar obras públicas o privadas para la instalación de infraestructura o explotación de recursos naturales, que generen beneficios públicos, que guarden armonía con el paisaje, que no provoquen desequilibrio ecológico grave y que estén sujetos a estrictas regulaciones de uso sustentable de los recursos naturales, con apego estricto a los programas de manejo emitidos por la Secretaría.

- f) De uso público: Aquellas superficies que presentan atractivos naturales para la realización de actividades de recreación y esparcimiento, en donde es posible

mantener concentraciones de visitantes, en los límites que se determinen con base en la capacidad de carga de los ecosistemas.

En dichas subzonas se podrá llevar a cabo exclusivamente la construcción de instalaciones para el desarrollo de servicios de apoyo al turismo, a la investigación y monitoreo del ambiente, y la educación ambiental, congruentes con los propósitos de protección y manejo de cada área natural protegida.

g) De asentamientos humanos: En aquellas superficies donde se ha llevado a cabo una modificación sustancial o desaparición de los ecosistemas originales, debido al desarrollo de asentamientos humanos, previos a la declaratoria del área protegida;

h) De recuperación: Aquellas superficies en las que los recursos naturales han resultado severamente alterados o modificados, y que serán objeto de programas de recuperación y rehabilitación, por lo que no deberán continuar las actividades que llevaron a dicha alteración.

En estas subzonas sólo podrán utilizarse para su rehabilitación, especies nativas de la región o en su caso, especies compatibles con el funcionamiento y la estructura de los ecosistemas originales cuando científicamente se compruebe que no se afecta la evolución y continuidad de los procesos naturales.

En las zonas de amortiguamiento deberá tomarse en consideración las actividades productivas que lleven a cabo las comunidades que ahí habiten al momento de la expedición de la declaratoria respectiva, basándose en lo previsto tanto en el Programa de Manejo respectivo como en los Programas de Ordenamiento Ecológico que resulten aplicables.

#### Áreas Destinadas Voluntariamente a la Conservación en la presente Ley

En cuanto a este tipo de ANP, el artículo 55 BIS establece que son aquellas que pueden presentar cualquiera de las características y elementos biológicos señalados en los artículos 48 al 55 de la presente Ley y proveer servicios ambientales o que por su ubicación favorezcan el cumplimiento de los objetivos previstos en el artículo 45 de esta Ley. Para tal efecto, la Secretaría<sup>9</sup> emitirá un certificado, en los términos de lo previsto por la Sección V del presente Capítulo. Dichos predios se considerarán como áreas productivas dedicadas a una función de interés público.

El establecimiento, administración y manejo de las áreas destinadas voluntariamente a la conservación se sujetará a lo previsto en la Sección V del presente Capítulo, en donde el artículo 77 BIS establece que:

---

<sup>9</sup> En esta Ley, la palabra Secretaría hace referencia a SEMARNAT.

Los pueblos indígenas, organizaciones sociales, personas morales, públicas o privadas, y demás personas interesadas en destinar voluntariamente a la conservación predios de su propiedad, establecerán, administrarán y manejarán dichas áreas conforme a lo siguiente:

I.- Las áreas destinadas voluntariamente a la conservación se establecerán mediante certificado que expida la Secretaría, en el cual las reconozca como áreas naturales protegidas. Los interesados en obtener dicho certificado presentarán una solicitud que contenga:

- a) Nombre del propietario;
- b) Documento legal que acredite la propiedad del predio;
- c) En su caso, la resolución de la asamblea ejidal o comunal en la que se manifieste la voluntad de destinar sus predios a la conservación;
- d) Nombre de las personas autorizadas para realizar actos de administración en el área;
- e) Denominación, ubicación, superficie y colindancias del área;
- f) Descripción de las características físicas y biológicas generales del área;
- g) Estrategia de manejo que incluya la zonificación del área, y
- h) Plazo por el que se desea certificar el área, el cual no podrá ser menor a quince años.

Para la elaboración de la estrategia de manejo a que se refiere el inciso g) de la presente fracción, la Secretaría otorgará la asesoría técnica necesaria, a petición de los promoventes.

En las áreas privadas y sociales destinadas voluntariamente a la conservación de competencia de la Federación, podrán establecerse todas las subzonas previstas en el artículo 47 BIS de la presente Ley, así como cualesquiera otras decididas libremente por los propietarios;

II.- El certificado que expida la Secretaría deberá contener:

- a) Nombre del propietario;
- b) Denominación, ubicación, superficie y colindancias del área;
- c) Características físicas y biológicas generales y el estado de conservación del predio, que sustentan la emisión del certificado;
- d) Estrategia de manejo;
- e) Deberes del propietario, y
- f) Vigencia mínima de quince años.

III.- La Secretaría podrá establecer diferentes niveles de certificación en función de las características físicas y biológicas generales y el estado de conservación de los predios, así como el plazo por el que se emite el certificado y su estrategia de manejo, para que, con base en estos niveles, las autoridades correspondientes definan y determinen el acceso a los instrumentos económicos que tendrán los propietarios de dichos predios. Asimismo, dichos

niveles serán considerados por las dependencias competentes, en la certificación de productos o servicios;

IV.- Las áreas destinadas voluntariamente a la conservación se administrarán por su propietario y se manejarán conforme a la estrategia de manejo definida en el certificado. Cuando dichas áreas se ubiquen dentro del polígono de otras áreas naturales protegidas previamente declaradas como tales por la Federación, el Gobierno del Distrito Federal, los estados y los municipios, la estrategia de manejo observará lo dispuesto en las declaratorias y los programas de manejo correspondientes.

Asimismo, cuando el Ejecutivo Federal, los gobiernos de los Estados o los municipios establezcan un área natural protegida cuya superficie incluya total o parcialmente una o varias áreas destinadas voluntariamente a la conservación, tomarán en consideración las estrategias de manejo determinadas en los certificados que expida la Secretaría;

V.- Cuando en las áreas destinadas voluntariamente a la conservación se realice el aprovechamiento sustentable de recursos naturales, los productos obtenidos podrán ostentar un sello de sustentabilidad expedido por la Secretaría conforme al procedimiento previsto en el Reglamento. Lo previsto en esta fracción no aplica para el aprovechamiento de recursos forestales cuyos productos se certificarán con base en la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, y

VI.- El Reglamento establecerá los procedimientos relativos a la modificación de superficies o estrategias de manejo, así como la transmisión, extinción o prórroga de los certificados expedidos por la Secretaría.

#### **b) Reglamento de la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente en materia de Áreas Naturales Protegidas**

En el reglamento (DOF, 2000 b) se detalla las características referentes al establecimiento, registro, administración, instrumentos económicos, de concertación y coordinación, programas de manejo, aprovechamiento, autorizaciones, medidas de control y sanciones concernientes a las ANP's.

En el artículo 5to. se establece que, en la administración de las ANP's, se deberán adoptar:

I.- Lineamientos, mecanismos institucionales, programas, políticas y acciones destinadas a:

- a) La conservación, preservación, protección y restauración de los ecosistemas;
- b) El uso y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales;
- c) La inspección y vigilancia;

II.- Medidas relacionadas con el financiamiento para su operación;

III.- Instrumentos para promover la coordinación entre los distintos niveles de gobierno, así como la concertación de acciones con los sectores público, social y privado, y

IV.- Acciones tendientes a impulsar la capacitación y formación del personal técnico de apoyo.

En el artículo 31 se menciona que, para el establecimiento, administración y manejo de estas áreas, la Secretaría<sup>10</sup> podrá suscribir convenios de concertación o acuerdos de coordinación con los habitantes de las áreas, propietarios, poseedores, gobiernos locales, pueblos indígenas, instituciones académicas y de investigación y demás organizaciones sociales, públicas y privadas, con el fin de propiciar el desarrollo.

En lo referente al establecimiento de ANP's, en el artículo 45, se establece que:

- Los estudios que justifiquen la expedición de las declaratorias para el establecimiento de las áreas naturales protegidas serán elaborados por la Secretaría, y en su caso, ésta podrá solicitar la colaboración de otras dependencias del Ejecutivo Federal, así como de organizaciones públicas o privadas, universidades, instituciones de investigación o cualquier persona física o moral con experiencia y capacidad técnica en la materia.
  
- El tipo de área natural protegida que se pretenda declarar deberá estar fundamentada en las características biológicas y la vocación de uso de suelo, tomando en consideración los aspectos sociales de las poblaciones locales, así como los aprovechamientos que en ella se realicen.

Estos estudios, conforme al artículo 47, una vez concluidos, deberán ser puestos a disposición del público para su consulta por un plazo de 30 días naturales, en las oficinas de la Secretaría y en las de sus Delegaciones ubicadas en las entidades federativas donde se localice el área que se pretende establecer. Para tal efecto, la Secretaría publicará en el Diario Oficial de la Federación y en la Gaceta Ecológica un aviso a través del cual se dé a conocer esta circunstancia.

Asimismo, la Secretaría solicitará la opinión de los gobiernos de los Estados y Municipios que correspondan y de las demás instituciones a las que se refiere el artículo 58 de la Ley. La consulta y la opinión deberán ser tomadas en cuenta por la Secretaría, antes de proponer al Titular del Poder Ejecutivo Federal el establecimiento del área natural protegida de que se trate.

En cuanto a las declaratorias de las ANP's el artículo 48 señala que deberán contener lo previsto por el artículo 60 de la Ley. Cuando se determinen zonas núcleo y de amortiguamiento deberán señalarse sus respectivas subzonas.

Para los programas de manejo, se consideran los siguientes artículos:

---

<sup>10</sup> En este reglamento, Secretaría hace referencia a SEMARNAT.

- Artículo 72.- Las áreas naturales protegidas deberán contar con un programa de manejo que será elaborado por la Secretaría en los términos del artículo 65 de la Ley. El programa deberá sujetarse a las disposiciones contenidas en la declaratoria del área natural protegida de que se trate, y tendrá por objeto la administración de esta.
- Artículo 74.- El programa de manejo de cada área natural protegida, deberá contener lo señalado por el artículo 66 de la Ley, así como la especificación de las densidades, intensidades, condicionantes y modalidades a que se sujetarán las obras y actividades que se vienen realizando en las mismas, en términos de lo establecido en la Ley, el presente Reglamento, el decreto de creación del área natural protegida de que se trate, y demás disposiciones legales y reglamentarias aplicables. En dicho programa se deberá determinar la extensión y delimitación de la zona de influencia del área protegida respectiva.  
Además, el programa de manejo contendrá la delimitación, extensión y ubicación de las subzonas que se señalen en la declaratoria. La Secretaría deberá promover que las actividades que realicen los particulares se ajusten a los objetivos de dichas subzonas.
- Artículo 77.- El programa de manejo será revisado por lo menos cada cinco años con el objeto de evaluar su efectividad y proponer posibles modificaciones.
- Artículo 78.- El programa de manejo podrá ser modificado en todo o en parte, cuando éste resulte inoperante para el cumplimiento de los objetivos del área natural protegida, para lo cual la Secretaría solicitará la opinión del Consejo Asesor, respectivo.

Para los usos, aprovechamientos permitidos y prohibiciones se toma en cuenta lo siguiente lo establecido en los artículos 81 al 84:

Artículo 81.- En las áreas naturales protegidas sólo se podrán realizar aprovechamientos de recursos naturales que generen beneficios a los pobladores que ahí habiten y que sean acordes con los esquemas de desarrollo sustentable, la declaratoria respectiva, su programa de manejo, los programas de ordenamiento ecológico, las normas oficiales mexicanas y demás disposiciones legales aplicables.

Los aprovechamientos deberán llevarse a cabo para:

I. Autoconsumo, o

II. Desarrollo de actividades y proyectos de manejo y aprovechamiento sustentable de la vida silvestre, así como agrícolas, ganaderos, agroforestales, pesqueros, acuícolas o mineros siempre y cuando:

- a) No se introduzcan especies silvestres exóticas diferentes a las ya existentes o transgénicas;

- b) Se mantenga la cobertura vegetal, estructura y composición de la masa forestal y la biodiversidad;
- c) No se afecte significativamente el equilibrio hidrológico del área o ecosistemas de relevancia para el área protegida o que constituyan el hábitat de las especies nativas;
- d) No se afecten zonas de reproducción o especies en veda o en riesgo;
- e) Tratándose de aprovechamientos forestales, pesqueros y mineros, cuenten con la autorización respectiva y la manifestación de impacto ambiental autorizada, en los términos de las disposiciones legales y reglamentarias aplicables;
- f) Los aprovechamientos pesqueros no impliquen la captura incidental de especies consideradas en riesgo por las disposiciones legales y reglamentarias aplicables, ni el volumen de captura incidental sea mayor que el volumen de la especie objeto de aprovechamiento, salvo que la Secretaría, conjuntamente con la de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, establezcan tasas, proporciones, límites de cambio aceptables o capacidades de carga, así como las condiciones, para un volumen superior de captura incidental en relación con la especie objetivo, mediante acuerdo que deberá publicarse en el Diario Oficial de la Federación cada tres años. En su defecto, el último acuerdo publicado mantendrá su vigencia.
- g) No se realice la extracción de corales y materiales pétreos de los ecosistemas costeros, y
- h) Tratándose de obras y trabajos de exploración y de explotación de recursos mineros dentro de las áreas naturales protegidas, y en cumplimiento por lo dispuesto en el artículo 20, segundo párrafo de la Ley Minera, cuenten con la autorización expedida por la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, de conformidad con el artículo 94 del presente.

Artículo 82.- El uso turístico y recreativo dentro de las áreas naturales protegidas, se podrá llevar a cabo bajo los términos que se establezcan en el programa de manejo de cada área natural protegida, y siempre que:

- I.- No se provoque una afectación significativa a los ecosistemas;
- II.- Preferentemente tengan un beneficio directo para los pobladores locales;
- III.- Promueva la educación ambiental, y
- IV.- La infraestructura requerida sea acorde con el entorno natural del área protegida.

Artículo 83.- Los visitantes y prestadores de servicios turísticos en las áreas naturales protegidas deberán cumplir con las reglas administrativas contenidas en el Programa de Manejo respectivo, y tendrán las siguientes obligaciones:

- I.- Cubrir las cuotas establecidas en la Ley Federal de Derechos;
- II.- Hacer uso exclusivamente de las rutas y senderos establecidos para recorrer el área;
- III.- Respetar la señalización y las zonas del área;
- IV.- Acatar las indicaciones del personal del área;

V.- Proporcionar los datos que les sean solicitados por el personal del área para efectos informativos y estadísticos;

VI.- Brindar el apoyo y las facilidades necesarias para que el personal de la Secretaría realice labores de vigilancia, protección y control, así como en situaciones de emergencia o contingencia, y

VII.- Hacer del conocimiento del personal del área natural protegida las irregularidades que hubieren observado, así como aquellas acciones que pudieran constituir infracciones o delitos.

Artículo 84.- Los prestadores de servicios turísticos deberán cerciorarse de que su personal y los visitantes cumplan con las reglas administrativas del área protegida, siendo responsables solidarios de los daños y perjuicios que pudieren causar.

#### Áreas Destinadas Voluntariamente a la Conservación en el presente Reglamento

En este reglamento (DOF, 2000b), los artículos 126 a 136 se establecen los requisitos y consideraciones para la solicitud, expedición, duración, modificación y cancelación de los certificados correspondientes a las ADVC.

Complementando lo especificado en el artículo 77BIS de la LGEEPA (DOF, 1988) el artículo 126 del presente reglamento señala que los predios que podrán destinarse voluntariamente a la conservación serán los que señala el artículo 55 BIS de la Ley.

Los pueblos indígenas, organizaciones sociales, personas morales, públicas o privadas y demás personas interesadas en obtener el certificado a que se refiere el artículo 77 BIS de la LGEEPA presentarán su solicitud ante las unidades administrativas de la Comisión<sup>11</sup>, de acuerdo con la circunscripción territorial donde se ubique el predio que se pretenda certificar.

La solicitud que se presente ante la Comisión contendrá:

I. Nombre, denominación o razón social del propietario;

II. Domicilio para recibir notificaciones;

III. Nombre y domicilio de las personas que administrarán el área;

IV. Manifestación de su interés para destinar sus predios voluntariamente a la conservación, señalando el plazo por el que quedarán destinados, el cual no podrá ser menor a quince años;

V. Denominación del área;

VI. Ubicación del predio, señalando superficie, colindancias, entidad federativa y municipio al que pertenece, y

---

<sup>11</sup> En el presente reglamento, Comisión hace referencia a la CONANP.

VII. Descripción de las características físicas y biológicas generales del área, especificando los ecosistemas presentes en el área, especies de flora y fauna relevantes a proteger, clima, topografía e hidrología.

Así mismo el artículo 127 establece que, a la solicitud señalada en el artículo anterior, se anexará:

I. Acta de asamblea ejidal o comunal, realizada en términos de la Ley Agraria, en la que se exprese la voluntad de destinar sus predios a la conservación, para el caso de ejidos y comunidades;

II. Copia de la identificación oficial en caso de que el propietario sea persona física y, cuando se trate de personas morales, copia de la documentación que acredite su personalidad jurídica y la de su representante legal. Tratándose de ejidos y comunidades, copia del acta de asamblea por la que se elige al comisariado ejidal o comunal en funciones en términos de la Ley Agraria;

III. Documentación que acredite la propiedad del predio que se destinará voluntariamente a la conservación;

IV. Mapa georreferenciado en un sistema de coordenadas UTM, especificando el Datum de referencia, así como fotografías que permita identificar las características del predio;

V. Estrategia de manejo que se proponga para la conservación del predio, la cual deberá contener:

- a) La zonificación del área, precisando la superficie de cada zona;
- b) Las acciones de protección, conservación y restauración de los recursos naturales del predio, y
- c) Los lineamientos para el uso y aprovechamiento de los recursos naturales del predio.

Los interesados que requieran de la asistencia técnica de la Secretaría podrán acudir ante las unidades administrativas de la Comisión, para que se les apoye en el diseño de la estrategia de manejo del área a certificar.

En las áreas privadas y sociales destinadas voluntariamente a la conservación, competencia de la Federación, los propietarios definirán libremente las zonas y subzonas para el manejo del predio, para lo cual podrán considerar lo previsto en el artículo 47 BIS de la Ley.

Asimismo, decidirán libremente la denominación con la que el predio destinado voluntariamente a la conservación será reconocido como área natural protegida de competencia federal y podrán incluir en la misma la característica que destaque conforme a lo señalado en el artículo 133 QUÁTER del presente Reglamento.

Cuando la superficie del área que se pretenda certificar involucre dos o más predios de distintos propietarios, podrá emitirse un solo certificado si se acredita con el instrumento jurídico correspondiente la voluntad de estos en constituir una sola área destinada

voluntariamente a la conservación. En ese caso el certificado se expedirá a nombre de todos los propietarios.

### **c) Ley General de Vida Silvestre**

La Ley General de Vida Silvestre (DOF, 2000) tiene por objeto “establecer la concurrencia del Gobierno Federal, de los gobiernos de los Estados y de los Municipios, en el ámbito de sus respectivas competencias, relativa a la conservación y aprovechamiento sustentable de la vida silvestre y su hábitat en el territorio de la República Mexicana y en las zonas en donde la Nación ejerce su jurisdicción”.

En el artículo 4o. señala que “es deber de todos los habitantes conservar la vida silvestre” y en el artículo 5o. menciona que “el objetivo de la política nacional en materia de vida silvestre y su hábitat es la conservación de estos mediante la protección y la exigencia de niveles óptimos para el aprovechamiento sustentable de modo que simultáneamente se logre mantener y promover la restauración de su diversidad e integridad...”, esto promueve a la conservación de la vida silvestre y concuerda con los objetivos que poseen las ANP’s.

En cuanto a la conservación de especies migratorias se considera el artículo 76, el cual menciona que la conservación de estas especies se llevará a cabo mediante la protección y mantenimiento de sus hábitats, el muestreo y seguimiento de sus poblaciones, así como el fortalecimiento y desarrollo de la cooperación internacional; de acuerdo con las disposiciones de esta Ley, de la LGEEPA y de las que de ellas se deriven, sin perjuicio de lo establecido en los tratados y otros acuerdos internacionales en los que México sea Parte Contratante.

### **d) Normas oficiales mexicanas**

Son los instrumentos que ayudan a la conservación de la biodiversidad de las ANP’s mediante el establecimiento de las categorías de riesgo de especies de flora y fauna silvestres como es el caso de la NOM-059-SEMARNAT-2010<sup>12</sup> o mediante los lineamientos para el aprovechamiento de los recursos de forma sustentable evitando mayores daños al equilibrio ecológico de los ecosistemas, un ejemplo de este tipo de lineamientos son los que se encuentran en la NOM-012-SEMARNAT-1996<sup>13</sup>.

- NOM-059-SEMARNAT-2010

---

<sup>12</sup> NOM-059-SEMARNAT-2010 Protección ambiental-especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-lista de especies de riesgo.

<sup>13</sup>NOM-012-SEMARNAT-1996 Que establece los procedimientos, criterios y especificaciones para realizar el aprovechamiento, transporte y almacenamiento de leña para uso doméstico.

Esta norma tiene por “objeto identificar las especies o poblaciones de flora y fauna silvestres en riesgo en la República Mexicana, mediante la integración de las listas correspondientes...es de observancia obligatoria en todo el Territorio Nacional, para las personas físicas o morales que promuevan la inclusión, exclusión o cambio de las especies o poblaciones silvestres en alguna de las categorías de riesgo, establecidas por esta Norma” (DOF, 2010).

Establece cuatro categorías de riesgo (probablemente extinta en el medio silvestre, en peligro de extinción, amenazada y sujeta a protección especial) para cada especie de flora y fauna correspondiente a sus listados.

Es importante considerar esta norma dentro de los reglamentos y programas de manejo de las Áreas Naturales Protegidas ya que se considera delito cualquier actividad ilegal con fines de tráfico, captura, posesión, transporte, acopio, introducción al país, extracción del país, de especies que se encuentran en los listados de dicha norma (Artículo 420 fracción IV del Código Penal Federal, citado de PROFEPA, 2010).

- NOM-012-SEMARNAT-1996

Esta norma tiene por objeto “establecer los procedimientos, criterios y especificaciones técnicas y administrativas para el aprovechamiento sostenible de leña de vegetación forestal para uso doméstico” (DOF, 1996). Se debe considerar al momento de elaborar programas de manejo de aquellas Áreas Naturales Protegidas en donde las comunidades dentro o en las cercanías del área, tienen actividades de aprovechamiento de la vegetación forestal.

#### **1.2.2.4. Áreas Destinadas Voluntariamente a la Conservación**

El área de estudio del presente trabajo, el Jardín Botánico El Charco del Ingenio, es un ADVC, por lo que es importante conocer las características que posee este tipo de ANP.

##### **a) Definición y características**

Las ADVC, para la LGEEPA (DOF, 1988) en su Artículo 55 BIS, son aquellas que pueden presentar cualquiera de las características biológicas y ecológicas similares a reservas de la biosfera, parques nacionales, monumentos naturales, áreas de protección de los recursos naturales, áreas de protección de flora y fauna, santuarios, parques y reservas estatales, o bien, similares a las zonas de conservación ecológica municipales y cuyos predios se considerarán como áreas productivas dedicadas a una función de interés público.

Aunque la incorporación a esta Ley fue hasta el 2008, las ADVC tienen sus inicios en el 2002 cuando se certificó por primera vez un área en esta modalidad con una superficie de 960.73 hectáreas (CONANP, 2017 b; March y Paniagua, 2016). Este mecanismo ha sido

bien aceptado por la sociedad civil por lo que actualmente existe un gran número de ADVC (CONANP, 2017 b).

El objetivo de las ADVC es incentivar la participación ciudadana en la coordinación de acciones de conservación, manejo o restauración de los predios destinados voluntariamente a la conservación mediante la expedición de los certificados por la SEMARNAT a través de la CONANP (CONANP, 2016). Tienen características como (CONANP, 2017 b):

- Tamaño indefinido de predio, es decir, no existe una superficie mínima o máxima para obtener un certificado de ADVC. Esto debido a que el interés y compromiso por parte de los propietarios es de mayor importancia.
- Son ANP's competencia de la Federación, por lo que adquieren los derechos y obligaciones que la Ley establece, con algunas excepciones por tener una naturaleza jurídica distinta a las ANP's decretadas.
- Los certificados otorgados pueden ser de utilidad para las gestiones realizadas ante instituciones gubernamentales o bien ONG's<sup>14</sup> para la obtención de recursos económicos, asesorías, programas como servicios ambientales y acceso a mercados verdes.
- La CONAFOR<sup>15</sup> puede otorgar puntos extra en su programa de servicios ambientales a los predios certificados.
- El plazo de certificación es mínimo es de 15 y máximo es de 99 años y el propietario puede elegir el plazo que considere necesario.

### **b) Superficie y distribución en México**

La CONANP tiene el registro de 388 áreas certificadas bajo esta modalidad con una superficie acumulada de 417, 562.27 hectáreas distribuidas en 20 estados de México (CONANP, 2017 a; CONANP, 2017 b) como se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 2.** *Número acumulado y superficie acumulada de Áreas Destinadas Voluntariamente a la Conservación por año.*

<b>Año de Certificación</b>	<b>No. de ADCV acumulada</b>	<b>Superficie acumulada (ha)</b>
2002	1	960.73
2003	2	1, 532.73
2004	7	22,752.73
2005	18	55, 740.42
2006	71	124,198.13
2007	154	178, 992.49
2008	165	191, 844.23
2009	179	231, 808.95
2010	234	267, 793.46
2011	292	319, 959.21

<sup>14</sup> Organizaciones No Gubernamentales.

<sup>15</sup> Comisión Nacional Forestal (México).

2012	327	362, 073.55
2013	346	383, 822.24
2014	367	404, 238.46
2016*	389	399, 474
2017**	388	417, 562.27

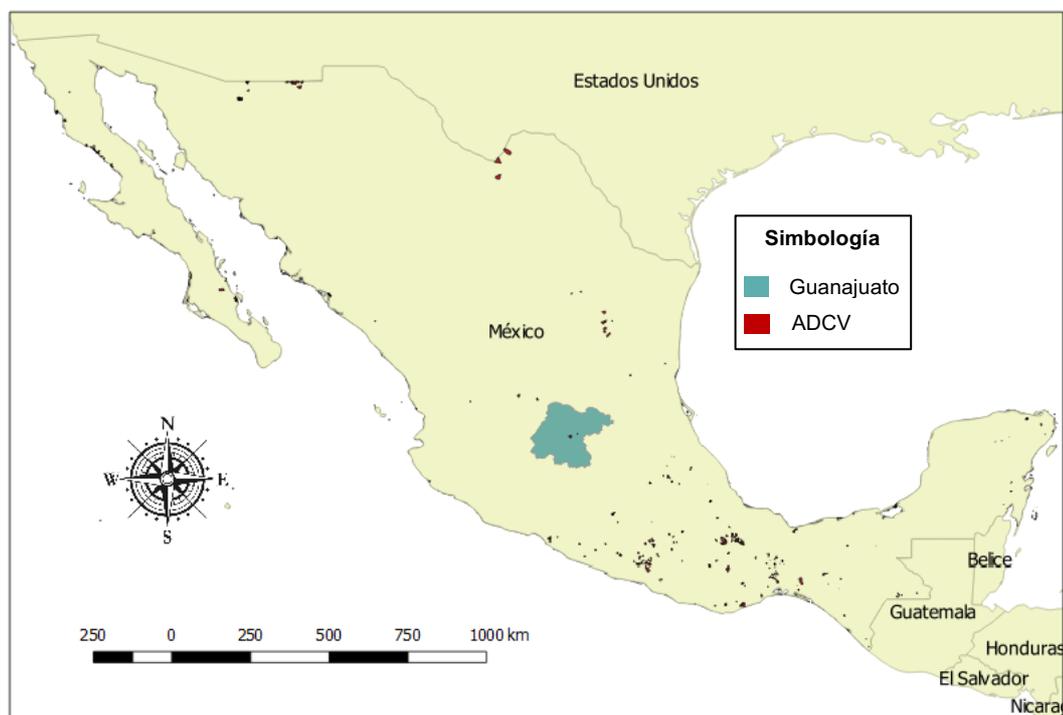
**Notas:**

Datos del 2002 al 2014, obtenidos de March y Paniagua (2016).

\*Datos obtenidos de SEMARNAT (2016).

\*\*Los datos son hasta noviembre de 2017 (CONANP, 2017 a).

En cuanto a la distribución, se observa una mayor cantidad de ADVC al sureste de México, principalmente en los estados de Oaxaca y Guerrero. En el Estado de Guanajuato, únicamente se tienen registradas dos ADVC: Santuario Cañada de la Virgen y el Jardín Botánico El Charco del Ingenio (CONANP 2017 b), siendo esta última el área de estudio del presente trabajo (Figura 1).



**Figura 1.** Distribución en México de Áreas Destinadas Voluntariamente a la Conservación.

**Nota.** Elaboración propia a partir de la capa de ADVC obtenida de CONANP (2017 b) y de capa de América obtenida de Porto (2015).

### 1.2.2.5. Problemáticas presentes en Áreas Naturales Protegidas

Las ANP's del país han sido afectadas por diversos factores como la explotación desmedida de los recursos naturales, contaminación, cambio de uso de suelo, introducción de especies exóticas, incendios, plagas, enfermedades forestales, entre otros (Arriola, Estrada, Ortega, Pérez y Gijón, 2014).

### **a) Pérdida de biodiversidad**

Para comenzar, el término biodiversidad o diversidad biológica se refiere a la variedad y abundancia de formas de vida, que pueden manifestarse como genes, individuos, poblaciones, especies y comunidades hasta ecosistemas y paisajes, incluyendo los procesos que se desarrollan entre estos niveles (Wilson, 1999; Primack, 2010, citado en Jiménez et al., 2014). La diversidad se distribuye de forma diferente en cada país, sin embargo, existe una crisis mundial causada por la fragmentación, presiones antropogénicas (Butchart et al., 2010; Hoffmann et al., 2010; Gibson et al., 2011; Laurence et al., 2012, citados en Pouzols, 2014) y eventos naturales; con todo esto, existe una creciente amenaza a la biodiversidad y, por ende, una continua desaparición de esta (Butchart, 2010).

En México, entre las consecuencias de la transformación y pérdida de los ecosistemas se puede mencionar la desaparición de al menos 127 especies de animales (58.2% endémicas), como el oso gris, la nutria marina, el carpintero imperial, el cisne trompetero, el cóndor de California, el caracara de Guadalupe, entre otras (Sarukhán et al., 2009).

En ecosistemas como pastizales y matorral xerófilo, el aprovechamiento de especies maderables como el mezquite, la cría extensiva de bovinos fueron algunos de los factores que se agravaron en el siglo XX; las consecuencia de esto fue el deterioro en la vegetación por la compactación y erosión del suelo, el sobrepastoreo y el subpastoreo; este último causa la muerte de gramíneas perennes por la acumulación de biomasa vieja no consumida que impide el paso de la luz a las yemas en crecimiento (Basurto y Hadley, 2006).

### **b) Fragmentación**

Los cambios de uso del suelo causan la disminución de extensión del hábitat, un marcado cambio en la configuración espacial del paisaje (Mendoza y Dirzo, 2009) y una afectación en gran medida a la capacidad de dispersión de las especies, dando lugar a procesos de fragmentación de las poblaciones y a problemas para su conservación (Múgica et al., 2002 citado de Sastre, de Lucio y Martínez, 2002).

La fragmentación implica una mayor exposición a la influencia antrópica, manifestándose en cambios en variables físicas (aumento en la temperatura, disminución de la humedad relativa), biológicas (exposición a nuevas especies depredadoras) y humanas (aumento en cacería y extracción de madera, frutos y hojas) (Mendoza y Dirzo, 2009).

### **c) Incendios**

Los incendios forestales son un importante factor de transformación ambiental para una gran variedad de ecosistemas presentes en el mundo (FAO, 2007; Biachi et al., 2014); causan impactos a escala regional, por ejemplo, la degradación de suelo, pérdida de

biodiversidad y daños a personas e infraestructura (Omi, 2005) y a escala global al afectar el equilibrio mundial de los gases efecto invernadero (Chuvienco, 2008).

El fuego es el resultado del proceso de combustión del tejido vegetal vivo (biomasa) o muerto (fitomasa) (Sullivan y Ball, 2012); por lo que algunas especies vegetales alteran el régimen del fuego, debido que son muy inflamables y poseen una gran capacidad de regeneración vegetativa. Se ha observado que la frecuencia e intensidad de fuego de muchos ecosistemas del continente americano ha incrementado por la introducción de gramíneas de origen africano que han invadido ecosistemas forestales (D'Antonio y Vitousek, 1992).

Cabe mencionar que, en algunas regiones, el régimen de fuego se encuentra relacionado a una marcada estacionalidad, por ejemplo, en la región chaqueña argentina, el régimen se caracteriza por iniciar en junio (comenzando la estación fría y seca) y finaliza en octubre (con la llegada de las primeras lluvias) (Bravo, Kunst y Giménez, 2001).

#### **d) Especies invasoras**

El ser humano ha promovido cambios en el tipo y en la distribución de especies a través de la introducción de especies exóticas. Estas introducciones, en una fase inicial, pueden aumentar la diversidad de especies en una determinada área o bien, cambiar las características físicas y biológicas desplazando a las especies nativas (Vila, 1998).

En lo referente a la introducción de especies determinadas especies vegetales tiene efectos negativos como: la alteración del régimen del fuego al aumentar la frecuencia e intensidad (D'Antonio y Vitousek, 1992, Hiremath y Sundaram, 2005), el desplazamiento de las especies nativas de flora y fauna por competencia directa, depredación, la transmisión de enfermedades, la modificación del hábitat, y la alteración de la estructura de los niveles tróficos y sus condiciones biofísicas (CONABIO, Aridamérica, GECI, TNC, 2006).

Por otra parte, en cuanto a efectos positivos, algunas especies pueden disminuir la perturbación y modificar la topografía debido a su capacidad de estabilizar suelos, retener los recursos edáficos y reducir la erosión; un ejemplo es la invasión de plantas suculentas *Carpobrotus spp.* (origen africano) en arenales de ecosistemas mediterráneos (Vilà, 1998).

Para México, el Sistema Nacional sobre Especies Invasoras de la CONABIO ha identificado de manera preliminar al menos a un total de 800 especies invasoras, que incluyen a 665 plantas, 77 peces, 10 anfibios y reptiles, 30 aves y 6 mamíferos (CONABIO, Aridamérica, GECI, TNC, 2006). Una de las principales especies invasoras que se presentan en el área de estudio es el pasto *Rhynchelytrum repens*, por lo que se mencionan algunas características a continuación.

#### **Especie vegetal invasora: *Rhynchelytrum repens* (s. *Melinis repens* (Willd.) Zizka)**

Las plantas invasoras exóticas son una amenaza para diversas especies; cuando se establecen, la composición florística de las comunidades de plantas nativas se simplifica,

representan una competencia y reemplazo de plantas nativas. Además, pueden causar una degradación del hábitat de aves y otras especies (Flanders, et al, 2006), y alteración del régimen del fuego que genera un ciclo beneficioso para la planta invasora (Brooks, 2004).

*Rhynchelytrum repens* es una especie identificada como invasora en el Jardín Botánico El Charco del Ingenio, (Meagher, 2007); es un pasto de origen africano conocido también como *Melinis repens* (Willd.) Zizka. Los nombres comunes utilizados para esta especie son: son hierba de la lana, pasto carretero y pasto rosado. Es una planta perenne y algunas veces es anual teniendo como hábitat la orilla de caminos, bordes y dentro de los terrenos de cultivo, huertos y como componente de la vegetación secundaria (con una distribución en pastizal, matorral xerófilo y bosque de encino). Se ha extendido a lo largo de las carreteras de México en los últimos años. Actualmente, está empezando a invadir vegetación natural, sobre todo matorrales xerófilos y se considera con un estatus migratorio de especie exótica en México (Vibrans, 2009).

Posee un amplio rango de tolerancia a temperaturas altas, periodos de vida cortos, rápido crecimiento, fácil dispersión y bancos de semillas persistentes (Zerebeckl y Sorte, 2011; Van Klunen, Schlaepfer, Glaetli y Fischer, 2011), gran capacidad de adaptación a condiciones adversas de humedad y pobreza de suelos, por lo que ha convertido a esta especie en una maleza invasora de áreas de cultivo, zonas áridas y semiáridas y áreas naturales protegidas (Díaz, et al., 2012; CONABIO, Aridamérica, GECI, TNC, 2006). Para la biodiversidad, es considerada como una de las especies invasoras prioritarias para México (CONABIO, Aridamérica, GECI, TNC, 2006)

En el Jardín Botánico, *R. repens* crece cubriendo la Cuesta Norte, brindando un estrato inferior a la flora leñosa y cactáceas arborescentes del matorral. A pesar de su preponderancia tiene competidores como *Bothriochloa barbinodis*, *Eragrostis mexicana*, *Microchloa kunthii* y *Nassella mucronata*, las cuales se desarrollan cerca de los bordes norte y sur del cañón y en donde disminuye el dominio de *R. repens*. Por el contrario, en las orillas del cañón y en zonas donde el terreno no se encuentra gravemente perturbado o demasiado húmedo, prolifera esta especie invasora sin competidores (Meagher, 2007).

Como una alternativa de control para plantas invasoras, ha sido utilizado el fuego, sin embargo, se ha observado, en algunos estudios, que el fuego presenta una oportunidad potencial para el establecimiento de *R. repens* debido a que tiende a crear más espacio abierto para su distribución (David y Menges, 2011). Por lo tanto, el uso de fuego para el control de esta especie debe ser considerado con cautela (Melgoza, Balandrán, González y Pinedo, 2014). Se tiene registro de que los medios mecánicos podrían ser una opción para disminuir la cobertura de esta especie (Possley y Maschinski, 2006).

Por otra parte, se ha observado que en muchos de las áreas donde se encuentra esta especie, el suelo está muy degradado por lo que su eliminación podría causar mayor erosión (Díaz, et al., 2012; Melgoza, 2014) por lo que hace falta más información sobre el impacto que causaría su erradicación en lugares con presencia de erosión.

Para las ANP's es altamente recomendable que se proceda de acuerdo con las problemáticas que se presentan en ellas evaluando los alcances y repercusiones de cada conflicto; y diseñando las estrategias específicas de atención y solución para estas (Arriola, et al., 2014).

### **1.3. Diagnóstico ambiental**

#### **1.3.1. Concepto de diagnóstico ambiental**

Para comprender el término diagnóstico ambiental, es fundamental conocer el significado que engloba cada una de las palabras que lo componen.

Comenzando por la palabra diagnóstico se tiene que etimológicamente proviene de Gnosis: conocer y dia: a través de, por lo que significa: Conocer a través de (Ruiz, 2007).

Desde un enfoque de una programación, Espinoza (1989) argumenta que el diagnóstico es el punto de partida para la formulación de un proyecto. Esta fase inicial consiste en reconocer el terreno, los signos reales de una problemática, por lo que se supone la elaboración de un inventario de necesidades y recursos.

Para una gestión de proyectos, Miranda (2005) señala que *“el diagnóstico hace parte del proceso de identificación del problema o necesidad, carencia u oportunidad”*.

Para Ruiz (2007), el diagnóstico es:

*Un proceso de conocimiento de la naturaleza, características, manifestaciones, relaciones, explicaciones, magnitud, trascendencia de una situación o un fenómeno de interés, para expresar un juicio fundamentado respecto a la situación encontrada frente a la situación ideal y orientar la intervención correspondiente.*

Ahora bien, al hablar de ambiente, como la segunda palabra que constituye el término, se puede encontrar diversos significados que dependen del área al cual se encuentran enfocados, sin embargo, poseen cierta similitud. En el caso de la lengua hispana se puede encontrar el término medio ambiente, cuya estructura representa un error semántico cometido al traducir Environment y que ha sido adoptado por la comunidad científica, gubernamental e institucional. Para efecto del presente trabajo se respetará el término que cada autor maneja siendo el significado de cada uno el tema de interés a tratar.

Ponce (2001) considera que, desde un punto de vista científico, el medio ambiente se constituye por componentes abióticos (agua, aire, suelo) y componentes bióticos (organismos vivos) en donde existen interrelaciones continuas entre ellos.

Barraza y Gómez (2005) mencionan que el medio ambiente se puede visualizar en tres enfoques: sistemático, social-natural y económico. En cuanto a la perspectiva sistemática, el término se puede comprender como una multiplicidad de componentes que conforman supra y subsistemas. En este sentido para el análisis del medio ambiente como un sistema, se identifican una serie de interacciones entre los supra y subsistemas y se establecen las delimitaciones de estos conforme a lo que se desea estudiar.

Mientras tanto, los elementos social y natural se consideran como una dualidad del concepto medioambiental en donde el aspecto social es constituido por las interacciones entre los individuos y el medio y el aspecto natural obedece a los recursos que suministra la naturaleza. En cuanto al aspecto económico el medio ambiente tiene funciones como proveedor de recursos renovables y no renovables, asimilador de desperdicios, dotador de servicios ambientales y soporte de proyectos; estas funciones toman un carácter económico debido a su relación con la provisión de bienes y servicios (ibídem).

Al conjuntar la definición de cada palabra, se podría entender el diagnóstico ambiental como aquel proceso mediante el cual se identifican las características, interacciones y necesidades de un sistema conformado por elementos sociales, naturales y económicos para orientar correctamente una intervención que mejore la situación del sistema.

Esto se tomaría como una definición general del término, sin embargo, se pueden encontrar otras que van dirigidas a determinadas áreas o niveles de organización como municipios, cuencas hidrográficas, ordenamientos ecológicos territoriales o áreas naturales protegidas.

Por ejemplo, la FEMP<sup>16</sup> (2002) en su Código de Buenas Prácticas Ambientales, menciona que un diagnóstico ambiental municipal es una herramienta que pretende ofrecer un primer panorama del estado medioambiental de un municipio teniendo como alcances los aspectos físicos (el total del territorio municipal visualizándolo como sistemas y flujos) y sociales (la implicación directa o indirecta de administraciones, actores económicos, sociales, ambientales internos y externos al municipio).

Para el ayuntamiento de Mairena de Alcor en España (2012), es un “análisis sistematizado y objetivo de la realidad medioambiental de un territorio, que permitirá obtener la imagen de su situación ambiental en el momento de su elaboración”.

En cuanto a la aplicación del concepto a un área protegida, se considera un método que permite la conservación de la biodiversidad que requiere una revisión de factores ambientales en tres fases. La primera fase es la evaluación del estatus de conservación de los hábitats, la segunda es la evaluación de la fragilidad del espacio forestal para identificar las áreas sensibles a acciones o planes y la tercera es la generación y análisis de escenarios potenciales para la gestión (Velázquez, Tejera, Hernando y Núñez, 2010).

---

<sup>16</sup>Federación Española de Municipios y Provincias.

También se puede considerar una evaluación con relación a la efectividad de una ANP; para ello se deben seleccionar correctamente los enfoques de análisis y métodos para establecer con veracidad si los objetivos últimos de la conservación se alcanzan o no (Íñiguez, et al., 2014).

### **1.3.2. Características y elementos constituyentes del diagnóstico ambiental**

#### **1.3.2.1. A nivel municipal**

Conforme a lo que el Código de Buenas Prácticas Ambientales de España (FEMP, 2002) establece, el proceso de diagnosis ambiental para un municipio tiene como objetivo el estudio y análisis de una serie de factores que agrupados cubren el conocimiento de la totalidad del territorio local.

Estos factores hacen referencia a distintas características del territorio y se clasifican en tres grupos (ibídem):

- Factores ambientales: incluye la descripción del entorno local en cuanto al paisaje, vegetación, fauna, planificación territorial, medio urbano, demografía, movilidad y transporte, agua, residuos, atmosfera, suelo, ruido y energía.
- Factores económicos: aquellos que proporcionan información para medir la sostenibilidad local como los índices de ocupación y las actividades económicas.
- Factores organizativos: son los que permitirán conocer la gestión local entorno al medio ambiente y el desarrollo sostenible, estos factores pueden ser los planes de emergencia y la estructura y organización administrativa competente en medio ambiente (FEMP, 2002).

#### **1.3.2.2. En áreas naturales protegidas**

Velázquez, et al. (2010) mencionan que el diagnóstico ambiental consta de tres fases si se requiere realizar en un área protegida:

**1. Evaluación del estatus de conservación de los hábitats.** En esta fase se consideran factores como las funciones vitales, la riqueza florística, la estructura forestal y la superficie del hábitat.

- Funciones vitales: Se considera el estado de salud del hábitat y la vitalidad de los espacios forestales, evaluada esta última por el porcentaje de defoliación. Al evaluar la defoliación, también se evalúan e identifican los agentes nocivos presentes y sus síntomas tales como insectos, hongos, daños antrópicos, fuego o contaminantes (Manzano, Sánchez, San Pedro y Torres, 2013). La evaluación de la vitalidad de los espacios no arbóreos es por medio de lo establecido por la Comisión Europea (Velázquez, et al., 2010). La Comisión sugiere algunos factores de estructura y función a considerar en la evaluación de hábitats como el matorral y pastizales; estas pueden ser signos de fuego, frecuencia de fuego, tamaño y

distancia entre parches, especies que no son naturales en el hábitat, entre otros (ETC-BD, 2011).

- Riqueza forestal: considera el porcentaje de especies características o representativas del hábitat (Velázquez, et al., 2010).
- Estructura forestal: en hábitats arbóreos, una estructura irregular con tres o más clases de edad se considera más cercano a su estado natural, por lo que posee un excelente estado de conservación. Para ecosistemas no arbóreos, se sugiere considerar lo establecido en los lineamientos de la Comisión Europea (ibídem) como los mencionados anteriormente.
- Superficie del hábitat: considera el porcentaje del área del hábitat en el paisaje a una escala local o regional (ibídem).

**2. Evaluación de la fragilidad del espacio forestal para identificar las áreas sensibles a acciones o planes.** La fragilidad se considera como una característica intrínseca que representa el grado de sensibilidad de los hábitats a cambios ambientales y factores externos. Los parámetros evaluados en esta etapa son el peligro de la ocurrencia de incendios, erosión, fragilidad de la vegetación y capacidad de recuperación. En cuanto a la evaluación de la fragilidad de la vegetación, se puede considerar la aproximación que posee al estado clímax y la influencia antrópica (considerando que las formaciones creadas por la reforestación son más frágiles que las naturales) (ibídem).

**3. Generación y análisis de escenarios potenciales a la gestión y aplicación de medidas de recuperación y conservación de su biodiversidad.** En esta última fase se dividen las áreas en condiciones favorables y en condiciones desfavorables, priorizando las que necesiten la implementación de acciones de manera urgente (ibídem).

Si se considera una evaluación de la efectividad de un ANP, el enfoque del análisis se puede centrar en los insumos que se aplican (como los recursos materiales, humanos y financieros para lograr los objetivos establecidos), en los procesos que se desarrollan ( los instrumentos de planeación y gestión utilizados, cómo se implementan las decisiones de manejo o como se aplica el presupuesto del ANP) o bien en las salidas obtenidas (reducción de hectáreas incendiadas o el incremento de la población de alguna especie indicadora) (Íñiguez, et al., 2014).

Una vez definido el enfoque, el método de evaluación consiste en seleccionar los indicadores y la forma de medirlos, los cuales pueden provenir de criterios generales impuestos por el cuerpo directivo o del personal del ANP. Si los criterios provienen del cuerpo directivo, los indicadores serán genéricos, pero aplicables en todas las áreas; si provienen del personal, los indicadores se establecerán en función de las particularidades del área, de las percepciones y de las actividades del personal atendiendo a la problemática específica del ANP (ibídem).

### **1.3.2.3. En ordenamientos ecológicos territoriales**

En el ordenamiento ecológico territorial realizado en el estado de Hidalgo para el Parque Nacional de los Mármoles se considera un diagnóstico natural que toma en cuenta lo siguiente:

1. Áreas prioritarias para protección, conservación, restauración y mantenimiento de los bienes y servicios ambientales.
2. Aptitud territorial para cada una de las actividades productivas y para los asentamientos humanos.
3. Identificación de conflictos territoriales por el uso competitivo de los recursos; la divergencia de intereses o por impacto.

Cabe destacar que en este ordenamiento el diagnóstico ambiental no integra el factor social o económico, sino que la evaluación de estos lo toma como un diagnóstico aparte (Randell, 2008).

### **1.3.3. Casos de estudio**

El diagnóstico ambiental puede ser aplicado en diferentes niveles de organización y las variables a evaluar dependerán del objetivo, los recursos disponibles y el tiempo para su realización. Se puede encontrar este tipo de estudios aplicados a una localidad, una región, un Estado o bien a un ANP.

La FEMP (2002) establece que el diagnóstico tiene como objetivo el estudio y análisis de una serie de factores que agrupados cubren el conocimiento de la totalidad del territorio local. Estos factores hacen referencia a distintas características del territorio y se clasifican en tres grupos: factores ambientales (incluye la descripción del entorno local en cuanto al paisaje, vegetación, fauna, planificación territorial, medio urbano, demografía, movilidad y transporte, agua, residuos, atmósfera, suelo, ruido y energía), factores económicos (aquellos que proporcionan información para medir la sostenibilidad local como los índices de ocupación y las actividades económicas) y factores organizativos (los que permitirán conocer la gestión local entorno al medio ambiente y el desarrollo sostenible, como los planes de emergencia y la organización administrativa competente en medio ambiente).

El ayuntamiento de Mairena de Alcor en España (2012) considera que el diagnóstico ambiental permite desarrollar ideas y medidas concretas con el objetivo de alcanzar un desarrollo equilibrado y sostenible de los municipios y se encuentra conformado por un diagnóstico técnico en donde se evalúan los factores ambientales, sociales y económicos y un diagnóstico social apoyado en encuestas y opiniones de los ciudadanos.

De los trabajos realizados en México, se tiene la elaboración de un diagnóstico biofísico y socioeconómico de la Cuenca Lerma-Chapala que se realizó para comprender los procesos que ocurren en la cuenca mediante el estudio de las interrelaciones que se dan entre todos los elementos del paisaje, así como las formas en las cuales la población se organizó para

apropiarse de los recursos naturales (INE, 2003). Se observa que en dichos diagnósticos se toman en cuenta los elementos constituyentes de un Diagnóstico Ambiental, aunque no de denomine como tal.

Otro trabajo realizado en el país, es el Ordenamiento Ecológico Territorial Regional en los municipios donde se ubica el Parque Nacional Los Mármoles en Hidalgo, en donde se considera el Diagnóstico Ambiental como parte de este, y se menciona que el Instituto Nacional de Ecología (INE) <sup>17</sup> define el objetivo general del Diagnóstico como “la acción de identificar las relaciones y los procesos que determinan la existencia de conflictos territoriales en el municipio, que justifican la definición de áreas para la protección y la conservación, y que identifican simultáneamente áreas con aptitud para el desarrollo de actividades humanas” (Randell, 2008).

Se puede observar que existen diferentes variables a considerar en un diagnóstico ambiental; dependiendo del objetivo de trabajo y los recursos disponibles la metodología se adaptará.

## **1.4. Indicadores**

### **1.4.1. Conceptos**

Al definir lo que es un indicador, se consideran diversas perspectivas de varios autores, para algunos es una observación, un instrumento y para otros puede ser una variable, conjunto de variables o una representación. A continuación, se observan algunas de las definiciones que se han establecido.

Hugo Zemelman (1989) menciona que, para hacer un diagnóstico, la utilización de indicadores debe enfocarse a organizar y rescatar lo específico de cada situación concreta, encontrando indicadores que, además de representar cierto orden de magnitud, puedan dar a conocer una situación total.

Un indicador es una pieza de información la cual es parte de un proceso específico de gestión y puede ser comparado con los objetivos de dicho proceso (Bakkes et. al, 1994).

Conforme a lo que describe Gallopín (1997) los indicadores son variables (no valores) que agregan, o de otra manera, simplifican información relevante, hacen visible o perceptible fenómenos de interés, y cuantifican, miden y comunican dicha información. Pueden adoptar distintos valores o estados, por lo que a algunos de esos valores se les puede dar un significado especial a partir de ciertos juicios de valor y se convierten así, en umbrales, estándares, normas, metas o valores de referencia.

---

<sup>17</sup> Actualmente Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC).

Quintero (1998), expresa que los indicadores son criterios para valorar, analizar y evaluar el comportamiento de variables, en otras palabras, las características, componentes, factores y elementos que son razón de estudio, planificando y tomando decisiones a partir de éstos.

Y finalmente Waas y cols. (2014) definen un indicador como:

*“La representación operativa de un atributo (calidad, característica, propiedad) de un sistema dado, por una variable cuantitativa o cualitativa (por ejemplo, números, gráficos, colores, símbolos) (o función de variables), incluyendo su valor, en relación con un valor de referencia”.*

Muchos indicadores son construidos utilizando la información disponible y considerando los costos que implica la obtención de dicha información (Gallopín, 1997) y a menudo resultan de procesar series estadísticas en formas de agregación, proporción, tasas de crecimiento (entre otras), para poder mostrar el estado, la evolución y las tendencias de un fenómeno o conjuntos de dinámicas los cuales se interesan monitorear y que requieren de algún tipo de intervención por parte de los usuarios, que son los tomadores de decisiones, autoridades, ciudadanía y líderes de opinión (Quiroga, 2009).

Como funciones principales de los indicadores se señalan las siguientes (Tunstall, 1992, 1994, citado por Gallopín, 1997):

- Evaluar condiciones y tendencias en relación con objetivos y metas establecidos.
- Comparar lugares y situaciones.
- Proporcionar información para una alerta temprana.
- Anticipar las condiciones y tendencias futuras.

#### **1.4.2. Características**

Algunas características de los indicadores son:

- Pueden ser expresados en términos de una sola variable o de relaciones simples o complejas entre ellas (Min Ambiente, 2002 citado por Suárez, 2003).
- Pueden tener un carácter cualitativo y cuantitativo, siendo los cualitativos de gran utilidad cuando no se cuenta con información disponible, cuando el atributo de interés no es cuantificable o cuando obtener la información de forma cuantitativa resulta ser costoso. Las características que pueden ser cualitativas son las que pertenecen a los sistemas sociales, culturales o políticos (Min Ambiente, 2002 citado por Suárez, 2003; Gallopín, 1997).
- Varían su valor o nivel en el tiempo y en el espacio, estas variaciones son las que brindan información importante sobre un fenómeno por lo que se requiere más de un punto de observación en el tiempo o en el espacio para ser de utilidad y mostrar la trayectoria de dicho fenómeno (Quiroga, 2009).
- Deben ser respaldados por metadatos, hojas metodológicas o fichas técnicas (ibídem).

- Se presentan frecuentemente en forma contextualizada, señalando al usuario que muestra el indicador, la importancia y las implicaciones que posee y se pueden publicar como Sistemas de indicadores (ibídem).
- En cuanto a la expresión de datos, pueden ser expresados en términos absolutos en que se realiza la medición, estos pueden servir a una multiplicidad de propósitos y ser utilizados para construir indicadores específicos aplicables a diversas áreas de interés (CEPAL, 2004).
- También se pueden expresar en términos relativos, los cuales se asocian a la especificidad de los usos a que se destina cada indicador aplicando procedimientos de normalización. Esto facilita el análisis, la legibilidad, la comparación y concentración (ibídem).

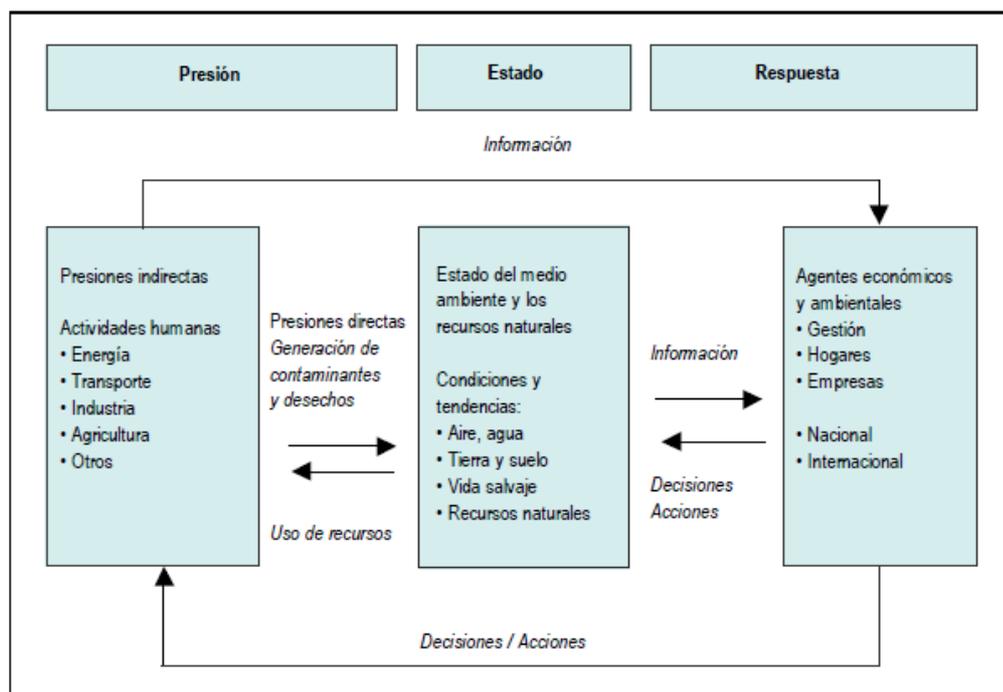
### 1.4.3. Modelo Presión-Estado-Respuesta

Un modelo permite identificar los aspectos que intervienen en un fenómeno o sistema determinado y con ello seleccionar los indicadores adecuados para el análisis y evaluación de dicho fenómeno. Uno de los modelos que se utilizan con este propósito es el de Presión-Estado-Respuesta (PER). Este modelo fue diseñado originalmente por Statistics Canadá en 1979 y fue retomado y adaptado por las Naciones Unidas para la elaboración de manuales sobre estadísticas ambientales. Así mismo, también fue modificado por la OCDE<sup>18</sup> definiendo en 1993 un grupo primordial de indicadores ambientales para la evaluación del desempeño ambiental (INEGI, 2000).

El modelo PER es una herramienta analítica que trata de clasificar la información sobre los recursos naturales y ambientales y sus relaciones con las actividades socioeconómicas. Este esquema se basa en que las actividades humanas ejercen presión (**P**) de una manera directa e indirecta sobre el ambiente, afectando su calidad y cantidad, es decir el estado de recursos naturales (**E**), por lo que la sociedad responde (**R**) a estas presiones adoptando políticas ambientales, económicas y sectoriales, tomando conciencia de las acciones llevadas a cabo (Figura 2). Una de las ventajas que presenta, es que permite a los tomadores de decisiones visualizar las relaciones que existen entre las acciones ambientales que se lleven a cabo y sus impactos, entre economía y ambiente y entre sociedad y ambiente (Polanco, 2006).

---

<sup>18</sup> Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico.



**Figura 2.** Modelo Presión- Estado- Respuesta

**Nota.** Fuente: INEGI (2000), obtenido de OECD, Towards Sustainable Development: Environmental Indicators, OCDE, Paris, 1998.

Dependiendo del propósito que se le asigne, el modelo PER puede ser ajustado para dar una mayor precisión o características más específicas (INEGI, 2000). En este marco, la OCDE establece tres categorías básicas de indicadores basadas en el modelo (Mulder, 2007):

- Indicadores de presión: Aquellos que crean algún tipo de presión sobre los sistemas naturales y que provienen de las actividades humanas, por ejemplo, las emisiones de gases efecto invernadero, la cantidad de residuos generada, la superficie de deforestación, etc.
- Indicadores de Estado: Los que señalan los cambios en la cantidad de los recursos naturales en un determinado tiempo. Algunos ejemplos son: temperatura, especies amenazadas, oxígeno disuelto en el agua, entre otros.
- Indicadores de Respuesta: Se refieren a las políticas o acciones implementadas en respuesta a cambios detectados en el sistema natural, tales como los programas de manejo, las tasas de reciclado, etc.

#### 1.4.4. Implementación de indicadores

La importancia de los indicadores radica en que son un eje central para lograr la efectividad en la toma de decisiones y una gestión adaptativa. Pueden ser utilizados para evaluar el progreso y el éxito de las políticas, conformar un sistema de alerta temprana para detectar

problemas emergentes y para promover la sensibilización y comprensión sobre un problema determinado.

Por sí solos brindan una escasa información de los problemas; por lo que se requiere un análisis y una interpretación de lo que indican para tomar decisiones relativas a objetivos y acciones de gestión (Alianza sobre Indicadores de Biodiversidad, 2011).

En el presente estudio se utilizaron indicadores de diversidad, de índice de riesgo de incendio y calidad del agua, por lo que a continuación se describe en que consiste cada uno.

#### **1.4.4.1. Índices de biodiversidad**

En cada unidad geográfica, en cada paisaje se encuentra un número variable de comunidades por lo que, para comprender los cambios de diversidad con respecto a la estructura del paisaje, puede ser de utilidad la evaluación de especies en tres niveles: alfa, beta y gamma (Whittaker, 1972). “La diversidad alfa es la riqueza de especies en una comunidad particular a la que consideramos homogénea, la diversidad beta es el grado de cambio o reemplazo en la composición de especies entre diferentes comunidades de un paisaje, es decir la diversidad entre ecosistemas y la diversidad gamma es la riqueza de especies del conjunto de comunidades o ecosistemas que integran un paisaje resultante tanto de las diversidades alfa como beta” (Whittaker, 1972).

Existen distintos métodos o índices para medir la diversidad alfa, beta y gamma. Los correspondientes a la diversidad alfa se basan en (Moreno, 2001):

- La cuantificación del número de especies presentes midiendo la riqueza específica mediante índices (riqueza de especies, Margalef, Menhinick), rarefacción, funciones de acumulación o métodos no paramétricos.
- La distribución proporcional del valor de importancia de cada especie mediante la aplicación de modelos paramétricos, modelos no paramétricos o índices de abundancia proporcional (índices de dominancia o de equidad).

Debido al contexto del presente trabajo, se describirán únicamente algunos correspondientes a la diversidad alfa.

##### **a) Riqueza específica de especies (S)**

Es la forma más sencilla de medir la biodiversidad por la facilidad en la adquisición de datos y análisis con respecto a otros métodos (Lande, 1996). Consiste en contabilizar el número total de especies obtenido por un censo de la comunidad o muestra a estudiar (Peet, 1974; Lande, 1996; Moreno 2001).

##### **b) Índices de abundancia proporcional**

Se dividen en dos tipos, conforme a la clasificación realizada por Peet (1974):

- Índices de dominancia

Consideran la representatividad de las especies con mayor valor de importancia y el número total de especies en la comunidad, es decir combinan los conceptos de riqueza y equidad (Peet, 1974; Moreno 2001).

Uno de estos índices es el de Simpson ( $\lambda$ ), el cual representa la probabilidad de que dos individuos seleccionados al azar de una comunidad o muestra, pertenezcan a la misma especie (Simpson, 1949; Moreno, 2001); por lo que pondera altamente a las especies más abundantes, mientras es menos sensible a la riqueza de especies. Además, se puede observar que cuando sus valores aumentan, la diversidad disminuye (Magurran, 2004).

Como su valor es inverso a la equidad, la diversidad puede calcularse como  $1 - \lambda$ , es decir, el inverso de Simpson (Lande, 1996; Moreno, 2001; Magurran, 2004). Este indicador representa la probabilidad de que dos individuos elegidos de una muestra sean de especies diferentes (Lande, 1996). A mayores valores de  $1 - \lambda$ , menor dominancia de una especie un grupo de especies (Zarco et al., 2010).

- Índices de equidad

Se basan principalmente en el concepto de equidad y toman en cuenta el valor de importancia de cada especie (Peet, 1974). Uno de estos índices es Shannon ( $H'$ ) el cual mide el grado promedio de incertidumbre para predecir a que especie pertenecerá un individuo seleccionado al azar tomado de una muestra (Peet, 1974; Magurran, 1988; Zarco et al., 2010).

Existe una mayor diversidad de especies a mayor valor de  $H'$  (Zarco, et al., 2010). Los valores caen usualmente entre 1.5 y 3.5; raramente sobrepasa el valor de 4 (Magurran, 2004).

Cabe mencionar que al utilizar un índice de diversidad que cumple con los supuestos del modelo correspondiente y su variación llegara a reflejar cambios en la riqueza o estructura de la comunidad, su interpretación sería difícil por sí mismo; por lo que es recomendable presentar no sólo valores de algún índice sino también de riqueza para que estos parámetros sean complementarios al momento de describir la diversidad (Moreno, 2001).

Existen varios estudios en donde son calculados la riqueza, la densidad, la abundancia relativa, los índices de Shannon, Simpson o inverso de Simpson, entre otros. Para el presente trabajo resaltan los estudios realizados en México sobre matorrales xerófilos o similares como, por ejemplo:

- Regeneración natural del matorral espinoso tamaulipeco en una plantación de *Eucalyptus spp*

Estudio que consistió en evaluar la regeneración natural de un matorral espinoso tamaulipeco en plantaciones de *Eucalyptus globulus* y *camaldulensis*, 27 años después de su establecimiento. Las especies naturales que sobresalen en el área de

estudio fueron: *Acacia amantacea* DC., *A. farnesiana* (L.) Wild., *Prosopis glandulosa* Torr., entre otras.

Se analizaron únicamente especies leñosas con diámetro basal  $\geq 0.5$ cm, en temporada de lluvias, teniendo como resultado (entre otros parámetros calculados), una riqueza específica de 31 especies y un índice de Shannon de 2.13 (Martínez, et al., 2014).

- *Estructura y composición florística del matorral desértico rosetófilo del noreste de México*

En este trabajo se estimó la diversidad de la vegetación de un matorral desértico rosetófilo del noreste de México, en Nuevo León. La comunidad del área de estudio lo conforman arbustos espinosos con hojas en forma de roseta y cactáceas. El estudio se llevó a cabo en el verano de 2012, evaluando la diversidad de la vegetación de plantas suculentas, arbustivas y arbóreas con diámetros basales  $\geq 0.5$ cm, mediante el índice de Margalef, riqueza específica y Shannon. Los resultados arrojaron que la familia con más especies fue *Cactaceae*, con 16, y el género mejor representado fue *Opuntia* con cuatro especies; la riqueza específica fue de 35 especies y se obtuvo un índice de Shannon de 3.13 (Mata et al., 2015).

- *Composición florística y caracterización estructural del matorral desértico micrófilo en Galeana, Nuevo León*

El estudio se realizó en un área de 11 988 ha de matorral desértico micrófilo ubicado en el municipio de Galeana del estado de Nuevo León, de marzo a diciembre de 2015. Se estimó la riqueza de especies mediante el índice de Margalef (DMg), índice de Shannon ( $H'$ ), índice de Simpson (D) y el índice de Equitatividad de Shannon Wiener (E). Se establecieron 16 unidades de muestreo en donde se midieron todas las formas vegetales (árboles, arbustos y herbáceas).

Para las unidades de muestreo del sitio Llano La soledad se estimaron valores de 19-20 en riqueza de especies, 2-2.25 del índice de Shannon y de 0.81-0.84 para el índice de Simpson en las áreas con disturbio, mientras que en las áreas sin disturbio se obtuvo valores de 12- 20 en riqueza de especies,  $H'$ =1.91-2.03 y D= 0.64 a 0.82 respectivamente. Para el sitio La Hediondilla se registraron valores de 23-35 en riqueza de especies,  $H'$ = 2.21-2.64 y D= 0.81-0.88 en las áreas con disturbio, mientras que en las áreas sin disturbio se presentó una riqueza de 11- 23 especies,  $H'$ = 1.16 -2.41 y D= 0.57-0.88. En esta área se presenta un pequeño número de especies abundantes, además de una clara dominancia de tres taxa del estrato arbustivo y herbáceo (González, Foroughbakhch, Rocha, Guzmán y González, 2016).

Como se ha podido ver, la ventaja de la utilización de índices es que se puede resumir gran cantidad de información en un solo valor, permitiendo realizar comparaciones rápidas con una comprobación estadística entre la diversidad de distintos hábitats o la diversidad de un mismo hábitat a través del tiempo (Moreno, 2001).

#### 1.4.4.2. Índice de riesgo de incendio

La evaluación del riesgo de incendio es una parte importante para la prevención del fuego. Los sistemas tradicionales de peligro de incendio se basan en índices meteorológicos, que consideran variables que rutinariamente miden las estaciones meteorológicas; sin embargo, también se deben tomar en cuenta aspectos humanos, cargas de combustible, humedad y otras variables de interés (Chuvieco et al., 2010).

Una evaluación de las condiciones de riesgo de incendio debe considerar dos factores de riesgo: el peligro o probabilidad de que ocurra un incendio en un lugar y momento determinados (ignición o propagación potencial) y la vulnerabilidad, es decir, el daño potencial que el fuego causaría en ese lugar (ibídem). El peligro integrado de incendios es el producto de la ignición y la propagación. La ignición considera los aspectos físicos y humanos que dan inicio al fuego y como fuente se considera las condiciones hídricas del combustible, tanto vivo como muerto. La propagación, se asocia al potencial de dispersión como resultado de la humedad y las propiedades estructurales del combustible (biomasa, continuidad horizontal y vertical, densidad, etc.), el terreno favorable y las condiciones meteorológicas (como la velocidad del viento) (Chuvieco, 2009; Chuvieco et al., 2010).

El proceso de ignición, combustión y el posterior comportamiento del fuego, se encuentra asociado al contenido de humedad (CH) y la inflamabilidad de los combustibles (Agee et al., 2002). El CH se expresa como “un porcentaje del peso de la materia seca del combustible” (Canadian Interagency Forest Fire Centre, 2002) y determina la proporción de los combustibles disponibles para la combustión y si estos acelerarán o retardarán el avance del fuego (Agee et al., 2002); cuando disminuye, la intensidad del fuego, su velocidad de propagación y las dificultades en su manejo, aumentan (Pellizzaro et al., 2007). Por lo anterior, el CH se considera como un indicador del peligro de ocurrencia de un incendio y su cálculo (empleando peso seco) implica que algunas especies y órganos pueden presentar  $CH \geq 100\%$  (Countryman y Dean, 1979). Si el CH es igual a 100%, significa que por 1 gr de peso seco hay un equivalente de 1 gr de agua (Agee et al., 2002).

Para combustibles vivos, esta variable depende de procesos fisiológicos (Wittich, 2011), mientras que para los combustibles muertos<sup>19</sup> depende de las leyes físicas universales que regulan el intercambio entre el combustible y el ambiente alrededor (Bianchi et al., 2014). En combustibles muertos, los que son finos se encienden más rápidamente que los de mayor

---

<sup>19</sup> Se considera combustible muerto si ha perdido su capacidad fisiológica para realizar fotosíntesis y/o transportar o almacenar sustancias; o bien, si su contenido de humedad es menor al 30 % (Bianchi et al., 2014)

diámetro y están relacionados directamente con la ignición y propagación inicial del fuego (Rothermel, 1972). Los combustibles muertos medianos y gruesos influyen en la intensidad de la línea de fuego, en el tiempo de residencia de las llamas en un punto, y en la severidad o impactos del fuego, fundamentalmente en el suelo (Ryan, 2002).

El CH es clave, para combustibles vivos, en la probabilidad de que un fuego de superficie se traslade a las copas de los árboles o arbustos y en su posterior propagación (Van Wagner, 1977; Agee et al., 2002).

En los pastizales se considera clave el porcentaje de material que se encuentra vivo o muerto ya que esto define la carga de combustible disponible (Fire y Emergency Services Authority of Western Australia, 2008; Cheney y Sullivan 2008). En pastizales como en el mantillo de arbustos y bosques, el CH de los combustibles muertos es decisivo en la ignición y propagación del fuego (Aguado et al., 2007).

#### **1.4.4.3. Indicadores de calidad del agua**

Una de las herramientas para evaluar la calidad del agua es el índice de calidad del agua (ICA). Este índice se calcula a partir de una ponderación de 18 parámetros fisicoquímicos tales como la demanda bioquímica de oxígeno, oxígeno disuelto, coliformes fecales, fosfatos, pH, entre otros. La utilización de este índice y la selección de los parámetros fisicoquímicos a evaluar dependerá de los objetivos a lograr, el tipo de sistema acuático, el tiempo y los recursos disponibles con que se cuente para realizar un monitoreo (Sánchez et al., 2007). Cada parámetro es un indicador de calidad por lo que brindan una visión cuantitativa del cuerpo de agua a evaluar mediante umbrales establecidos por uso o tipo de cuerpo de agua (Tabla 3).

**Tabla 3.** Umbrales e importancia de parámetros fisicoquímicos y biológicos de calidad del agua.

Parámetro	Referencia	Uso o aplicación	Umbral		Importancia	Relación con
			Límites	Criterio		
<b>Características fisicoquímicas</b>						
<b>Oxígeno disuelto</b>	Sánchez, et al., 2007.	Vida acuática	Menor a 5 mg/L o ppm	Riesgo	De las principales características para definir la salud del ecosistema (APHA,1995). Vital para organismos que viven en el agua.	
			Menor a 2 mg/L	Mortalidad de peces e invertebrados, indica un cuerpo de agua con virtual anoxia.		Crecimiento descontrolado de algas y plantas acuáticas, a mayor concentración de materia orgánica- menor oxígeno.
<b>Temperatura</b>	Sánchez, et al., 2007.		No establecido		Afecta procesos biológicos, fisicoquímicos y nutrientes. Afecta la solubilidad de elementos como el oxígeno.	A mayor temperatura- menor solubilidad del oxígeno.
	NOM-001-SEMARNAT-1996	Descargas en humedales naturales	40 ° C	Promedio mensual y diario		
<b>DQO</b>	Sánchez, et al., 2007.	Calidad del agua	Menor o igual a 10 mg/L	Excelente. No contaminada	Se utiliza para medir la cantidad total de contaminantes orgánicos en aguas residuales (CNA,2005).	
			Mayor a 10mg/L y menor o igual a 20mg/L	Buena calidad		
			Mayor a 20mg/L y menor o igual a 40mg/L	Aceptable, con indicio de contaminación		
			Mayor a 40 y menor o igual a 200mg/L	Contaminada con descargas de AR municipales		
			Mayor a200 mg/L	Fuertemente contaminada con descargas de AR municipales y no municipales		
<b>DBO</b>	Sánchez, et al., 2007.	Calidad del agua	Menor o igual a 3mg/L	Excelente. No contaminada	Para determinar contaminación de aguas	A mayor DBO- menor oxígeno disuelto

Parámetro	Referencia	Uso o aplicación	Umbral		Importancia	Relación con
			Límites	Criterio		
			Mayor a 3 mg/L y menor o igual a 6 mg/L	Buena calidad		
			Mayor a 6 mg/L y menor o igual a 30 mg/L	Aceptable, con indicio de contaminación		
			Mayor a 30 y menor o igual a 120 mg/L	Contaminada con descargas de AR municipales		
			Mayor a 120 mg/L	Fuertemente contaminada con descargas de AR municipales y no municipales		
	NOM-001-SEMARNAT-1996	Descargas en humedales naturales	75	Límite máximo permisible (LMP) para descargas de aguas residuales vertidas a aguas y bienes nacionales. Promedio mensual (PM)		
			150	LMP para descargas de aguas residuales vertidas a aguas y bienes nacionales. Promedio diario (PD).		
pH	Sánchez, et al., 2007.	Vida acuática	6 a 9	Protección a peces de agua dulce e invertebrados que habitan en el fondo. <i>Intervalo de concentración normal.</i>	Puede determinar efectos tóxicos de sustancias como hierro, amoniaco, aluminio, entre otros	En bosques de manglar existen pH bajos. Con presencia de Sustancias tóxicas industriales-disminuye pH. En áreas anóxicas lagunas - existen pH bajos La descomposición de materia orgánica y liberación de ácidos-causan pH menores a 7.
	De la Lanza, 2002		6.5 a 9	Intervalo de concentración normal.		
Sólidos totales disueltos	Sánchez, et al., 2007.		No establecido			A mayor conductividad eléctrica-mayor cantidad de sales disueltas en el agua

Parámetro	Referencia	Uso o aplicación	Umbral		Importancia	Relación con
			Límites	Criterio		
<b>Sólidos sedimentables</b>	NOM-001-SEMARNAT-1996	Descargas en humedales naturales	1 ml/L	LMP para descargas de aguas residuales vertidas a aguas y bienes nacionales (PM).		
			2 ml/L	LMP para descargas de aguas residuales vertidas a aguas y bienes nacionales. Promedio diario (PD).		
<b>Conductividad eléctrica</b>	Sánchez, et al., 2007.		No establecido			Aumento de conductividad de 2 a 3% por cada grado Celsius de incremento
<b>Turbidez</b>	Sánchez, et al., 2007.		Unidad: NTU			La turbidez aumenta con partículas en suspensión, algas, erosión en orillas. Actividad de bentívoros que resuspenden los sedimentos. A mayor turbidez-Menor actividad fotosintética y menor oxígeno disuelto
<b>Transparencia</b>	Sánchez, et al., 2007.		No establecido	Se mide con disco Secchi.		
<b>Alcalinidad</b>	Sánchez, et al., 2007.		Unidad: mg CaCO <sub>3</sub> /L		Importante medir para determinar la capacidad del agua de neutralizarlos contaminantes ácidos provenientes de la lluvia o de los desechos municipales e industriales.	
<b>Nitrato</b>	Sánchez, et al., 2007.	Vida acuática	90 mg/L	Muerte de peces.		Las reacciones de nitratos en agua dulce pueden causar agotamiento de oxígeno.
			<0.01 a 5 µg-at/L de Nitratos más nitritos	Concentración normal en sistema costero.		
<b>Nitrógeno total</b>	NOM-001-SEMARNAT-1996	Descargas en humedales naturales	No es aplicable			
<b>Fosfato (ortofosfatos)</b>	Sánchez, et al., 2007.		<0.01 a 5.0 µg-at/L	Valores normales de ortofosfatos (fosfatos inorgánicos)	Importante ya que estimula el crecimiento del plancton y plantas acuáticas que sirven como alimento o que pueden provocar eutrofización.	

Parámetro	Referencia	Uso o aplicación	Umbral		Importancia	Relación con
			Límites	Criterio		
	De la Lanza, 2002		Valor >0.5 mg/L	Considerando que los valores menores a 0.5mg/L son normales para lagos y embalses.		
<b>Fósforo total</b>	NOM-001-SEMARNAT-1996	Descargas en humedales naturales	No es aplicable			
<b>Grasas y aceites</b>	NOM-001-SEMARNAT-1996	Descargas en humedales naturales	15	LMP para descargas de aguas residuales vertidas a aguas y bienes nacionales (PM).		
			25	LMP para descargas de aguas residuales vertidas a aguas y bienes nacionales. Promedio diario (PD)		
<b>Características biológicas</b>						
<b>Clorofila a</b>	Sánchez, et al., 2007.		No establecido		Sirve para medir la potencialidad productiva del sistema y como indicativo de eutrofización	
<b>Coliformes fecales</b>	NOM-001-SEMARNAT-1996	Uso en riego agrícola	1 NMP	LMP para descargas de aguas residuales vertidas a aguas y bienes nacionales.	Para determinar la contaminación por patógenos	
<b>Huevos de helminto</b>	NOM-001-SEMARNAT-1996	Uso en riego agrícola	1 huevo por litro de riego	LMP para descargas de aguas residuales vertidas a aguas y bienes nacionales.	Para determinar la contaminación por parásitos	

**Nota:**

Elaborada a partir de datos obtenidos de las referencias mencionadas en la segunda columna.

## 1.5. Paisaje

La conservación efectiva exige que se considere lo que ocurre tanto dentro de las áreas naturales como en los paisajes en los que están inmersos. Las habilidades tradicionales de conservación como la gestión de la vida silvestre e incluso la ecología del paisaje puede que no sean suficientes, si no se considera un contexto emocional para cada uno de los paisajes a conservar (Knight y White, 2009). Por ello el paisaje es uno de los aspectos considerados en el diagnóstico del ADVC del presente trabajo.

### 1.5.1. Conceptos

A finales del siglo XX y principios del XXI, se observó una serie de acciones, por parte de los entes públicos, dirigidas a proteger el paisaje; un ejemplo de ello fue la aprobación del CEP<sup>20</sup> en el año 2000 por el Comité de Ministros del Consejo de Europa. El convenio no hace distinción entre paisajes conforme a su calidad, sino más bien a la totalidad del territorio, independientemente del grado de conservación o degradación de este (Fernández, 2013); varios países europeos han adoptado los estatutos de dicho Convenio y han incluido al paisaje como un elemento clave para las políticas de planificación (Soba, 2012).

Por otro lado, las investigaciones acerca de paisaje se han enfocado a analizar, describir y sintetizar las características dinámicas del mismo y en la utilización de herramientas como Sistemas de Información Geográfica (SIG) (Fernández, 2013), catálogos, cartas y evaluaciones de paisaje; estas herramientas, tienen por objetivo caracterizar determinados aspectos territoriales mediante sus componentes, bióticos (flora, fauna) , abióticos (geología, geomorfología, clima) y culturales (usos de suelo, urbanización, arquitectura) (Soba, 2012).

Entre las nuevas formas de analizar y estudiar el paisaje, se encuentra el modelo “Landscape Character Assesment” (LCA) creado por The Countryside Agency y Scottish Natural Heritage que tiene el objetivo de obtener el carácter del paisaje mediante un detallado estudio de los factores físicos, factores antrópicos actuales y pasados para pronosticar la posible evolución del paisaje (Fernández, 2013).

El concepto de paisaje ha ido evolucionando e incorporándose a los estudios sobre el territorio, el deterioro de los recursos naturales y la conservación del ambiente. A continuación, se da a conocer algunos conceptos para el mejor entendimiento de este tema.

George Bertrand (1968) define paisaje como:

*Porción de espacio caracterizado por un tipo de combinación dinámica, y por consiguiente inestable, de elementos geográficos diferenciados -físicos, biológicos y antrópicos- que, al actuar dialécticamente unos sobre otros, hacen del paisaje un*

---

<sup>20</sup> Convenio Europeo del Paisaje

*conjunto geográfico indisociable que evoluciona en bloque, tanto bajo el efecto de las interacciones entre los elementos que lo constituyen como bajo el efecto de la dinámica propia de cada uno de los elementos considerados separadamente.*

El Convenio Europeo del Paisaje (CEP), en su artículo 1, define el paisaje como “*cualquier parte del territorio tal como la percibe la población, cuyo carácter sea el resultado de la acción y la interacción de factores naturales y/humanos*” (Consejo de Europa, 2000).

Fernández (2013) menciona que el paisaje es “*el conjunto dinámico natural, humano o mixto en el que convergen las interrelaciones entre los factores naturales y antrópicos y tiene repercusión visual independientemente de su mayor o menor diversidad y de su calidad*”.

En cuanto a **unidad de paisaje**, algunos autores mencionan que estas constituyen estructuras de componentes físicos, bióticos y antrópicos, funcionalmente integradas, derivando a unidades geocológicas ligadas vertical y horizontalmente, en tiempo y espacio (López y Cervantes, 2002; citados por Fernández, 2013).

Nogué resalta la idea de la similaridad de los elementos al decir que “*las unidades de paisaje son porciones del territorio con un mismo carácter, es decir, están caracterizadas por un conjunto de elementos que contribuyen a que un paisaje sea diferente de otro, y no por ello mejor o peor*” (2007, citado por Fernández, 2013).

### **1.5.2. Características e importancia**

Algunas características que posee el paisaje son (Fernández, 2013):

- **Dinamismo evolutivo.** El paisaje es dinámico al estar sujeto a modificaciones dadas por el tiempo y factores físicos, biológicos y antrópicos.
- **Cualidad inherente de la escala:** desde un micropaisaje compuesto por decímetros cuadrados hasta el planeta Tierra como “*un paisaje universal, dependiendo del estudio, del observador, el término paisaje puede adquirir diversas acepciones*”.

En lo que se refiere a la importancia que posee, desde un enfoque de ordenamiento territorial, ha surgido la necesidad de reconocer patrones e identificar cambios en las condiciones ecológicas a escala de paisaje, de forma espacialmente explícita, como punto clave para priorizar áreas enfocadas a la protección y restauración ambiental de cuencas y regiones (Bruce et al. 2001, citado de Peña et al., 2006).

## **1.6. Encuestas**

### **1.6.1. Conceptos**

La técnica de encuesta permite obtener datos de forma rápida y eficaz, por lo que es ampliamente utilizada como procedimiento de investigación (Casas J., Repullo J. R., Donado J., 2003)

García (1993) define la encuesta como “una técnica que utiliza un conjunto de procedimientos estandarizados de investigación mediante los cuales se recoge y analiza una serie de datos de una muestra de casos representativa de una población o universo más amplio, del que se pretende explorar, describir, predecir y/o explicar una serie de características” (citado por Casas J., Repullo J. R., Donado J., 2003).

Para INEGI<sup>21</sup> (2013), la encuesta es un “instrumento de captación que presenta preguntas y/o enunciados dirigidos a los informantes para obtener datos específicos acerca de las variables que serán objeto de captación”.

### **1.6.2. Tipos de encuestas**

Se distinguen distintas tipologías como se presentan a continuación (INEGI, 2013).

- a) Conforme al grado de estructuración de las preguntas:
  2. Estructuradas. En la cual, las preguntas y las respuestas se presentan de la misma forma a todos los informantes y es utilizada cuando el orden de las preguntas y respuestas es importante.
  3. No estructuradas. En donde las preguntas son generales para permitir mayor flexibilidad al entrevistador en la formulación de preguntas específicas y no siguen un orden estricto.
- b) Dependiendo del tipo de entrevista:
  4. Para autoentrevista. En esta encuesta, el informante se encarga de responder.
  5. Para entrevista directa. Las preguntas las plantea el entrevistador al informante, anotando las respuestas.
- c) Según el número de temas a abordar:
  6. Monotemática. Que aborda un solo tema.
  7. Multitemática. Aborda varios temas.

### **1.6.3. Diseño de encuestas**

En cuanto al diseño, se determinan la distribución de contenidos (temas y subtemas a tratar), la identificación de variables y su clasificación, las secuencias correctas de las preguntas que se aplican a diversas poblaciones de estudio, instrucciones precisas a los entrevistadores o informantes y la edición del formato para la obtención de información óptima y apropiada

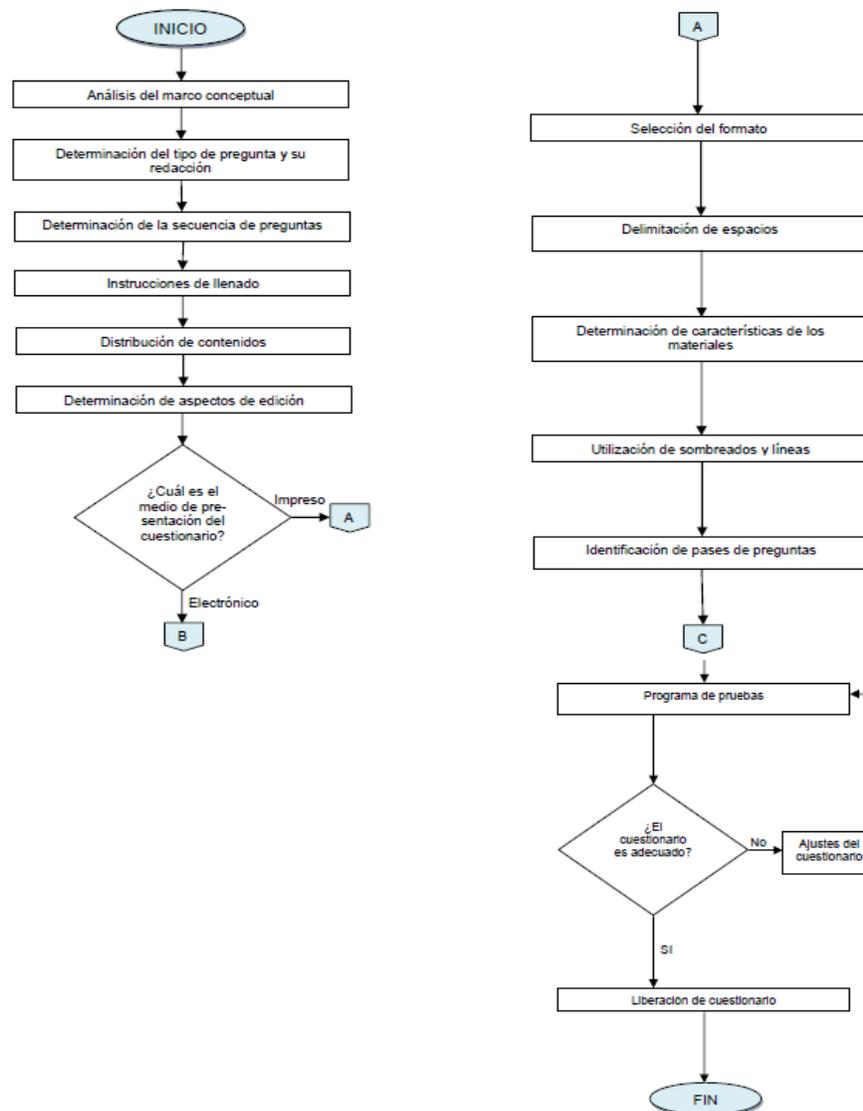
---

<sup>21</sup> Instituto Nacional de Estadística y Geografía

para su posterior análisis. Además, consideran condicionantes como: características generales del proyecto, características del marco conceptual (el cuestionario debe reflejar los contenidos del marco conceptual), contexto de aplicación (es decir, el contexto geográfico y cultural donde se aplicarán las encuestas) (INEGI, 2013).

El diseño deberá ser sencillo, fluido y autosuficiente (con las instrucciones necesarias para su llenado) y corresponder con el marco conceptual. En cuanto al proceso del diseño de encuestas, se considera una serie de pasos (Figura 3) como se explica a continuación (ibídem):

1. Análisis del marco conceptual: Se analizan las relaciones entre las categorías y las variables para identificar la secuencia a seguir, los grupos que proporcionarían la información, la estrategia más adecuada para obtener los datos y la referencia temporal de cada variable.
2. Una vez que se realiza el análisis conceptual se determinan los tipos de pregunta a utilizar.
3. Se redactan las preguntas de tal forma que se eviten sesgos del informante. Y acordes al contenido conceptual de las variables.
4. Se ordenan las preguntas, comenzando con las más sencillas.
5. Se elaboran las instrucciones de llenado que deben ser breves, claras y de acuerdo con el contexto social del informante y se distribuyen los contenidos de forma ordenada.
6. Posteriormente se determinan los aspectos de edición. Esta parte del proceso se refiere a los aspectos de formato de la encuesta (tipo de letra, colores, símbolos).
7. Elaboración de instructivos de llenado dirigidos al entrevistador para facilitar la aplicación de la encuesta y obtener una calidad satisfactoria en los datos recabados.
8. Programa de pruebas. Se realiza para ajustar y mejorar las encuestas. Sus resultados permiten observar si la encuesta es aplicada sin dificultades.
9. Finalmente, se identifican los aspectos problemáticos (si es que los posee) de la encuesta para modificarlos o mejorarlos y se aplica la encuesta.



**Figura 3.** Esquema del proceso para diseñar una encuesta.

**Nota.** Fuente: INEGI, 2013.

#### 1.6.4. Aplicación en Áreas Naturales Protegidas

La aplicación de encuestas en Áreas Naturales Protegidas para conocer la percepción que las comunidades tienen con respecto al área, sus actividades, los impactos y beneficios ocasionados se ha convertido en una herramienta para establecer acciones pertinentes al desarrollo sostenible de dichas áreas. Se tienen como ejemplos dos casos de estudio que se mencionan a continuación.

- *Análisis de percepción social en la Reserva de la Biosfera del Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado.*

El área natural protegida fue decretada en 1993 y en ella existen especies de alto valor económico, así como las que se encuentran en peligro de extinción, por lo que el estudio se enfocó a analizar la efectividad de la Reserva como medio de

protección de los recursos naturales y a comprobar si los pescadores han mejorado su calidad de vida después de 15 años del establecimiento de dicha área natural protegida (Rodríguez y Bracamonte, 2007).

Para dicho estudio, se aplicaron dos mecanismos: sistematización de estadísticas disponibles entre 1990 y 2005 (consulta de censos e información en la oficina de pesca) y la aplicación de encuestas de percepción a pescadores de ribereños. En cuanto a la aplicación de encuestas, el tamaño de muestra obtenido representó el 10 % del Registro Nacional Pesquero de las comunidades San Felipe (Baja California), Puerto Peñasco y Golfo de Santa Clara (Sonora). Se aplicaron 172 cuestionarios a cooperativistas, grupos solidarios, sociedades y pescadores libres, quienes fueron seleccionados de forma aleatoria; de los encuestados, 61 eran pescadores ribereños de la Comunidad de Santa Clara, 28 a los de Puerto Peñasco y 83 a San Felipe. Posteriormente se utilizó el paquete estadístico SPSS<sup>22</sup> para la captura y procesamiento de las encuestas.

Con los resultados obtenidos, se construyeron los siguientes indicadores de percepción (ibídem):

- Opinión en torno al desempeño de la actividad pesquera
- Opinión respecto a la situación económica de los pescadores ribereños.
- Opinión sobre la diversificación de las especies explotadas comercialmente.
- Opinión sobre alternativas económicas.
- Opinión sobre los mecanismos de compensación económicos ante el eventual cierre de la pesca.

Al realizar el análisis de cada indicador, se concluyó que más de la mitad de los pescadores aún no ven un beneficio directo por el establecimiento del área como Reserva, además de que creen que los han limitado en la captura de especies explotables (ibídem).

- *Opinión pública y percepción sobre la conservación de la Reserva Ecológica Estatal estero de San José del Cabo y su zona de influencia*

Se encuentra en el municipio de Los Cabos en Baja California Sur. El estero es una laguna costera dulceacuícola considerado de importancia internacional y denominado sitio RAMNSAR y Área de Importancia para la Conservación de las Aves. Se decreta como Reserva Ecológica Estatal estero de San José del Cabo en 1993 y en el año 2011 se establece 766-684 hectáreas como el total de su superficie (Olmos, Arizpe, Contreras, González, Casas, 2016).

El objetivo del estudio realizado en esta zona fue analizar la importancia la importancia que tiene la opinión pública en el tratamiento de temas relacionados con

---

<sup>22</sup> Statistical Package of Social Science (SPSS).

el ambiente por lo que se realizó una encuesta a las personas que viven y/o trabajan en la zona de influencia de la Reserva que abarca del polígono de la Reserva hasta un kilómetro de distancia. La encuesta se dividió en tres secciones (ibídem):

- Socioeconómica.
- Conocimiento y percepción del ANP: características del área, programa de manejo, actividades permitidas, beneficios o perjuicios de vivir o trabajar en el área de influencia y opinión sobre el trabajo de las autoridades.
- La relación ambiente- sociedad- economía: problemáticas, amenazas e involucramiento social y gubernamental.

Los resultados mostraron que el 32 % de los encuestados tenían entre 51 y 60 años, 29% de ellos tienen entre 21 y 30 años, 23% entre 41 y 50 años y 16% entre 21 y 30 años. La mayoría de la población (97%) conoce que la Reserva es un Área Natural Protegida (ibídem).

## **Capítulo II. Pregunta de investigación**

¿Es posible la integración de los factores legales, ambientales y socioeconómicos para la evaluación y elaboración de estrategias de manejo del área natural protegida “El Charco del Ingenio” en Guanajuato?

## **Capítulo III. Objetivos**

### **3.1. Objetivo general**

Evaluar los factores legales, ambientales y socioeconómicos del área natural protegida “El Charco del Ingenio” e integrarlos para el desarrollo de estrategias de mejora y manejo.

### **3.2. Objetivos específicos**

- Identificar y evaluar las principales variables que determinan el funcionamiento legal, ambiental y socioeconómico del área de estudio.
- Analizar las relaciones de causa y efecto que existen entre las variables legales ambientales y socioeconómicos evaluadas.
- Definir el grado de atención de las áreas evaluadas de acuerdo con las problemáticas presentes en ellas.
- Elaborar estrategias para el adecuado manejo del área con base en los resultados obtenidos.

## Capítulo IV. Metodología

### 4.1. Área de estudio

#### 4.1.1. Antecedentes de la ADVC “Jardín Botánico El Charco del Ingenio”

En el presente trabajo la zona de estudio es un ADVC denominada Jardín Botánico El Charco del Ingenio que formaba parte de la Zona de Preservación Ecológica El Charco del Ingenio y Zonas Aledañas (ZPECHIZA) ubicadas en el municipio de San Miguel Allende en el estado de Guanajuato.

Los trabajos de conservación de esta área se realizaron desde 1990 cuando una organización ecologista no lucrativa con el nombre de Cante A.C. adquirió un predio semisilvestre en la parte alta de San Miguel de Allende, el cual fue abierto al público como Jardín Botánico el Charco del Ingenio en 1991 (Meagher, 2007). Desde sus inicios, se realizaron los trabajos necesarios para recuperar y proteger la zona, ya que la mayor parte de fracciones de terreno adquiridas se hallaba gravemente afectada por la actividades que se habían realizado tales como tala, extracción de suelos, cacería, sobrepastoreo, incendios, desmonte, acumulación de residuos y construcción de inmobiliaria; todo ello tuvo como consecuencia la perturbación de la biodiversidad, sobre todo en las partes altas de la cañada, expuestas a la erosión y a los efectos de un clima cada vez más árido y extremoso (El Charco del Ingenio, s.f.).

A partir de 1998 el área quedó bajo la jurisdicción de El Charco del Ingenio A.C. y en 1999 se registró ante la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y Pesca<sup>23</sup> (SEMARNAP) como Unidad de Manejo Ambiental para la Conservación de la Vida Silvestre (UMA). Con el apoyo de comunidades rurales, en 2001 se llevó a cabo un programa local de conservación mediante la producción, distribución y plantación de ejemplares de vivero en diversas zonas del municipio. En 2002, El Charco del Ingenio se integró a la Asociación Mexicana de Jardines Botánicos y a Botanic Garden Conservation International. Al año siguiente creó un Programa de Educación Ambiental de San Miguel Allende (en conjunto con otras organizaciones civiles e instancias gubernamentales) el cual es dirigido a alumnos de primaria. Para el año 2004, el sitio fue consagrado como Zona de Paz por el Dalai Lama (Hernández y Arias, 2012).

Después de años de gestiones realizadas por el Jardín Botánico ante sucesivas administraciones municipales, en el año 2005, el Ayuntamiento de San Miguel de Allende acordó por unanimidad la Declaratoria de Zona de Preservación Ecológica El Charco del Ingenio y Zonas Adyacentes (ZPECHIZA) la cual entró en vigor el 2 de mayo de 2006 con

---

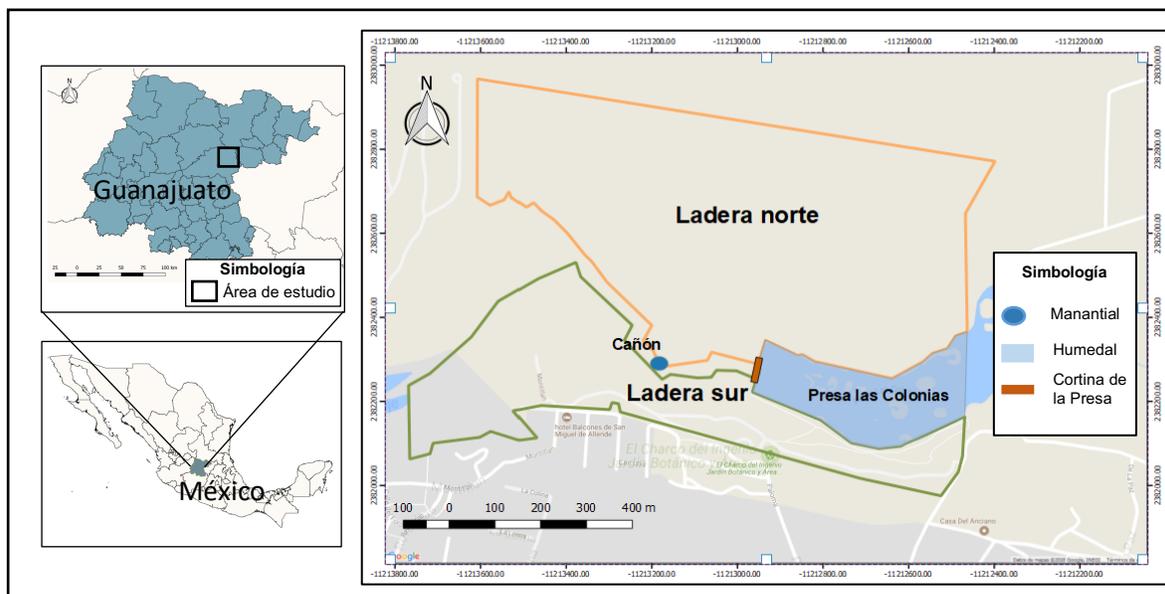
<sup>23</sup> En el año 2000, se cambió el nombre a Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), cambiando el subsector pesca a la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA).

un total de 380 ha (UAQ, 2007); con ello, las actividades antropogénicas fueron controladas en mayor medida y aumentaron los esfuerzos para la conservación del área natural protegida. Posteriormente, el 25 de agosto de 2014 se autorizó la certificación del área comprendida por el Jardín Botánico El Charco de El Ingenio como ADVC (CONANP, 2016) con un total de 67 hectáreas quedando dentro de la declaratoria municipal de ZPECHIZA (El Charco del Ingenio A.C. ,2014)

En la actualidad, El Charco del Ingenio es un espacio en donde, además de su función principal de conservación de la biodiversidad de la zona, se desarrollan diversas actividades complementarias: turísticas, educativas, artísticas, culturales y ceremoniales (Hernández y Arias, 2012). Sin embargo, aún se presentan problemáticas como los incendios forestales y el azolvamiento de la Presa las Colonias (Orozco, 2014) y actualmente no existe una evaluación del estado en el que se encuentra desde una perspectiva legal, ambiental y socioeconómica que permita una adecuada implementación de estrategias de manejo.

#### 4.1.2. Localización y delimitación

El Jardín Botánico El Charco del Ingenio se encuentra ubicado en el municipio de San Miguel de Allende localizado en la región oriental del Estado de Guanajuato (Figura 4), entre las coordenadas 20° 51' de Latitud Norte y 100° 49' de Longitud Oeste. (Orozco, 2014; El Charco del Ingenio A.C., 2014).



**Figura 4.** Localización y delimitación del Jardín Botánico El Charco del Ingenio en el estado de Guanajuato, México.

El ANP comprende 66-12-16.28 hectáreas (sesenta y siete hectáreas, doce áreas, dieciséis punto veintiocho centiáreas) de reserva natural en dos laderas con orientación Norte-Sur y Sur-Norte. Estas laderas se encuentran divididas en la parte media por un cañón de

aproximadamente 50 m de profundidad (Figura 4 y Figura 5), por el Arroyo Charco del Ingenio y por la Presa de Las Colonias, la cual retiene un humedal<sup>24</sup> (Figura 4 y Figura 6) (El Charco del Ingenio A.C., 2014).



**Figura 5.** Jardín Botánico El Charco del Ingenio. A la izquierda se encuentra la ladera sur y a la derecha la ladera norte, divididas por la cañada.



**Figura 6.** Humedal en el Jardín Botánico El Charco del Ingenio en el estado de Guanajuato, México.

Así mismo, en cada ladera se encuentra infraestructura como (ibídem):

- Ladera sur: áreas administrativas, recreativas, sanitarios, un reloj y calendarios solares, tienda y cafetería.
- Ladera norte: tubo de hierro, vestigios de la Hacienda Las colonias en donde también se encuentra un temazcal

---

<sup>24</sup> Considerando que cumple con lo establecido como concepto de Humedal en el Artículo 1, párrafo 1 del documento de la Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional, Especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas. Ramsar (1971).

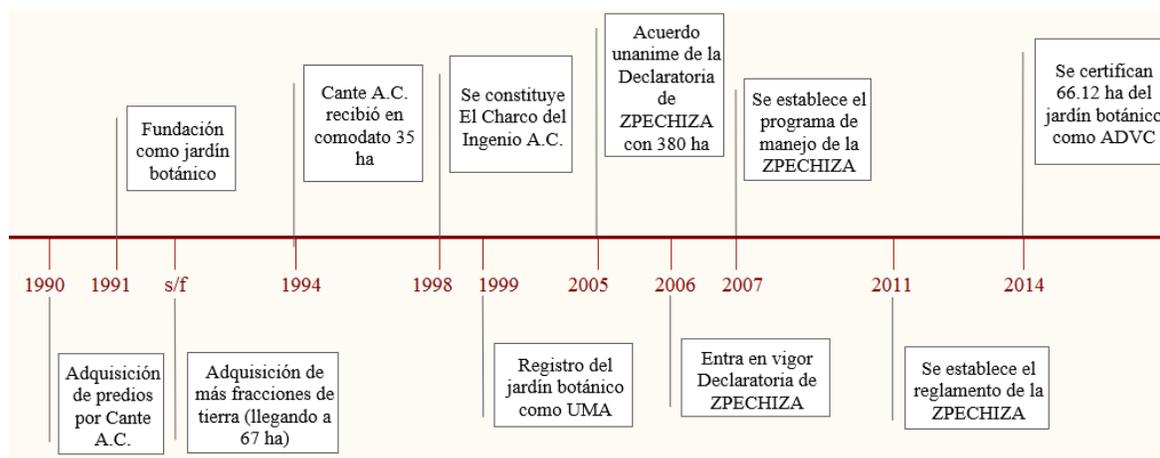
- En ambas laderas: se puede observar una red de senderos que son utilizados para recorrer el área o realizar actividades deportivas.

#### **4.1.3. Marco legal del ADVC**

La situación legal de El Charco del Ingenio inicia con la adquisición de los predios gravemente afectados por actividades humanas sumando un total de 30 ha en 1990; después de algunos trabajos de restauración, se fundó como Jardín Botánico el 11 de julio de 1991 (Meagher, 2007; El charco del Ingenio, s.f.). En los años posteriores se adquirieron más fracciones de tierras sumando 67 ha. En 1994 Cante A.C. recibió un comodato de 35 ha contiguas al Jardín Botánico por parte del gobierno municipal para establecer un parque que actualmente se le conoce como parque Landeta sumando así 102 ha como superficie total (El charco del Ingenio, s.f.) (Figura 7).

Debido a las necesidades adquiridas para la conservación del área, en 1998 se creó una organización independiente de Cante A.C. con el nombre de El Charco del Ingenio A.C., la cual se dedicó específicamente al desarrollo del Jardín Botánico (ibídem); en ese mismo año el Jardín recibió una importante colección de plantas mexicanas autorizada por la SEMARNAT por lo que para 1999 se registró como Unidad de Manejo para la conservación de vida silvestre (UMA) (Hernández y Arias, 2012; El charco del Ingenio, s.f.; 2014) (Figura 7). Desde entonces dicha colección ha representado la biodiversidad en riesgo del país y ha sido exhibida en distintas áreas del Jardín Botánico (El charco del Ingenio, s.f.).

Para el 25 de enero del 2005 el Ayuntamiento de San Miguel de Allende acordó por unanimidad la Declaratoria de la ZPECHIZA con un total de 380 ha (Reglamento para la ZPECHIZA del municipio de San Miguel de Allende, 2011; El charco del Ingenio, s.f.) y el 2 de mayo del 2006 dicha declaratoria entró en vigor (UAQ, 2007, El charco del Ingenio, s.f.). Un año después, en el mes de abril, quedó establecido el Programa de manejo de la ZPECHIZA (UAQ, 2007) y no fue sino hasta en el 2011 que se entró en vigor el reglamento de esta ANP (Reglamento para la ZPECHIZA del municipio de San Miguel de Allende, 2011). Finalmente, el 25 de agosto del 2014 se certificaron casi 67 ha del Jardín Botánico El Charco del Ingenio como ADVC (CONANP, 2016) y en septiembre del mismo año pasó a ser parte del sistema de ANP's Federales considerando que la superficie certificada se encuentra inmersa en la zona núcleo de la ZPECHIZA (García y Olivares, 2014; El Charco del Ingenio, 2014) (Figura 7).



**Figura 7.** Línea del tiempo de los aspectos legales del Jardín Botánico El Charco del Ingenio.

Actualmente debido a que el Jardín Botánico el Charco del Ingenio es un **ANP federal**, aplican las siguientes leyes, reglamentos y normas conforme a lo mencionado en el punto 1.2.2.3:

- Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente.
- Reglamento de la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente en materia de Áreas Naturales Protegidas.
- Ley de Vida Silvestre (de forma indirecta).
- NOM-059-SEMARNAT-2010.
- NOM-012-SEMARNAT-1996.

Así mismo, al ser una **UMA** se considera lo estipulado en la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, en el artículo 83: “El aprovechamiento de los recursos naturales en áreas que sean el hábitat de especies de flora o fauna silvestres, especialmente de las endémicas, amenazadas o en peligro de extinción, deberá hacerse de manera que no se alteren las condiciones necesarias para la subsistencia, desarrollo y evolución de dichas especies”.

Y el artículo 87: “El aprovechamiento de especies de flora y fauna silvestre en actividades económicas podrá autorizarse cuando los particulares garanticen su reproducción controlada o desarrollo en cautiverio o semicautiverio o cuando la tasa de explotación sea menor a la de renovación natural de las poblaciones, de acuerdo con las normas oficiales mexicanas que al efecto expida la Secretaría”.

Al ser parte del área núcleo de la ZPECHIZA y tener áreas colindantes (Parque Landeta) con un acceso directo al Jardín Botánico también se considera el **Reglamento para la ZPECHIZA** del municipio de San Miguel de Allende (2011) como parte del marco legal del ADVC. Los objetivos de este reglamento son:

- Asegurar el cumplimiento de la declaratoria del ANP.

- Regular las obras y actividades que se realicen dentro de los límites de la zona.
- Establecer normas de administración del área.
- Asegurar la participación de las autoridades del ayuntamiento y propietarios de los predios en la administración, protección y vigilancia de estos.
- Promover y fomentar la participación de organizaciones civiles, académicas, personas físicas y morales en las acciones de administración, protección y vigilancia.

En lo que respecta a la administración y manejo, el artículo 3o. de dicho reglamento establece que la zona núcleo estará a cargo del gobierno municipal y de los propietarios de los predios bajo la coordinación de la Dirección de Ecología. La administración de la zona de amortiguamiento estará a cargo de los propietarios, habitantes y titulares de los derechos de los predios. Mientras tanto la administración y manejo de las zonas de jurisdicción federal correspondientes a Bordo San Carlos, Arroyo La Longaniza, Presa Las Colonias, Arroyo del Obraje y Presa del Obraje, corresponderá a la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales por conducto de la CONAGUA<sup>25</sup>.

El artículo 7, menciona que queda prohibido:

- I. Verter o descargar contaminantes en el suelo, subsuelo y en cualquier clase de cauce, vaso o acuífero, así como desarrollar cualquier actividad contaminante;
- II. Tirar, depositar, almacenar o transportar materiales y residuos peligrosos e industriales no peligrosos;
- III. Establecer sitios para la disposición final de residuos peligrosos, no peligrosos y municipales;
- IV. Tirar basura y desperdicios en sitios y lugares distintos a los establecidos para tal efecto;
- V. Realizar actividades cinegéticas o de explotación y aprovechamiento de especies de flora y fauna silvestre;
- VI. Introducir especies de flora y fauna exóticas o domesticas con fines de granja o explotación comercial;
- VII. Dar muerte, lesionar, agredir y molestar a especímenes o ejemplares de fauna silvestre;
- VIII. Emitir ruido, vibraciones, energía térmica y lumínica y la generación de contaminación visual, que puedan causar alteraciones a las especies de fauna silvestre, así como modificar o alterar formaciones naturales y estructuras rocosas.
- IX. Alterar o destruir los sitios de anidación y reproducción de especies de fauna silvestre.
- X. La construcción de obras de infraestructura, sin la autorización correspondiente emitida por la autoridad competente.

---

<sup>25</sup> Comisión Nacional del Agua.

XI. La extracción con fines comerciales de materiales de construcción, tales como rocas, grava, arena o tepetate, así como de minerales metálicos.

XII. Realizar actividades recreativas incompatibles con lo establecido en el Programa de Manejo y con el objetivo primordial de preservación del patrimonio natural, escénico e histórico del sitio.

Y finalmente, el ADVC posee un **documento de certificación** en donde se establece (El Charco del Ingenio, 2014):

La división del área en dos zonas:

- Zona de Conservación: abarca la ladera suroeste del Jardín Botánico El Charco del Ingenio
- Zona de Usos Múltiples que posee dos subzonas. Subzona de Acceso público y Actividades Artísticas y Culturales la cual la ladera sur del Jardín Botánico, la mitad de la Ladera Norte incluyendo la orilla norte de la Presa las Colonias y ruinas de la Hacienda de Las Colonias. Subzona de Recuperación y Aprovechamiento Tradicional que Abarca la fracción occidental de la Ladera Norte del Jardín Botánico.

Con especificaciones para cada una como, por ejemplo:

I. Las zonas de conservación, tienen como principal objetivo la preservación de los ecosistemas a mediano y largo plazo, solo se permitirá la investigación y colecta científica, y las excursiones de educación ambiental.

II. La zona de usos múltiples, que incluye las zonas de actividades artísticas y culturales y de recuperación y aprovechamiento; permitirá proseguir con la actividad productiva tradicional del predio, así como las actividades alternativas de bajo impacto que se deseen desarrollar en el futuro, ecoturismo, educación ambiental, viveros, UMA's etc.

Además, en la subzona de recuperación y aprovechamiento tradicional, las actividades que se pueden desarrollar están relacionadas con la producción agrícola, pecuaria, cinegética o forestal; esta puede ser para autoconsumo o venta para beneficio del o los propietarios. Corresponde al área en donde se continuará con la actividad productiva tradicional.

Para la subzona de acceso público y actividades artísticas y culturales: corresponde a aquellas áreas, en donde se desea desarrollar actividades de ecoturismo, excursiones, cabañas, etc.

Las funciones establecidas por este documento, para cada zona del Jardín Botánico, no se contraponen con las establecidas para la zona núcleo que señala el Reglamento de la ZPECHIZA.

En el documento también se establece un reglamento que contempla:

- Mantenerse dentro de los senderos marcados

- No se permite la entrada con perros
- Evitar coleccionar plantas, flores o semillas.
- Evitar arrojar piedras u objetos
- No se permite fumar y encender fuegos
- No se permite prender radiograbadoras
- No se permite introducir alimentos

#### 4.1.4. Factores abióticos

##### 4.1.4.1. Clima

El clima del área de estudio es el mismo que en el municipio de San Miguel Allende, siendo seco (BSh de la clasificación de Köppen) con veranos moderadamente calurosos y húmedos, e inviernos relativamente frescos y secos. En la estación climatológica la pauta diaria rige por largos periodos (Meagher, 2007). La precipitación promedio anual es de 619 mm siendo julio el mes más lluvioso (Orozco, 2014).

**Tabla 4.** Mediciones climatológicas mensuales y promedio anual de la estación 11011 Cinco señores en San de Miguel de Allende durante el periodo de 1951 al 2010.

Variables	Meses												Promedio anual
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Temperatura media normal	13	14.6	17.5	20.1	21.8	21.1	19.8	19.6	19.1	17.3	15.2	13.5	17.7
Precipitación normal	14.6	9.5	8.5	14.4	37.3	112.8	140.9	114.4	118.2	39.4	9.1	8.1	627.2
Evaporación total normal	96	125.8	197.9	215.1	215.7	173.9	148	137	116.7	108.4	96.1	88.2	1718.8
Número de días con lluvia	2.4	1.9	1.9	3.3	6.3	10.7	14.4	12.5	10.9	5.8	1.8	1.7	73.6

**Nota:** Elaborada a partir de datos climáticos diarios del CLICOM (SMN, s.f.)

##### 4.1.4.2. Geomorfología

En los alrededores de la zona de estudio, la fisiografía consiste en un estrecho valle del Río Laja y una formación volcánica antigua con una elevación hasta 750 m por encima de la altitud de El Charco conocida como Los Picachos. Dentro del área natural se encuentra una cañada con una profundidad máxima de 50 m y poco menos de 1 km de largo, siendo más ancha en la parte superior. En ambos lados de la presa y la cañada de El Charco del Ingenio se extiende un reborde de mesas riolíticas con poca elevación (Meagher, 2007).

##### 4.1.4.3. Geología

La mesa sobre la cual se localiza el Jardín botánico se encuentra constituida por roca dura de origen volcánico, principalmente ignimbrita riolítica. Al sur y al este de la presa, esta ignimbrita está cubierta por brecha volcánica. En una zona estrecha cerca del borde de la cañada en el lado sur, se encuentra caolín como resultado del contacto entre la ignimbrita y la brecha volcánica causado por la actividad hidrotérmica (Meagher, 2007).

#### 4.1.4.4. Hidrología

El ADVC se localiza dentro de la subcuenca Tábula- Picachos (Hernández y Arias, 2012), que a su vez pertenece a la cuenca Lerma-Chapala (Hernández, Amador, Sánchez y Solera, 2014). Al estar ubicada en la parte media-baja de esta subcuenca, le permite recibir gran parte de los escurrimientos pluviales y retener sedimentos aportados por la parte alta de la misma (Hernández y Arias, 2012).

El afluente principal que cruza el ANP, es el Arroyo La Longaniza. Este cuerpo de agua alimenta de manera superficial y temporal a la presa Las Colonias, sigue su curso al oeste donde se encuentra el cañón y se alimenta nuevamente de agua subterránea a través del manantial denominado “El Charco”; sigue el curso alimentando a su vez a la presa del Obraje y de ahí introduciéndose a la zona urbana de la Cabecera Municipal de San Miguel de Allende para unirse al Arroyo Las Cachinches hasta desembocar en la Presa Ignacio Allende (El Charco del Ingenio, 2014).

#### 4.1.5. Factores bióticos

##### 4.1.5.1. Flora

El territorio alberga posee varios tipos de vegetación clasificados por Meagher (2007) como matorral xerófilo, pastizal y cardonal por lo que esta zona tiene una diversidad florística y faunística particular. El matorral xerófilo se conforma de gramíneas con árboles, arbustos, cactáceas arborescentes, herbáceas; algunas de las especies que se desarrollan en este tipo de vegetación son: *Acacia farnesiana* y *A. schaffneri*, *Myrtillocactus geometrizans*, especies del género *Opuntia*, *Prosopis laevigata* (El Charco del Ingenio, 2014). El pastizal lo componen principalmente el zacate, además de herbáceas y pequeñas suculentas. En el paisaje del cardonal dominan las cactáceas arborescentes, árboles de talla mediana, espacios poblados de arbustos, pastos y vegetación herbácea; en estas áreas resaltan los géneros *Cylindropuntia*, *Myrtillocactus* y *Opuntia* (Meagher, 2007).

Cómo vegetación acuática, se pueden encontrar *Typha latifolia* y *Arundo donax* (El Charco del Ingenio, 2014).

Entre las especies de plantas nativas, seis son endémicas, las cuales a su vez están consideradas con algún estatus de conservación de acuerdo con la NOM-059 SEMARNAT-2010: *Coryphantha elephantidens*, *Echinocactus grusonii*, *Ferocactus histrix*, *Mammillaria rettigiana*, *Mammillaria zephyranthoides* y *Erythrina coralloides* (Hernández y Arias, 2012).

Gracias a la gestión ambiental del sitio, se ha logrado contar con una cubierta vegetal que, retiene humedad evitando que el centro histórico de la ciudad de San Miguel de Allende se inunde durante las temporadas de precipitación (Hernández y Arias, 2012).

#### 4.1.5.2. Fauna

En cuanto a la fauna, encuentra una gran variedad de aves denominados zambullidores, patos, pelicanos, rapaces, entre otras (Orozco, 2014). En el ANP se han reportado 159 especies de aves, las cuales representan poco más de un tercio de las listadas para el estado de Guanajuato. De las especies registradas, 77 son migratorias y 11 se encuentran bajo algún estatus de conservación por la NOM-059-SEMARNAT-2010: *Anas platyrhynchos diazi*, *Botaurus lentiginosus*, *Oporornis tolmiei*, *Colinus virginianus*, *Tachybaptus dominicus*, *Mycteria americana*, *Accipiter striatus*, *Accipiter cooperi*, *Falco peregrinus* *Cyrtonyx montezumae* y *Passerculus sandwichensis* (El Charco del Ingenio, 2014).

Además, se ha registrado, un total de 9 especies de anfibios y 28 especies de reptiles, de los cuales, 11 se encuentran en la NOM-059 SEMARNAT-2010: *Kinosternon integrum*, *Gerrhonotus liocephalus*, *Sceloporus grammicus*, *Hypsiglena torquata*, *Micrurus fulvius*, *Crotalus molossus*, *Thamnophis melanogaster canescens*, *Pituophis deppei*, *Coluber flagellum*, *Lampropeltis triangulum* y *Thamnophis cyrtopsis* (ibídem). Así como también los mamíferos: *Lepus californicus*, *Sciurus oculatus*, *Dipodomys phillipisii* y *Bassariscus astutus* (El Charco del Ingenio, 2014).

En el área se encuentran especies de murciélagos como *T. cyrtopsis* y los murciélagos *Choeronycteris mexicana* y *Leptonycteris curasoae*, ambos importantes polinizadores de agaves (Hernández y Arias, 2012; El Charco del Ingenio, 2014).

Se han registrado también especies del ANP que se encuentran en la lista roja de la UICN: el mamífero *Lepus callotis*, el ave *Colinus virginianus*, el reptil *Thamnophis melanogaster canescens* (El Charco del Ingenio, 2014).

#### 4.1.6. Entorno socioeconómico

##### 4.1.6.1. Población

El Jardín Botánico El Charco del Ingenio se encuentra ubicado en el municipio de San Miguel Allende el cual cuenta con una población total hasta el 2010 de 160, 383 habitantes en una superficie total de 1, 554 km<sup>2</sup> (Tabla 5), por lo que la densidad poblacional es de 103.22 habitantes por km<sup>2</sup>. Se registra un aumento de 44.89 % en la población en un periodo de 20 años (de 1990 a 2010).

**Tabla 5.** Características demográficas de San de Miguel de Allende en el periodo de 1990, 2000 y 2010.

Características	Años		
	1990	2000	2010
Área total (km <sup>2</sup> )	ND	1551	1554
Población total	110 692	134 880	160 383

Población masculina	54 018	64 507	75 878
Población femenina	56 674	70 373	84 505
Porcentaje de población con respecto al estado	2.89	2.89	2.92
Población que habla lengua indígena	653	520	629
Población económicamente activa	28 840	39 767	57 733
Población derechohabiente a servicio de salud	ND	22 992	103 935
Índice de marginación	ND	-0.42751	-0.38930
Grado de marginación	ND	Medio	Medio

**Nota.** Elaborado a partir de los censos de población y vivienda (1990, 2000, 2010). INEGI.  
ND: No disponible.

#### 4.1.6.2. Vivienda

Algunas características que poseen las viviendas en el municipio se presentan en la Tabla 6, considerando los servicios y el material con que se encuentran construidas. Se observa un mayor aumento del número de viviendas en el año 2010 (86.72 %) partiendo de lo registrado en 1990 (comparado con el año 2000, se registró un 52.32 % más), además del número de viviendas que cuentan con alguno de los servicios de drenaje, electricidad o agua entubada. Por otra parte, hay un decremento importante en las viviendas que son construidas con piso de tierra del año 2000 al 2010.

**Tabla 6.** Características de las viviendas particulares habitadas de San Miguel de Allende, registradas en los años 1990, 2000 y 2010.

Número de viviendas particulares habitadas	Años		
	1990	2000	2010
Total	19 119	25 697	35 699
Con agua entubada	11 525	20 161	31 902
Con drenaje	8 049	14 645	27 104
Con electricidad	13 535	23 430	33 995
Con piso de tierra	3 609	3 578	2 099
Con piso de cemento firme	10 605	14 617	22 695
Con piso de madera	4 031	7 055	10 444
Otro material	139	178	159

**Nota.** Elaborado a partir de los censos de población y vivienda. INEGI.

#### 4.1.6.3. Educación

Se registró un incremento en la población analfabeta de la población total de San Miguel de Allende en un 58.75 % en el año 2000 y 65.97% en 2010. Para la población que terminó la primaria completa, hubo un incremento de 1990 al año 2000 pero no de este último al 2010. En el caso de la población que completó la educación secundaria, hubo un aumento en el año 2000 y 2010 (Tabla 7).

**Tabla 7.** Características educativas de los habitantes de San Miguel de Allende en los años 1990, 2000 y 2010.

Características educativas de la población	Años		
	1990	2000	2010
Analfabetas de 15 años o más	ND	79241	105799
De 3 años o más que asiste a la escuela	25481	34285	48651
De 15 años o más con primaria completa	13669	21074	21007
De 15 años o más con secundaria completa	4674	11323	21520

**Nota.** Elaborado a partir de los censos de población y vivienda (1990, 2000, 2010). INEGI.

#### 4.1.6.4. Importancia histórica y cultural

El área alberga una importancia histórica debido a que desde el siglo XVI se construyeron molinos, puentes, represas y obrajes, de los que aún permanecen vestigios de algunos de ellos como por ejemplo los restos de cerámica y lítica prehispánicas encontrados en las laderas de la cañada y los del puente del Antiguo Camino a Xichú, que data del siglo XVIII y se encuentra ubicado al oriente de la Presa Las Colonias (El Charco del Ingenio, s.f.).

Entre las comunidades El Charco del Ingenio posee una importancia simbólica entre las comunidades con raíces indígenas de la región, dado que fue tomado como espacio sagrado enfocado al cuidado de los recursos naturales, a la cultura popular, así como a la unión y conformidad de las comunidades de San Miguel de Allende (Hernández y Arias, 2012).

## 4.2. Diagnóstico integral del Jardín Botánico El Charco de El Ingenio

Se realizó una prospección del área de estudio para detectar las problemáticas más importantes del lugar y así determinar las variables a evaluar de los factores ambientales, legales y socioeconómicos, considerando en estos dos últimos el aspecto institucional. Posteriormente se hizo un diagnóstico de las variables seleccionadas mediante el trabajo de campo, laboratorio y de gabinete, encontrando así las relaciones existentes entre ellas. Para finalizar se establecieron las zonas que necesitan mayor grado de atención para el desarrollo de estrategias para mejorar la situación del área de estudio.

### 4.2.1. Prospección del área de estudio

#### 4.2.1.1. Recopilación de información

Se recabaron los siguientes datos generales de la zona de estudio:

- Características bióticas: flora y fauna presente en el área.
- Características abióticas: geomorfología, geología, clima.
- Características socioeconómicas: características de la población, educación y vivienda; principales actividades económicas a nivel municipal; características históricas y culturales del área natural protegida.

- Marco legal a nivel Nacional, Estatal y Municipal.

Mediante la consulta de (Zaragoza, 2015):

- Trabajos académicos (inventarios, estudios realizados en el municipio o bien en el área de estudio, guías de flora y fauna, entre otros).
- Cartas topográficas y datos de estaciones climáticas cercanas al área de estudio.
- Censos de población y vivienda: Elaborados por INEGI, los cuales contienen información a nivel estatal y municipal.
- Tabulados básicos de INEGI: Aquellos generados a partir de censos de población y vivienda y contienen los datos de forma agrupada en campos como salud, mortalidad, vivienda, hogar, entre otros.
- Sistemas de consulta: los cuales se encuentran disponibles en línea como, por ejemplo, el banco de datos de INEGI y el Instituto Nacional de Federalismo y Desarrollo Municipal.
- Documentos y normativa aplicable al ANP: leyes, reglamentos, normas, declaratorias, programa de manejo. Considerando desde sus inicios como ZPCHIZA hasta la actualidad.

#### 4.2.1.2. Determinación de las principales variables que determinan el funcionamiento legal, ambiental y socioeconómico del área de estudio

Después de obtener las características legales, bióticas, abióticas y socioeconómicas mediante la revisión bibliográfica del área de estudio, se realizó un primer reconocimiento en campo (Prado, Negrete y Gabriel, 2006). En esta visita al área de estudio, el reconocimiento consideró las siguientes áreas: ladera norte, el cañón-cañada, presa Las Colonias y Circuito turístico o ladera sur conforme a la zonificación establecida por la legislación aplicable y estudios previos en el área de estudio (El charco del Ingenio, s.f.; Meagher, 2007; Periódico Oficial del Gobierno del Estado Guanajuato, 2011; El Charco del Ingenio A.C. ,2014).

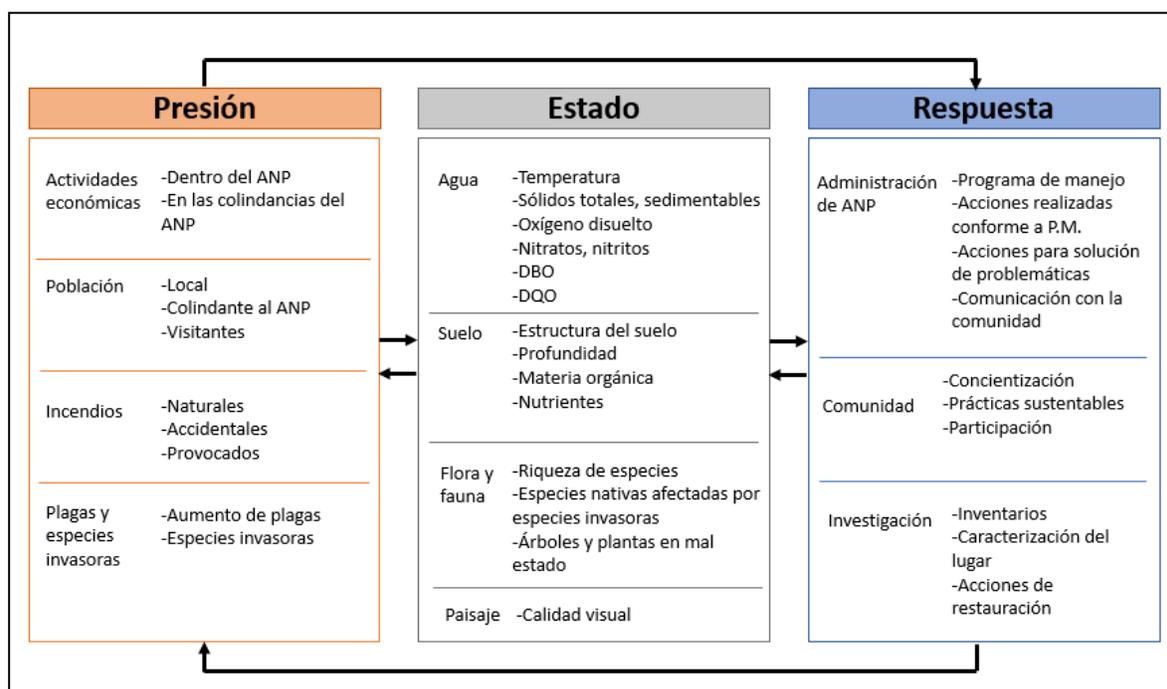
Por cada una de estas áreas se identificaron algunas características, además de las problemáticas más sobresalientes por área (Tabla 8).

**Tabla 8.** Características y problemáticas del Jardín Botánico El Charco del Ingenio por unidades paisajísticas.

Áreas	Características	Problemáticas
Ladera norte:	Senderos, mayor exposición solar, vista hacia la ciudad.	Introducción de pasto africano, presencia de plagas de epifitas, evidencia de incendios, residuos forestales (ramas de árboles afectados por incendio o pastizal cortado) y evidencia de la presencia de ganado.

El cañón-la cañada	Mayor conservación y atractivo visual.	Posible eutrofización en cuerpos de agua de la cañada.
Presa Las Colonias	Humedal artificial, aves migratorias y atractivo visual.	Posible eutrofización.
Circuito turístico o ladera sur	Senderos y atractivo visual.	Introducción de pastizal africano, residuos forestales y presencia de plagas de epifitas.

Con la información obtenida, se identificaron las principales variables que intervienen en el sistema socioambiental del área de estudio y se clasificaron conforme al modelo de Presión-Estado-Respuesta (INEGI, 2000 a) lo que permitió, además, tener una mejor perspectiva de la interrelación que existe entre ellas (Figura 8).



**Figura 8.** Modelo de Presión-Estado-Respuesta con las variables que intervienen en el sistema socioambiental de el Jardín Botánico El Charco del Ingenio.

#### 4.2.2. Aplicación del diagnóstico ambiental

Conforme a lo identificado en el punto 4.2.1.2. y a lo determinado en el modelo PER (Figura 8) se seleccionaron las variables (ambientales y socioeconómicas) y unidades de paisaje para realizar el diagnóstico ambiental del ADVC (Tabla 9). En la selección de variables se tomó en cuenta la accesibilidad a las unidades de paisaje, los recursos disponibles (humanos y económicos) y los objetivos del presente trabajo (Íñiguez, et al., 2014). Además, por las pautas climatológicas que se presenta la zona (Meagher, 2007; Orozco, 2014; SMN, s.f.) se determinó realizar el diagnóstico en la temporada de seca y lluvia, en los meses de febrero y agosto respectivamente.

**Tabla 9.** Variables a evaluar por unidad paisajística y temporada.

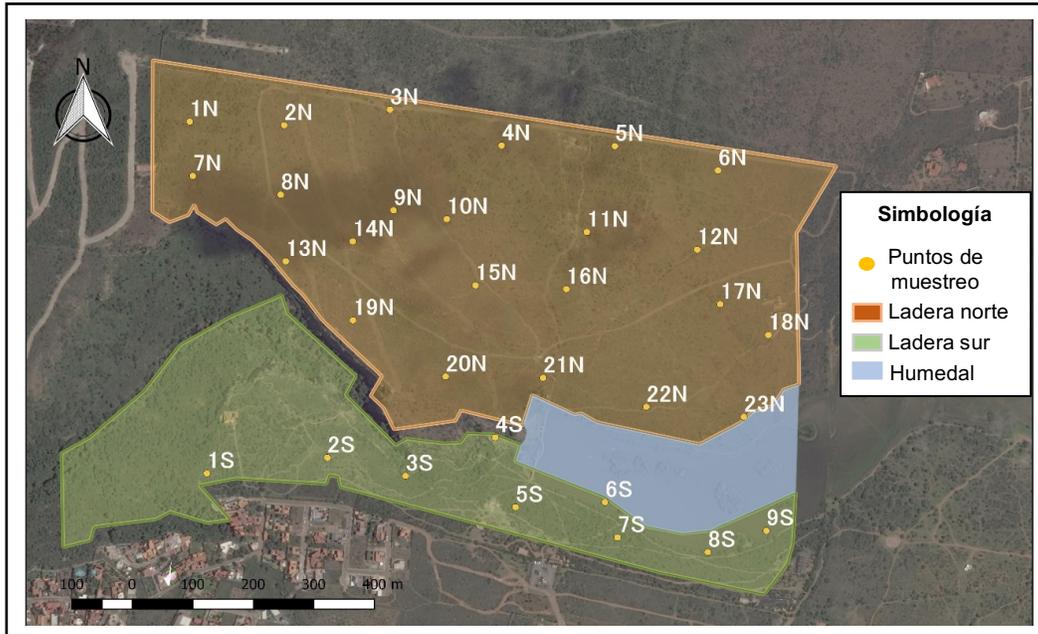
Unidades de paisaje	VARIABLES	Temporada
Ladera norte	Abundancia y riqueza de especies vegetales	Seca y lluvia
	Índices de diversidad de la vegetación (Shannon y Simpson)	Seca y lluvia
	Especies de fauna (mamíferos y aves) visualizadas	Seca y lluvia
	Presencia de plagas y especies invasoras	Seca y lluvia
	Índice de riesgo de incendio	Seca
	Rareza, calidad y fragilidad visual	Seca y lluvia
Ladera sur	Abundancia y riqueza de especies vegetales	Seca y lluvia
	Índices de diversidad de la vegetación (Shannon y Simpson)	Seca y lluvia
	Especies de fauna (mamíferos y aves) visualizadas	Seca y lluvia
	Índice de riesgo de incendio	Seca
	Rareza, calidad y fragilidad visual	Seca y lluvia
Presa de las Colonias (Humedal)	Especies de fauna (mamíferos y aves) visualizadas	Seca y lluvia
	Calidad del agua	Seca y lluvia
	Temperatura, pH, oxígeno disuelto	Seca y lluvia
	Nitratos (NO <sub>3</sub> -N)	Seca y lluvia
	Fosfatos (PO <sub>4</sub> -P)	Seca y lluvia
	DQO y DBO	Seca y lluvia
	Conductividad	Seca y lluvia
	Coliformes fecales	Seca y lluvia
	Presencia de residuos orgánicos e inorgánicos	Seca y lluvia
	Presencia de aceites	Seca y lluvia
Todas	Percepción de los visitantes y vigilantes del área.	No aplica

En cuanto a lo legal, la información recopilada en la prospección del área de estudio se analizó para verificar el cumplimiento de lo establecido en el documento de certificación conforme a la normativa aplicable. Posteriormente se seleccionaron las metodologías para evaluar las variables ambientales (flora, fauna, paisaje, el riesgo de incendios, calidad del agua) y socioeconómicas del ANP y se elaboraron los formatos correspondientes para capturar los datos (Apéndice 1, 2, 3, 4 5, 6, 7, 8 y 9).

Para la determinación de los puntos de muestreo en el área de estudio, se utilizó el sistema de muestreo sistemático en donde a partir de un punto elegido al azar al noroeste del ADVC, se estableció una red de cuadros continuos (CONAFOR, 2011; Gaillard y Pece 2011; Cortés, De los Santos, Ramírez, Valdez, Ángeles y Velázquez, 2014). Por cada cuadro se tomó una medida de 200 x 200 m y la parte central de los mismos, como punto de muestreo.

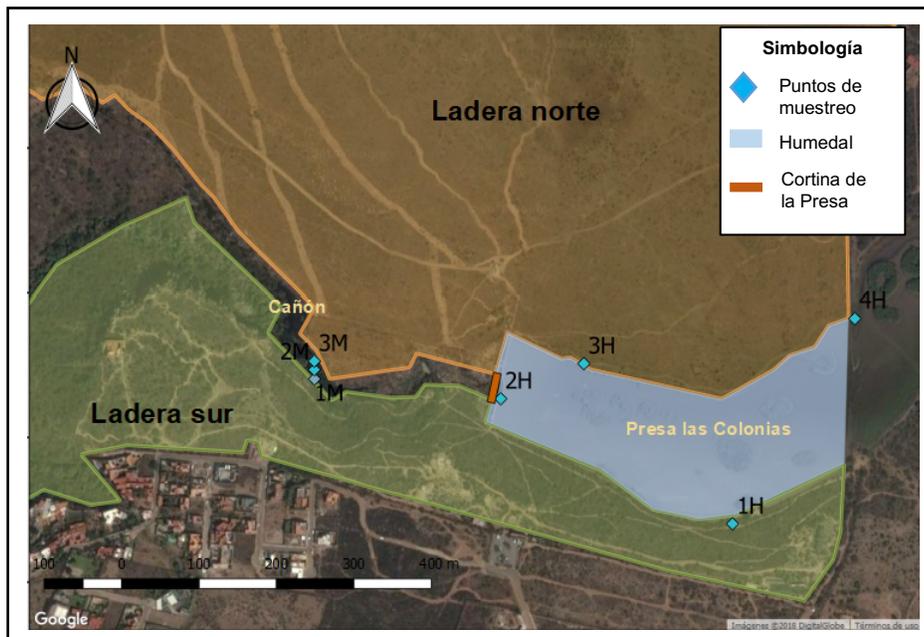
Finalmente, se establecieron nueve puntos de muestreo para la ladera sur y 23 para la ladera norte, para evaluar en temporada de seca y lluvias. La ubicación de algunos puntos fue

modificada en campo debido a la poca o nula accesibilidad de los sitios como se muestra en la Figura 9.



**Figura 9.** Puntos de muestreo en El Jardín Botánico El Charco del Ingenio en temporada de secas y lluvias. Elaboración propia. Imagen satelital de Digital Globe (2018). Google.

Para la evaluación de calidad del agua, se establecieron cuatro puntos de muestreo en el humedal y tres puntos en el manantial (Figura 10).



**Figura 10.** Puntos de muestreo en el humedal (temporada de secas y lluvias) y en el manantial (temporada de secas) de El Jardín Botánico El Charco del Ingenio. Elaboración propia. Imagen satelital de Digital Globe (2018). Google.

Las evaluaciones en los puntos de muestreo en el humedal se realizaron en temporada de secas y lluvias. Los puntos establecidos para el manantial solo se evaluaron en temporada de secas debido a la inaccesibilidad al manantial.

#### 4.2.2.1. Trabajo de campo

Las salidas de campo se realizaron en temporada de secas (febrero, 2017) y lluvias (agosto, 2017). Mediante un GPS marca GARMIN modelo 76 CSx, se localizaron los puntos de muestreo establecidos y se tomaron los datos de las coordenadas.

En cada punto de muestreo, se aplicaron las metodologías para evaluar flora, fauna, paisaje, riesgo de incendio y calidad del agua, como se explica a continuación:

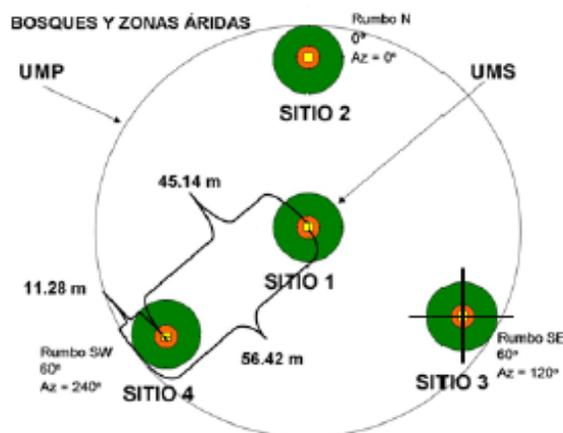
##### a) Flora

Para la determinación de flora se utilizó el muestreo por conglomerado (CONAFOR, 2011). Se estableció un punto central denominado sitio 1 y tres puntos equidistantes a 45.14 m ubicados al norte (sitio 2), al sureste (sitio 3) y al suroeste (sitio 4) del sitio 1 (

Figura 11). En cada sitio se registró en el formato (*Apéndice 1*), el número de individuos de cada especie, además del nombre científico o común en caso de conocerlo, agrupándolos en los siguientes estratos:

- Estrato herbáceo: hierbas, helechos, musgos y líquenes presentes un área de 1 m<sup>2</sup>
- Estrato arbustivo: individuos con DN < 7.5 cm y altura menor a 2 m, dentro de un radio de 2 m.
- Estrato arbóreo: individuos con DN > 7.5 cm y altura mayor a 2 m, en un radio de 11.28 m.

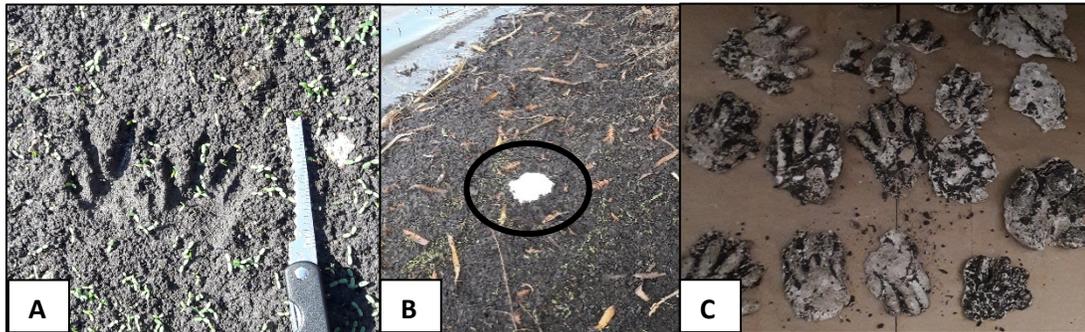
Finalmente se tomaron fotografías como evidencia.



**Figura 11.** Forma de la unidad de muestreo por conglomerados (CONAFOR, 2011).

## b) Fauna

Se realizó la búsqueda de rastros (huellas, excretas, refugios) de mamíferos en los cuatro sitios de cada punto de muestreo (Ministerio de Medio Ambiente, 2015). Para la identificación de huellas se tomaron fotos con una referencia métrica y después se colocó una mezcla de yeso en las mismas. Se dejó secar por 30 minutos y se obtuvieron los moldes. Se guardaron en bolsas de papel para la posterior identificación en gabinete (Figura 12).



**Figura 12.** Elaboración de molde de yeso en huella para la identificación de las huellas de la fauna presente en el área de estudio. **A.** Identificación de la huella; **B.** Vaciado de yeso en huella; **C.** Molde de huella

Además, se realizó la observación de aves mediante binoculares con aumento de 10x8. En cada sitio 1 de los puntos de muestreo, se observó durante 10 minutos para detectar la presencia de aves (Ministerio de Medio Ambiente, 2015). Se tomaron fotografías y para la identificación de las especies se utilizaron las guías: “National Geographic Northamerica” (Dunn y Alderfer, 2006) y “Guía de aves de El Charco del Ingenio” (Orozco, 2014), “A Field Guide to Mexican Birds” (Peterson y Chalif, 1973).

Se registraron los datos de los bioindicadores de mamíferos y de aves observadas en el formato correspondiente (*Apéndice 1*).

Para flora y para fauna, se registraron las especies invasoras que se observaron en los cuatro sitios de cada punto de muestreo conforme al formato correspondiente (*Apéndice 1*)

## c) Paisaje

En la evaluación de paisaje se consideraron 3 grupos de variables: elementos de paisaje, rareza y calidad y fragilidad visual (Martínez, Martín, Romero y García, 2003; Muñoz, 2004; Martínez, Romero y Echavarría, 2007) como se puede observar en la Tabla 10.

**Tabla 10.** Descripción de las variables evaluadas en el paisaje perteneciente al Jardín Botánico El Charco del Ingenio

Variables		Descripción
Elementos de Paisaje	Posición topográfica	Características del terreno tales como: planicie, ladera baja, ladera media, cumbre escarpada.
	Pendiente	Inclinación del terreno: plano, plano inundado.
	Pedregosidad	Para esta variable se considera como solo la abundancia, es decir el porcentaje de presencia en el campo visual.
	Drenaje superficial e inundación	<u>Drenaje superficial:</u> es la remoción de los excesos de agua acumulados sobre la superficie del terreno. <u>Inundación:</u> es la acumulación de agua en el terreno, que puede ser causada por lluvias, topografía muy plana e irregular y suelos poco permeables.
	Mantillo superficial	Capa sobre la superficie de suelo.
Rareza		Característica que denota la presencia de elementos poco comunes en la región. <u>Para evaluar esta variable,</u> se consideraron las siguientes características: morfología, vegetación, hidrología, color, fondo escénico, características excepcionales y actividades humanas.
Calidad y fragilidad visual		<u>Calidad visual:</u> es el grado de excelencia del paisaje para no ser alterado o destruido o bien para que su estructura se conserve. <u>Fragilidad:</u> es la susceptibilidad de un territorio al cambio cuando existe un uso sobre él, a su vez es la expresión del grado de deterioro ante la incidencia o ausencia de determinadas situaciones. <u>Para evaluar esta variable,</u> se consideraron las siguientes características: preferencia por el espectador, complejidad ecológica, no. de paisajes en el escenario ambiental, abundancia de los elementos naturales que componen el escenario ambiental, interacción de los elementos de influencia (complejidad), si la topografía permite o realza la visual del paisaje, campo visual, accesibilidad al sitio, elementos de influencia humana presentes y visibilidad de elementos naturales perturbados.

Además, se utilizaron los siguientes criterios, en donde, para los elementos de paisaje se establecieron una serie de opciones; mientras que para la rareza y calidad y fragilidad visual se estableció una ponderación numérica (*Apéndice 2*), de acuerdo con las características presentadas en el paisaje (Tabla 11).

**Tabla 11.** Criterios a evaluar por cada variable del paisaje en El Charco del Ingenio.

Características	Ponderación
Posición topográfica	Planicie, ladera baja, ladera media o cumbre escarpada.
Pendiente regional	Plano o plano inundado, ligeramente ondulado.
Pedregosidad	Poca (presencia de 30%), media (de 31 a 60%), mucha (de 61 a 100%)
Drenaje superficial e inundación	Presencia o ausencia.
Mantillo superficial	Presencia de pasto o presencia de humus.
Rareza *	5-alto, 3-intermedio, 1-bajo, 0-nulo. El valor de 5 es para calificar a la característica más positiva.
Calidad y fragilidad visual *	5-alto, 3-intermedio, 1-bajo. El valor de 5 es para calificar a la característica más positiva.

**Nota:** \* Para mayores referencias, consultar *Apéndice 2*.

En cada sitio 1 (determinado en la metodología de evaluación de flora) de los puntos de muestreo, se aplicó el formato (*Apéndice 3*). Las características se evaluaron por cada plano visual: norte, este, sur y oeste; con las respectivas ponderaciones o descripción de cada una (Tabla 11).

#### **d) Índice de riesgo de incendio (IRI)**

En cada sitio 1 de los puntos de muestreo, se aplicó el formato (*Apéndice 4*) para evaluar las características de los parámetros que permitieron calcular el IRI (Tabla 12), asignando un nivel para cada riesgo: 5 es alto, 3 es medio y 1 un nivel bajo de riesgo.

**Tabla 12.** Principales características por evaluar en campo para el cálculo del IRI.

Parámetro	Característica
Suelo	Profundidad de materia orgánica.
Topografía	Pendiente y exposición.
Combustibles	Presencia de combustibles ligeros, combustibles pesados y contenido de humedad de los materiales ligeros.
Vegetación	Presencia y distribución de vegetación hojosa, arbustiva y pastizal.
Servidumbres	Vías de acceso, recreación y zonas habitadas.
Otras actividades	Presencia de actividades agrícolas, de pastoreo y de residuos de aprovechamiento.

Una vez realizada la evaluación, se colectó una muestra del combustible forestal presente en la superficie del suelo en un espacio de 50x50 y se colocó en una bolsa de plástico; la muestra fue pesada y se registró este dato en campo. Las muestras se almacenaron en un área seca para su posterior trasladado al laboratorio.

#### **e) Calidad del agua (humedal y manantial)**

En los puntos establecidos, se tomaron los datos de las siguientes variables mediante un multiparámetro portátil: pH, temperatura, oxígeno disuelto y conductividad. El sensor se sumergió en el cuerpo de agua conforme a las indicaciones para la medición de parámetros de las normas técnicas aplicables (NMX-AA-008-SCFI-2001, NMX-AA-007-SCFI-2013, NMX-AA-012-SCFI-2001 y NMX-AA-093-SCFI-2000 respectivamente) y se registraron los datos en el formato correspondiente (*Apéndice 5*).

Para el análisis de  $\text{NO}_3$ ,  $\text{PO}_4$  y sólidos sedimentables se tomaron las muestras utilizando botellas de plástico de 1L; las botellas se sumergieron a medio metro de profundidad, fueron etiquetadas y se guardaron en una hielera para su conservación a una temperatura máxima de 4°C (conforme a lo establecido en las normas técnicas NMX-AA-079-SCFI-2001, NMX-AA-029-SCFI-2001, NMX-AA-004-SCFI-2013). Para la toma de muestras de coliformes fecales se utilizaron frascos estériles de 100 ml sumergiéndolos a 30 cm de la superficie del agua destapándolos y tapándolos dentro del agua, posteriormente fueron etiquetados (NMX-AA-042-SCFI-2015).

Así mismo, se registraron datos de las características del cuerpo de agua tales como el nivel de presencia de residuos orgánicos e inorgánicos y aceites en el formato respectivo (*Apéndice 5*).

#### **f) Características socioeconómicas**

En cada sitio 1 de los puntos de muestreo se registraron en el formato correspondiente (*Apéndice 6*) las características que presentó el área de influencia de la zona tales como los establecimientos presentes, número de caminos primarios, secundarios o terciarios, presencia de alguna actividad recreativa o económica, así como algunas observaciones como la presencia de residuos o tránsito de turistas.

#### **4.2.2.2. Trabajo de laboratorio**

##### **a) Índice de riesgo de incendio**

El contenido de humedad fue medido para cada una de las muestras colocándolas individualmente en una bolsa de papel. Posteriormente se secaron todas las muestras en un horno a 60 °C durante 48 horas (Bianchi L., et al., 2014; De Groot, Wardati y Wang, 2005). Una vez transcurrido este tiempo, fueron pesadas para calcular posteriormente el contenido de humedad mediante la fórmula correspondiente.

##### **b) Calidad del agua (humedal y manantial)**

Para la **determinación de  $\text{NO}_3$  y  $\text{PO}_4$**  se utilizó el colorímetro marca HACH modelo DR/890 (Figura 13). El método utilizado para determinar los  $\text{NO}_3$  fue el no. 8039 “Nitratos

de alto rango, 0 a 30.0 mg/L NO<sub>3</sub>-N”, en donde se introdujo el programa no. 51 en el colorímetro. Posteriormente se adicionó 10mL de una muestra de agua y el reactivo Nitra Ver 5 Nitrate Reagent Powder Pillow en la celda de muestra que posee el equipo, tapándola; se presionó “TIMER ENTER” en el colorímetro para empezar la primera reacción durante un minuto, se agitó vigorosamente la celda hasta que el temporizador sonó. Una vez que la pantalla mostró “5:00 TIMER 2” se presionó “ENTER” para comenzar la segunda reacción en la cual se dejó en reposo hasta que el temporizador sonó. Durante este último paso, se preparó una muestra blanco adicionando 10 ml de agua destilada a otra de las celdas. Una vez listas las dos celdas, la muestra blanco se colocó en el porta celdas del colorímetro, se tapó y se presionó “ZERO”. Finalmente se colocó la celda con la muestra de agua en el portaceldas, se tapó y se presionó la opción “READ” para obtener el valor de NO<sub>3</sub>-N (DR/890 Datalogging colorimeter handbook, 2004).

En lo referente a la determinación de PO<sub>4</sub> se utilizó el método no. 8114 “Fósforo de alto rango, 0 a 100.0 mg/L PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>”. Primeramente, se introdujo el programa no. 86 en el colorímetro. Después a una celda se adicionó 5 mL de agua desionizada y el reactivo “Reactive High Range Phosphorus Test” (muestra blanco) tapándola e invirtiéndola para mezclar; en otra celda se agregó 5 mL de una de las muestras de agua y “Reactive High Range Phosphorus Test” tapándola e invirtiéndola para mezclar. Se presionó “TIMER ENTER” en el colorímetro para empezar la primera reacción durante siete minutos y una vez que sonó el temporizador, se limpió la celda con la muestra blanco para retirar remanentes, se introdujo en el portaceldas, se tapó y se presionó ZERO. Posteriormente se colocó la celda con la muestra de agua en el portaceldas, se tapó y se presionó “READ” para obtener el valor de PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> (DR/890 Datalogging colorimeter handbook, 2004).



**Figura 13.** Colorímetro marca HACH, celdas y reactivo para la determinación de NO<sub>3</sub>-N y PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>.

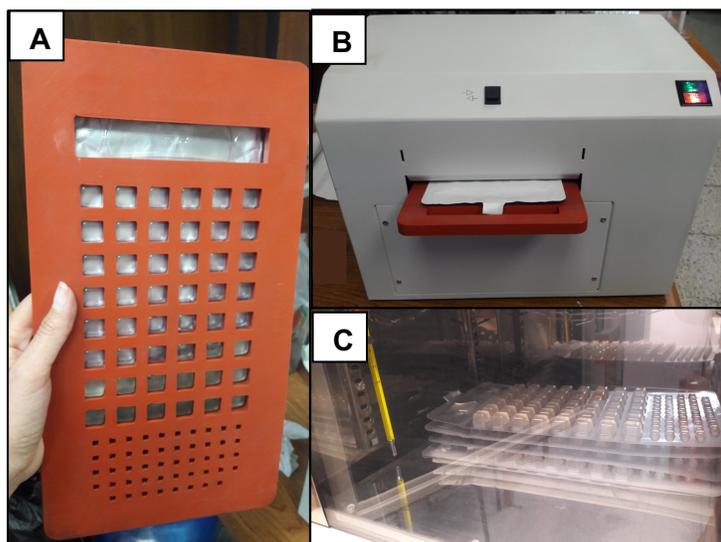
Para la **determinación de sólidos sedimentables**, se agitó 1L de agua de una muestra y se colocó en un cono de Imhoff (NMX-AA-004-SCFI-2013), cubriendo la apertura del cono con papel aluminio para evitar el paso de partículas del exterior. Se dejó sedimentar durante

5 días y se tomó el registro diario de los sólidos sedimentables en ml/L. Se realizó el mismo procedimiento para las muestras restantes (Figura 14).



**Figura 14.** Determinación de sólidos sedimentables a partir de la utilización de conos de Imhoff.

En cuanto a la **determinación de la presencia de coliformes fecales** se vació cada muestra de los frascos de 100 ml a las láminas contabilizadoras, se colocaron en las plantillas de sellado y se introdujeron en el equipo para sellarlas. Se dejó secar por 72 horas, en el horno a 40 °C, registrando el cambio de tonalidad cada 24 horas (Figura 15) y comparando con la tabla correspondiente para calcular la población de coliformes fecales correspondiente.



**Figura 15.** Determinación de coliformes fecales. A. Plantillas de sellado; B. Sellado de láminas de coliformes fecales; C. Secado de láminas de coliformes fecales en horno secador.

#### 4.2.2.3. Trabajo de gabinete

##### a) Flora

Se identificaron las especies de con mayor presencia en los puntos de muestreo (y que no pudieron identificarse en campo) mediante la consulta de las guías, inventarios y redes

herbolarias correspondientes (Red de Herbarios del Noroeste de México, s.f.; Rzedowski, 1978; Rzedowski G.C. y Rzedowski J., 2005; Cretcher, 2006; Meagher, 2007).

Se determinó la riqueza específica ( $S$ ), la abundancia y la diversidad alfa total en el ANP y en cada punto de muestreo, por cada temporada muestreada (secas y lluvias).

Para determinar la riqueza se registró el número de especies presentes, y para la abundancia el número de individuos por hectárea (Martínez et al., 2014).

En cuanto a la diversidad alfa, se utilizó el índice de Shannon ( $H'$ ) (Shannon, 1948; Jiménez et al, 2009; Martínez et al., 2014):

$$H' = - \sum_{i=1}^s p_i * \ln(p_i) \quad (1)$$

$$p_i = n_i/N$$

En donde:

$H'$  = índice de Shannon

$S$  = número de especies presentes

$\ln$  = logaritmo natural

$p_i$  = proporción de los individuos de la especie  $i$ , respecto al total de individuos.

$n_i$  = número de individuos de la especie  $i$

$N$  = número total de individuos

Además del inverso de Simpson partiendo de la ecuación del índice de dominancia del mismo (Lande, 1996; Moreno 2001; Magurran, 2004) como se muestra en la ecuación (2) y (3):

$$\lambda = \sum_{i=1}^s p_i^2 \quad (2)$$

$$1 - \lambda = \frac{1}{\sum_{i=1}^s p_i^2} \quad (3)$$

En donde:

$\lambda$  = índice de Simpson

$S$  = número de especies presentes

$\ln$  = logaritmo natural

$p_i$  = proporción de las especies

$n_i$  = número de individuos de la especie  $i$

$N$  = número total de individuos

Los datos obtenidos de los formatos (número de especies e individuos por punto de muestreo) fueron analizados con el software PRIMER and PERMANOVA y los valores obtenidos fueron georreferenciados con QGIS 2.14.11 (11 (QGIS, Development team, 2016) generando un mapa para el índice de Shannon y el inverso de Simpson por cada temporada.

Posteriormente se categorizaron los datos de cada índice en 3 categorías (diversidad baja, media y alta), dividiendo la diferencia entre el valor más alto y el más bajo en tres partes iguales (Tabla 13).

**Tabla 13.** Principales características por evaluar en campo para el cálculo del IRI.

Categoría	Secas		Lluvias	
	Shannon	Simpson	Shannon	Simpson
Baja	0-1.319	0-0.615	0-1.477	0-0.481
Media	1.320-1.727	0.616-0.723	1.478-2.00	0.482-0.7
Alta	1.728-2.134	0.724-0.831	2.201-2.924	0.701-0.919

Se identificó que la especie invasora con mayor presencia en los puntos muestreados fue el pasto *R. repens* conforme a lo registrado en el formato aplicado en campo (*Apéndice 1*); por lo que se establecieron tres categorías con los siguientes rangos

- Presencia baja: 0 % – 33 %
- Presencia media: 33.1 % – 66 %
- Presencia alta: 66.1 % - 100 %

Posteriormente, con los datos obtenidos en los cuatro sitios por cada punto de muestreo, se calculó el promedio; el resultado se categorizó conforme a los rangos mencionados anteriormente.

### **b) Fauna**

Para la identificación de la fauna presente a través de las huellas y excretas se consultaron las guías y libros: “Fauna Silvestre de México” (Leopold, 1977) y “Los Mamíferos de México” (Ramírez y Mudespacher, 1983).

### **c) Paisaje**

Se categorizaron los valores totales de cada característica de la Tabla 11 conforme a los rangos asignados para rareza y fragilidad visual, asignándoles un color (Tabla 14).

**Tabla 14.** Ponderación para los valores de rareza y calidad visual.

Categoría	Rangos	Color
<b>Rareza</b>		
Áreas con rasgos comunes	0-11	
Áreas con rasgos comunes y excepcionales	12-18	
Áreas con rasgos excepcionales	19-30	
<b>Calidad y fragilidad visual</b>		
Áreas degradadas	0-10	
Áreas paraclímax	11-30	
Áreas clímax	31-50	

Posteriormente se georreferenciaron los rangos por color obtenidos para cada punto de muestreo en QGIS 2.14.11 (11 (QGIS, Development team, 2016) generando un mapa para rareza y otro para calidad y fragilidad visual por cada temporada.

#### d) Índice de riesgo de incendio (IRI)

El porcentaje de contenido de humedad por cada muestra se obtuvo mediante la fórmula (4) (Canadian Interagency Forest Fire Centre 2002)

$$CH = \left( \frac{Ph - Ps}{Ps} \right) * 100 \quad (4)$$

En donde:

CH = Contenido de humedad

Ph = peso húmedo (g)

Ps = peso seco, (g) del combustible.

Después de haber calculado el contenido de humedad, se sumaron los valores obtenidos en campo por cada característica de la Tabla 12 y se categorizaron considerando tres rangos como se muestran en la (Tabla 15). Posteriormente se georreferenciaron con QGIS 2.14.11 (QGIS, Development team, 2016) para generar un mapa.

**Tabla 15.** Rangos de riesgo de incendio utilizados para categorizar los valores totales por punto de muestreo.

Categoría	Rangos	Color
Riesgo alto	46-75	
Riesgo medio	16-45	
Riesgo bajo	1-15	

#### e) Características socioeconómicas

Los resultados de cada variable (número de caminos y establecimientos, actividades recreativas y económicas presentes) obtenidos en campo se registraron en una matriz.

Además, conforme a las observaciones anotadas, se agregaron variables como: residuos encontrados, acumulación de combustibles, evidencia de incendios y número de turistas.

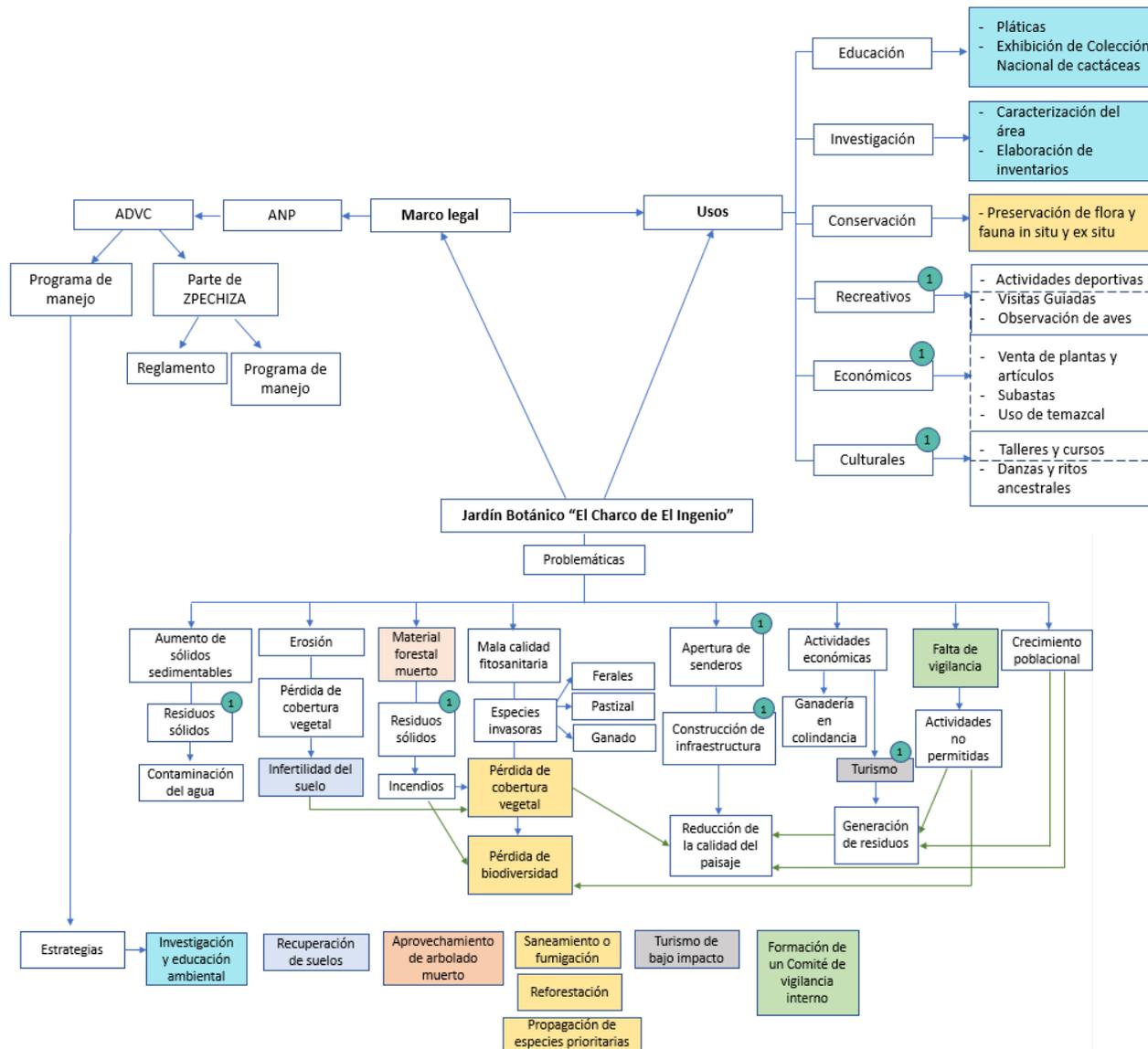
#### 4.2.2.4. Diseño y aplicación de encuestas

Para el diseño de las encuestas se identificaron los principales conceptos, problemáticas, usos y actividades relacionadas con el ADVC El Charco del Ingenio mediante la realización de un mapa conceptual (Figura 16). Con esta herramienta se identificaron, además, a los actores principales que intervienen en el manejo y en las problemáticas del área natural protegida (Tabla 16).

**Tabla 16.** Actores identificados y su relación con los principales aspectos del área.

Actor identificado	Relación con	Acciones
Personal administrativo	Usos del área Marco legal Problemáticas	- Organización de eventos y actividades. - Establecimiento de reglamento del área. - Establecimiento de acciones de manejo y conservación.
Personal de vigilancia	Problemáticas	Vigilancia en el área
Turistas	Usos del área Marco legal Problemáticas	Actividades deportivas, recreativas y culturales en el área.

Una vez identificados los actores y su función dentro del área, se diseñaron las encuestas para los visitantes y las entrevistas al personal de vigilancia.



**Figura 16.** Mapa conceptual de los aspectos importantes de El Charco del Ingenio, Guanajuato (*Elaboración propia*).

**Notas:** 1. Los cuadros de color corresponden a: relación entre estrategias y problemáticas; relación entre estrategias y usos del área.

2. La numeración corresponde a la relación entre usos y problemáticas.

### a) Encuesta a visitantes

Para conocer la perspectiva del área que tienen los visitantes, se realizó una encuesta (Apéndice 7 y 8) estructurada con preguntas abiertas y cerradas para las siguientes secciones:

- Datos generales del entrevistado: edad, género, escolaridad y nacionalidad.
- Visitas y participación por parte del entrevistado: frecuencia con que las personas visitan el área y las áreas mayormente frecuentadas.
- Conocimiento del área: detección de factores y características del lugar conocen los visitantes.
- Percepción del área: identificación de aspectos desagradables del área para los visitantes y si han identificado problemáticas en ella.

Las variables que se consideraron en la encuesta, así como su utilidad, se muestran en la Tabla 17. Estas variables serán de utilidad para el posterior análisis de las relaciones entre ellas y para el establecimiento de lineamientos dentro del área.

**Tabla 17.** Utilidad de las variables consideradas en el diseño de la encuesta.

Variable	Utilidad
Edad	Identificar los grupos de edad principales para enfocar las estrategias (educación ambiental, curso y talleres, colocación de letreros) y establecer actividades dentro del área.
Escolaridad	Identificación de los niveles de escolaridad para tomar en cuenta en el desarrollo de pláticas, talleres, difusión de la información.
Nacionalidad	Conocer las nacionalidades de los visitantes e investigar si el servicio brindado del Jardín Botánico considera esto.
Género	Conocer si existe mayor afluencia de visita por parte de mujeres u hombres.
Medio de difusión de la existencia de El Charco	Comprobar que estrategias de difusión han tenido éxito.
Frecuencia de visitas	Identificar que tan frecuentemente visitan el Jardín Botánico.
Áreas visitadas	Identificar las áreas con mayor afluencia de visitantes y considerarlo en el establecimiento de los grados de atención en determinadas zonas y en las estrategias a proponer.
Conocimiento de que es un ANP particular	Determinar que tanto conocen los visitantes sobre el Jardín Botánico y considerar si es necesario difundir más este tema.
Conocimiento de actividades recreativas	Conocer si los visitantes conocen la existencia de estas actividades y si es necesario, proponer programas de difusión.
Actividades conocidas del J.B.	Identificar cuáles son las actividades más conocidas por los visitantes, así como las menos conocidas que podrían requerir mayor difusión.

Variable	Utilidad
Actividades consideradas adecuadas	Conocer la percepción de los visitantes sobre las actividades que considerarían adecuadas para El Charco.
Actividades realizadas	Identificar cuáles son las actividades que los visitantes realizan más.
Actividades que le gustaría que existieran	Las actividades seleccionadas por el mayor número de encuestados se considerarán para proponer la implementación de estas y atraer a más visitantes.
Foto agradable	Conocer si la presencia de pastizal y menor número de individuos vegetales es agradable o desagradable visualmente para los visitantes. Esto permite conocer la perspectiva que tienen sobre las áreas del Jardín Botánico.
Aspecto que no es agradable en el J.B.	Conocer que aspectos desagradables son los mayormente observados en El Charco y así enfocar las líneas de acción en dichos aspectos.
Aspectos generales observados	Identificar cuáles son los aspectos que fueron seleccionados por más visitantes ayuda a conocer lo que los visitantes han observado dentro del área. *Las opciones establecidas como aspectos generales se consideran como aspectos negativos sin ser mencionados como tales en la encuesta.
Percepción de problemática en el área	Conocer el porcentaje de visitantes encuestados que perciben una problemática. Si el porcentaje es bajo, se consideraría la modificación o adición de estrategias para dar a conocer las problemáticas que causan determinadas acciones realizadas por los visitantes.
Problemáticas observadas	Identificar las problemáticas que son percibidas por los visitantes. Al ser una pregunta abierta, es posible obtener información que no se había considerado. *Después de darles un panorama de los aspectos generales o desagradables del área, esta pregunta permite conocer si identifican como problemáticas algunos de esos aspectos.
Servicio brindado	Saber la percepción que tienen los visitantes sobre el servicio y si es necesario, proponer las modificaciones pertinentes para mejorarlo.

El tamaño de muestra establecido fue de 50, considerando la afluencia diaria promedio de los visitantes. La encuesta se aplicó de forma impresa y a las personas que habían terminado su visita. Los datos obtenidos fueron capturados y analizados.

#### **a) Entrevista al personal de vigilancia**

Se realizó una entrevista a dos vigilantes de base (*Apéndice 9*). En esta entrevista se tomó en cuenta:

- Las actividades que realizan en el área.
- Las principales áreas que vigilan y con qué frecuencia.
- Las actividades no permitidas que han visto y quién o quienes las han realizado.
- Los factores que, en su opinión, motivan a que se realicen las actividades no permitidas.
- Sugerencias para mejorar el Jardín Botánico El Charco del Ingenio.

### 4.2.3. Análisis de las relaciones existentes entre los factores legales, ambientales y socioeconómicos

Mediante los resultados obtenidos del diagnóstico ambiental se elaboró un esquema en donde se identificaron las relaciones causa-efecto de los factores legales, ambientales y socioeconómicos tomando en cuenta algunas características utilizadas en metodologías como la identificación y evaluación de aspectos ambientales (ISO, 2004; Inhobe, 2009). Además, se identificaron las relaciones negativas y positivas entre las variables de los mismos o diferentes factores. Se consideraron como parte de los factores ambientales el sustrato, flora, fauna y paisaje; como parte de los factores socioeconómicos y legales, se consideró el manejo del área.

### 4.2.4. Grados de atención y elaboración de estrategias para el ADVC El Charco del Ingenio

#### 4.2.4.1. Grados de atención

Para identificar las áreas que necesitan mayor atención debido a las problemáticas que poseen y así establecer las estrategias de acuerdo con sus requerimientos, se determinó el grado de atención por punto de muestreo. Primeramente, se seleccionaron las principales variables de estado y de presión (Tabla 18) a partir de la información obtenida del diagnóstico ambiental y del análisis de las relaciones existentes entre los factores estudiados. Se consideraron las variables pertenecientes al factor ambiental y socioeconómico únicamente, debido a que las pertenecientes al factor legal se analizaron aparte.

**Tabla 18.** Variables seleccionadas para la determinación de los grados de atención en el Jardín Botánico El Charco del Ingenio.

Factor	Variables	Clasificación PER
<b>Ambiental</b>	Índice de Shannon	Estado
	Inverso de Simpson	Estado
	Rareza	Estado
	Calidad y fragilidad visual	Estado
	IRI (únicamente en temporada de secas)	Estado
	Presencia de <i>R. repens</i>	Presión
<b>Socioeconómico</b>	Senderos presentes a un máximo de 10 m del punto de muestreo	Presión
	Evidencia de que se haya presentado un incendio	Presión
	Residuos inorgánicos	Presión
	Combustible acumulado por el personal del ANP	Presión
	Transito frecuente de turistas	Presión

Posteriormente se normalizaron los valores de las cinco variables de estado, además de una variable de presión (presencia de *R. repens*). A cada variable se le asignó un nuevo valor considerando las categorías determinadas en el análisis de trabajo en gabinete del apartado 4.2.2.3. (Tabla 19); en la asignación de los nuevos valores se consideraron los siguientes criterios:

- 5= indica características negativas
- 3= indica algunas características negativas
- 1= indica características negativas mínimas o nulas

**Tabla 19.** Ponderación de las variables seleccionadas para la normalización de los datos.

<b>Factor</b>	<b>Categorías establecidas en gabinete</b>	<b>Nueva ponderación</b>
<b>Índice de Shannon, Inverso de Simpson</b>	Bajo	5
	Medio	3
	Alto	1
<b>Rareza</b>	Áreas con rasgos comunes	5
	Áreas con rasgos comunes y excepcionales	3
	Áreas con rasgos excepcionales	1
<b>Calidad y fragilidad visual</b>	Áreas degradadas	5
	Áreas paraclímax	3
	Áreas clímax	1
<b>IRI (únicamente en temporada de secas)</b>	Riesgo alto	5
	Riesgo medio	3
	Riesgo bajo	1
<b>Presencia de <i>R. repens</i></b>	Alta	5
	Media	3
	Baja	1

Para las variables socioeconómicas se utilizaron los siguientes criterios, considerando que la presencia de alguna de estas variables puede tener un efecto negativo.

- 0= ausencia
- 1= presencia

Una vez normalizados los datos, se conjuntaron los valores de las variables seleccionadas (Ortega, Barba, Valadez, Breceda, Espitia, et al., 2014) en una matriz para los valores obtenidos en temporada de lluvias y otra matriz para temporada de secas.

Después, se establecieron tres categorías de grado de atención (alto, medio y bajo) y los rangos para cada una (Tabla 20).

**Tabla 20.** Rangos de valores para cada grado de atención por temporada.

Temporada de secas			Temporada de lluvias		
Grados de atención	Rango de valores	Color	Grados de atención	Rango de valores	Color
Alto	21 -35		Alto	18- 30	
Medio	7 - 20		Medio	6 - 17	
Bajo	0 - 6		Bajo	0 -5	

En la matriz, se sumaron los valores obtenidos por cada punto de muestreo y se categorizaron en los grados de atención correspondientes a la Tabla 20. Finalmente se elaboró un mapa por cada temporada (utilizando QGIS 2.14.11) señalando el grado de atención en cada punto de muestreo con el color correspondiente (Tabla 20).

#### 4.2.4.2. Elaboración de estrategias

Por cada punto de muestreo de la matriz elaborada, se revisaron las variables con los valores más altos para determinar la problemática más predominante en esa área. Una vez identificadas las problemáticas por área, con base en los resultados obtenidos en las encuestas, en el análisis de las relaciones entre los factores legales, económicos y socioeconómicos y en una revisión bibliográfica, se establecieron los enfoques de las estrategias. Después, se asignaron los puntos de muestreo por cada enfoque establecido (dependiendo de la problemática predominante).

Conforme el grado de atención obtenido por cada punto, se asignó la temporalidad para implementar la estrategia; en los puntos con un grado alto de atención se recomendó realizar las estrategias a corto plazo (1-2 años), los de un grado medio de atención a mediano plazo (5 años) y los de un grado bajo, a largo plazo (más de 5 años).

Así mismo se propusieron algunos indicadores (utilizados durante el diagnóstico) como línea base para continuar con el monitoreo de las estrategias propuestas para el ANP (Casson, Martín, Watson y Kormos, 2016).

## Capítulo V. Resultados y discusión

### 5.1. Evaluación de las principales variables que determinan el funcionamiento legal, ambiental y socioeconómico del área de estudio

De acuerdo con la metodología descrita, se analizaron los factores legales del área, así como los factores ambientales y socioeconómicos por cada punto de muestreo o área correspondiente, obteniendo los siguientes resultados.

#### 5.1.1. Marco legal

Analizando la legislación aplicable al Jardín Botánico El Charco del Ingenio como **ANP Federal**, cumple con lo establecido.

Con respecto a lo que compete por ser una **UMA**, cumple con lo estipulado en la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente en el artículo 83, al resguardar dichas áreas de modificaciones negativas para las especies conservadas en el invernadero ubicado al sureste del Jardín. Conforme a lo establecido en el artículo 87, en el área se reproducen las plantas de forma controlada.

Conforme a lo establecido en el **Reglamento para la ZPECHIZA** del municipio de San Miguel de Allende (2011), se observó que la fracción IV no se cumple debido a que en los límites del humedal con el Parque Landeta se detectaron residuos que a su vez son arrastrados hacia los cuerpos de agua del Jardín Botánico. En cuanto a la fracción VII, al ser considerado el Jardín Botánico como área núcleo de la ZPECHIZA se observa que no se cumple debido a la extracción de arácnidos del área y al maltrato a la avifauna (conforme a lo observado por los vigilantes del área). Finalmente se incumple la fracción XII al observarse actividades como ingestión de bebidas alcohólicas, además del traspaso de los límites del Jardín Botánico desde la ZPECHIZA sin autorización.

En el artículo 8, se menciona que el área núcleo de la Zona de Preservación Ecológica únicamente se podrán desarrollar actividades de conservación ambiental, investigación, educación, recreación y festividades tradicionales que sean compatibles con el objetivo primordial del sitio. Las obras de infraestructura que se lleven a cabo dentro de esta área deberán ser exclusivamente en función de dichas actividades o contar con la aprobación de la Dirección de Ecología. Conforme a lo observado en el diagnóstico ambiental, el Jardín Botánico cumple con lo dispuesto en lo concerniente a este artículo

Y en lo relacionado al **documento de certificación**, el reglamento interno que establece no se contrapone con lo mencionado en el artículo 7 del Reglamento de la ZPECHIZA, sin embargo, considerando los resultados obtenidos de las entrevistas a los visitantes del área y vigilantes, solo se ha dado cumplimiento a “no se permite prender radiograbadoras”.

Cabe señalar que el documento de certificación no aclara la pertinencia de lo establecido en el Reglamento y programa de manejo de la ZPECHIZA con respecto a lo estipulado en este, es decir no señala lo que ya no aplicaría al ADVC al ser un ANP federal. A pesar de esto, las disposiciones asignadas para cada ANP, no se contraponen cumpliendo con lo establecido en el artículo 77 BIS, fracción IV de la LGEEPA (DOF, 1988).

### 5.1.2. Índices de diversidad de flora

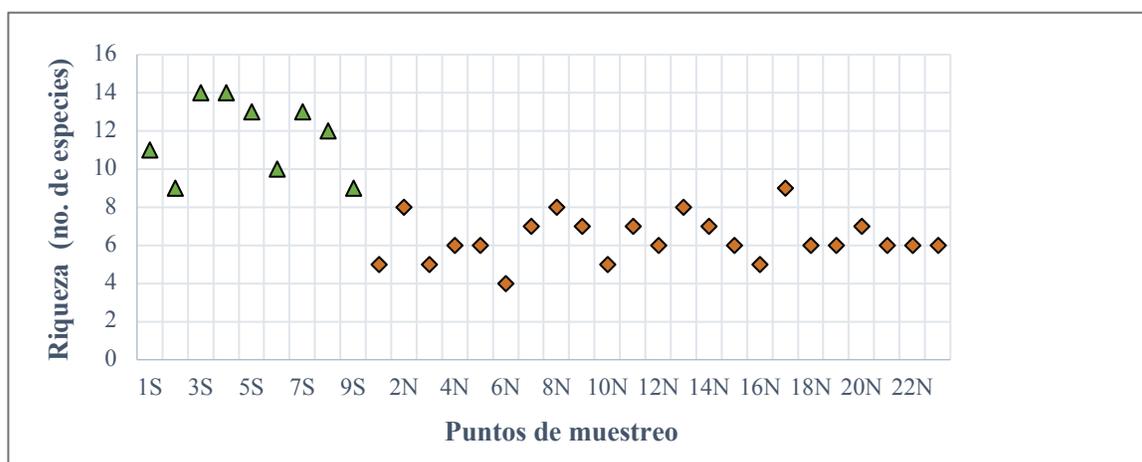
Con la información recopilada del muestreo se obtuvieron los datos para calcular los índices de diversidad para la vegetación del ANP tanto en temporada de seca, como en temporada de lluvia.

#### a) Temporada de seca

Algunas de las principales especies que se registraron fueron: *Opuntia tomentosa*, *O. engelmannii*, *O. streptacantha*, *O. robusta*, *Cylindropuntia imbricata*, *Myrtillocactus geometrizans*, *Acacia farnesiana* y *A. schaffneri*. Se observó, además, mayor dominancia del pasto *Rhynchelytrum repens*, principalmente en la ladera norte. Además, se observó la presencia de epifitas en algunos individuos pertenecientes al género *Acacia* y a la especie *Prosopis laevigata* con una presencia desde un 10 hasta un 80 % en el individuo.

En el ANP, se registró una riqueza promedio de 8 especies ( $s= 2.8 \pm$ ). Los puntos con mayor riqueza de especies fueron el 3 S (14), 4 S (14), 5 S (13) y 7 S (13) como se observa en la Gráfica 1.

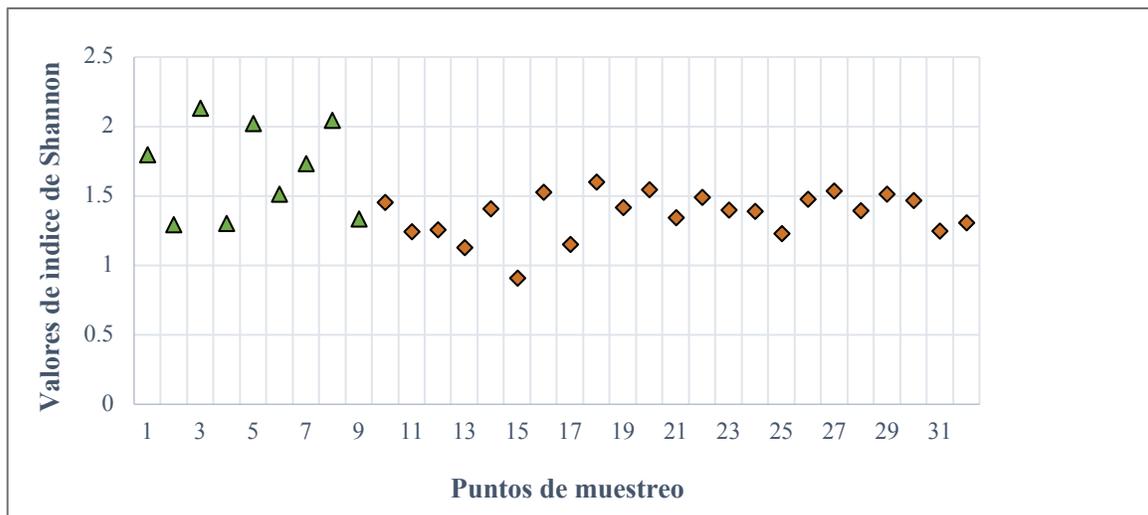
La mayor abundancia absoluta de individuos en el área se presentó en el estrato arbustivo. La ladera con mayor abundancia fue la ladera sur.



**Gráfica 1.** Riqueza de especies vegetales por punto de muestreo en temporada de seca en El Charco del Ingenio.

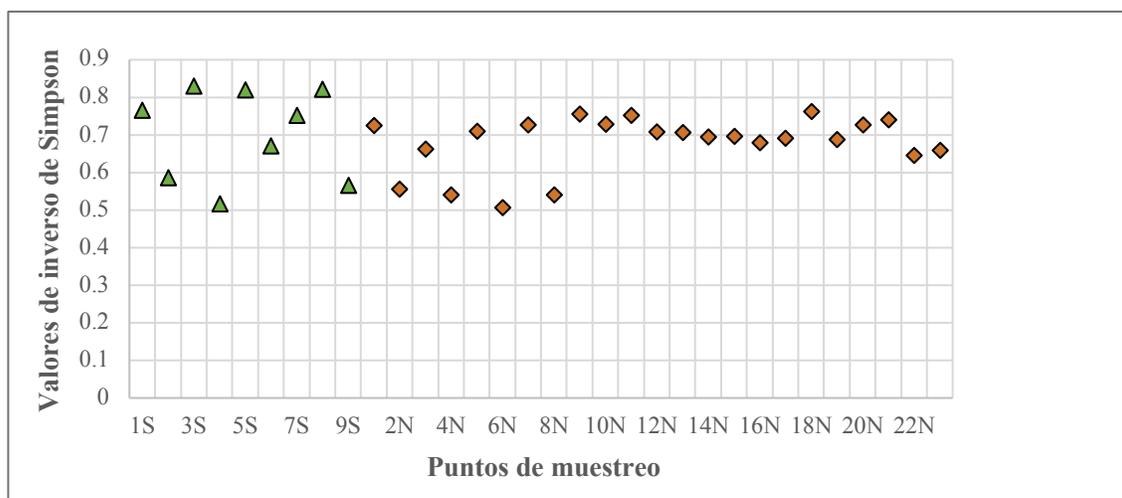
El ANP registró un índice de Shannon de 2.38. Los puntos con los valores más altos pertenecieron a la ladera sur: 3 S (2.13), 8 S (2.04) y 5 S (2.02). Los de valores más bajos

se registraron en la ladera norte, en los puntos: 6 N (0.91), 4 N (1.13) y 8 N (1.15) (Gráfica 2).



**Gráfica 2.** Índice de Shannon de la vegetación por punto de muestreo en temporada de seca en El Charco del Ingenio.

En lo referente al inverso de Simpson, el ANP presentó un valor de 0.86. Los valores más altos también pertenecieron a la ladera sur en los puntos 3S (0.83), 5S (0.82) y 8S (0.82). La mayoría de los que poseen los valores más bajos a la ladera norte: 6 N (0.50), 4 S (0.51) y 4 N (0.54) (Gráfica 3). La tendencia de los datos es similar a la del índice de Shannon.



**Gráfica 3.** Inverso de Simpson de la vegetación por punto de muestreo en temporada de seca en El Charco del Ingenio.

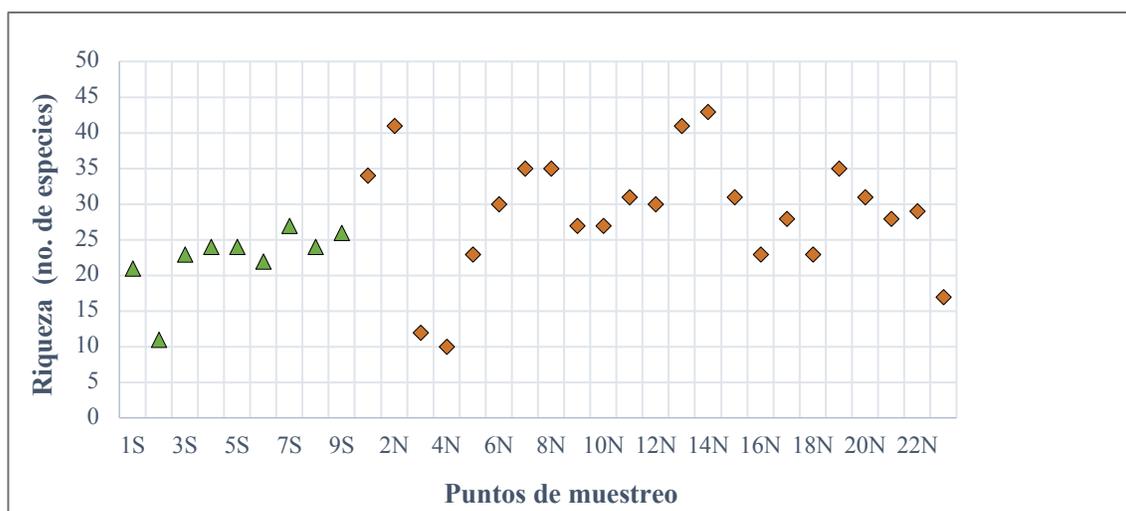
Los resultados obtenidos de la categorización de los valores para el índice de Shannon muestran que: la mayoría de los puntos que poseen una diversidad baja y media se encuentran en la ladera norte, los valores con alta diversidad se encuentran únicamente en la ladera sur (Tabla 21).

**Tabla 21.** Puntos de muestreo por categorías de diversidad del índice de Shannon y Simpson en secas.

Índices de diversidad	Diversidad baja	Diversidad media	Diversidad alta
<b>Shannon</b>	2 S, 4 S, 2 N, 3 N, 4 N, 6 N, 8 N, 16 N, 22 N, 23 N	6S, 9S, 1N, 5N, 7N, 9N, 10N, 11N, 12N, 13N, 14N, 15N, 17N, 18N, 19N, 20N, 21N	1 S, 3 S, 5 S, 7 S, 8 S,
<b>Inverso de Simpson</b>	2 S, 4 S, 9 S, 2 N, 4 N, 6 N, 8 N,	6 S, 3 N, 5 N, 12 N, 13 N, 14N, 15 N, 16 N, 17 N, 19N, 22 N, 23 N	1 S, 3 S, 5 S, 7 S, 8 S, 1 N, 7 N, 9 N, 10 N, 11 N, 18 N, 20 N, 21 N,

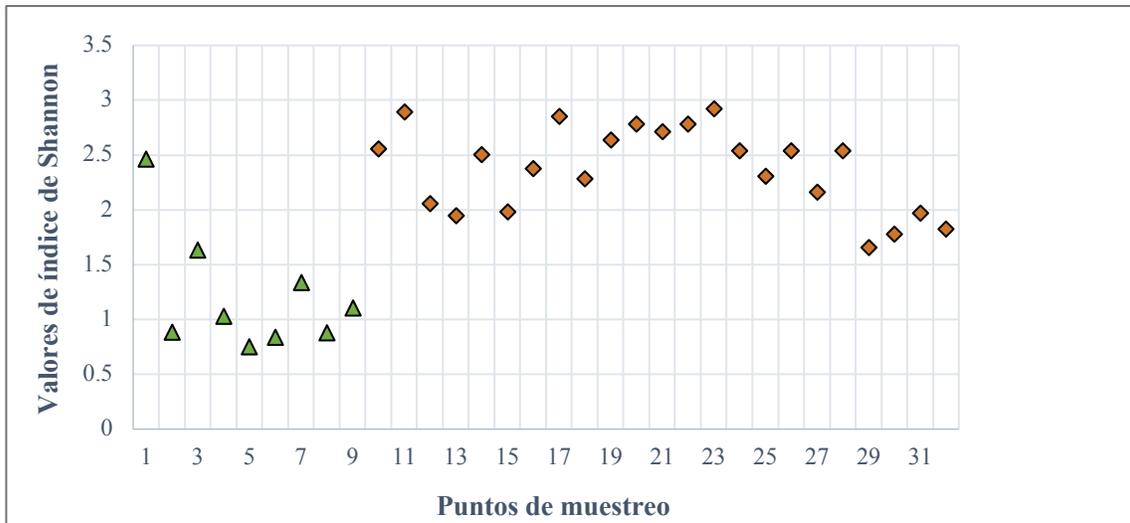
**a) Temporada de lluvias**

La riqueza promedio del área fue de 27 especies ( $s= 8 \pm$ ). Los puntos con mayor riqueza de especies fueron el 14 N (43), 1 N (34) y 15 N (31) como se visualiza en la Gráfica 4. Riqueza de especies vegetales por punto de muestreo en temporada de lluvias en El Charco del Ingenio. La mayor abundancia del área en esta temporada se presentó en el estrato herbáceo y en la ladera sur.



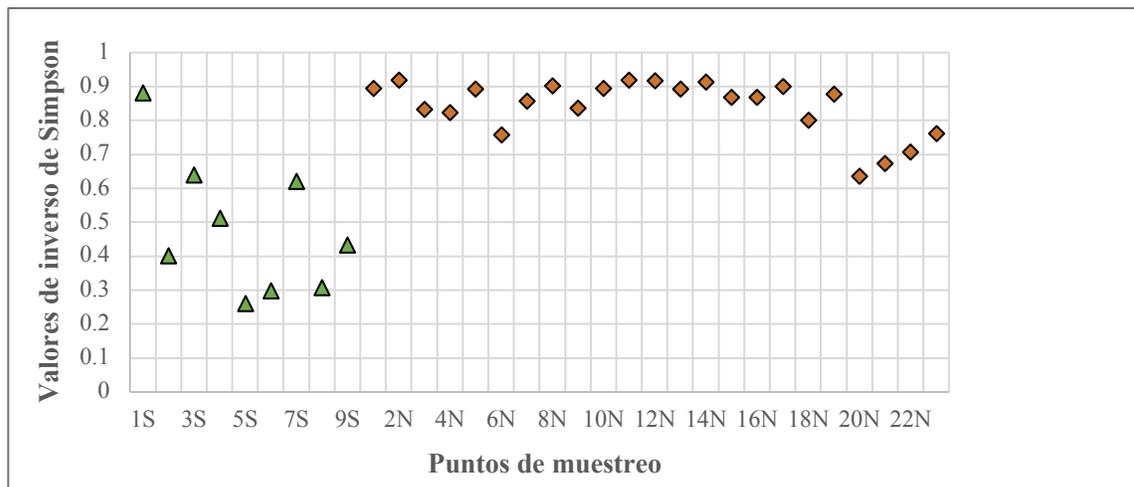
**Gráfica 4.** Riqueza de especies vegetales por punto de muestreo en temporada de lluvias en El Charco del Ingenio.

En índice de Shannon de área fue de 2.94. Los valores más altos se registraron en la ladera norte en los puntos 14 N (2.92), 2 N (2.89) y 8 N (2.86); los valores más bajos se registraron en 5 S (0.75) , 6 S (0.84) y 8 S (0.88) como puede observarse en la Gráfica 5.



**Gráfica 5.** Índice de Shannon de la vegetación por punto de muestreo en temporada de lluvias en El Charco del Ingenio.

En lo referente al inverso de Simpson se obtuvo un valor total de 0.85; los puntos con valores más altos se registraron en 2 N (0.92), 11 N (0.92), 12 N (0.92), y 14 N (0.91); los más bajos se encontraron en 5S (0.26), 6 S (0.30) y en 6S (0.31) como se observa en la Gráfica 6.



**Gráfica 6.** Inverso de Simpson de la vegetación por punto de muestreo en temporada de lluvias en El Charco del Ingenio.

Para los puntos categorizados en diversidad baja, media y alta conforme a los valores del índice de Shannon, se observa que la mayoría de los que poseen una diversidad baja se encuentran en la ladera sur; mientras que los valores de alta diversidad se encuentran en la ladera norte. Esto sucede también con los valores obtenidos del inverso de Simpson. Además, se observa que algunos puntos con los valores del índice Shannon y del inverso de Simpson, coinciden en las categorías establecidas (Tabla 21).

**Tabla 22.** Puntos de muestreo por categorías de diversidad del índice de Shannon y Simpson en lluvias.

Índices de diversidad	Diversidad baja	Diversidad media	Diversidad alta
<b>Shannon</b>	2S, 4S, 5S, 6S, 7S, 8S, 9S,	3S, 3N, 4N, 6N, 18N, 20N, 21N, 22N, 23N	1S, 1N, 2N, 5N, 7N, 8N, 9N, 10N, 11N, 12N, 13N, 14N, 15N, 16N, 17N, 19N
<b>Inverso de Simpson</b>	2S, 5S, 6S, 8S, 9S,	3S, 4S, 7S, 20N, 21N,	1S, 1N, 2N, 3N, 4N, 5N, 7N, 8N, 9N, 10N, 11N, 12N, 13N, 14N, 15N, 16N, 17N, 18N, 19N, 22N, 23N

El análisis de los índices de diversidad nos muestra que la zona en general tiene una diversidad media, el Índice inverso de Simpson considera que las especies no abundantes son de baja importancia y las abundantes si lo son, este índice presenta en general valores medios, llegando a tener valores altos en época de lluvias; por lo que respecta al índice de Shannon sume que el hábitat contiene un número infinito de individuos, presentando valores de bajos a medios en ambas temporadas.

Al comparar con otros estudios realizados en ecosistemas similares o tipos de vegetación similares, se encontró que el índice de Shannon en temporada de lluvia del presente trabajo ( $H' = 2.94$ ), es similar al registrado por Martínez et al. (2014) en un matorral espinoso ( $H' = 2.13$ ), al obtenido de la evaluación de especies leñosas ( $H' = 3.13$ ) en matorral desértico rosetófilo (Mata et al., 2015) y a lo obtenido en sitios con disturbio ( $H' = 2.21-2.64$ ) de un matorral desértico micrófilo (González, et al., 2016). Cabe destacar que en los dos primeros estudios no consideraron todas las especies del estrato herbáceo por lo que el índice del ADVC podría acercarse más a lo obtenido por González, et al. (2014) en donde evaluaron los tres estratos (herbáceo, arbustivo y arbóreo); además las condiciones biofísicas y la influencia humana en cada área es diferente por lo que resulta difícil realizar una comparación entre áreas de estudio, aunque posean un tipo de vegetación similar.

Ambos índices se ven afectados por la presencia de la especie invasora *R. repens*, predominando en ambas laderas por lo que se observó la dominancia de esta especie en la mayoría de los puntos de muestreo. También se pudo observar que esta especie es más abundante en época de secas, ya que en época de lluvias aparecen herbáceas nativas (*Eryngium heterophyllum* y *Mercadonia procumbens*, entre otras) que son una importante competencia para su desarrollo.

### 5.1.3. Fauna

Para la fauna se obtuvieron registros de observación en los puntos en donde se realizaron los muestreos de vegetación. En temporada de secas se observó una mayor cantidad de especies e individuos, destacando un mayor número de especies de aves visualizadas, debido a que en esta temporada se encontraban varias aves migratorias en la zona.

Así mismo, en las zonas cercanas al humedal, así como en los islotes (ubicados en la parte central del humedal), se registró mayor presencia de especies e individuos (en temporada de secas). En esta zona se observaron huellas de mamíferos que tenían acceso a algunos de los islotes por el bajo nivel del agua, además de aves que se refugiaban en el humedal.

Las especies encontradas fueron: *Bassariscus astutus* (cacomixtle), *Pyrocephalus rubinus* (mosquero cardenal), *Pheucticus melanocephalus* (pico gordo tigrillo), *Cyananthus latirostris*, *Archilocus alexandri* (colibríes), *Anas acuta* y *A. strepera* (patos) coincidiendo con los listados del ANP (Orozco, 2014; Hernández y Arias, 2012). También se observaron especies invasoras como: *Felis silvestris catus* (gato doméstico), *Canis lupus familiaris* (perro), algunas vacas, cabras y ovejas.

### 5.1.4. Índice de riesgo de incendio

Para el Contenido de Humedad (CH), se obtuvo un promedio de 6.97 ( $s= 5.96 \pm$ ) para la ladera sur y 8.46 ( $s= 9.08 \pm$ ) para la ladera norte.

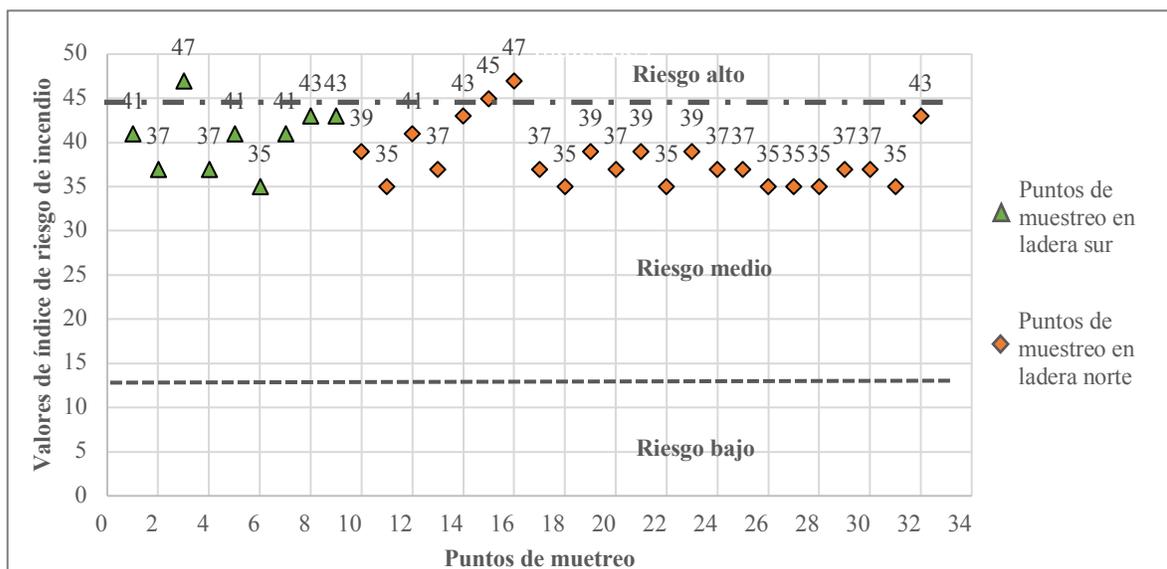
En cuanto al total de puntos de muestreo, se observó que la gran mayoría (96.88 %) arrojó un CH menor al 30%; mientras que sólo el 3.12% arrojó un CH mayor al 30% (Tabla 23). Por lo que debido al bajo CH registrado, el área presenta una gran presencia de material combustible muerto conforme al rango mencionado (CH menor a 30%) por Bianchi y colaboradores (2014).

También se observó la presencia de combustibles finos (principalmente por los restos del pasto *R. repens*) por lo que aumenta la probabilidad de que se enciendan y propaguen rápidamente (Rothermel, 1972) en un incendio. Los puntos 14N, 17N, 20N y 21N, registraron un contenido nulo de humedad (Apéndice 10) por lo que, en primera instancia, son los puntos con mayor probabilidad de ignición.

**Tabla 23.** Puntos de muestreo por rangos de contenido de humedad obtenidos en el muestreo en temporada de secas.

Contenido de humedad (%)	Puntos de muestreo	Porcentaje de puntos de muestreo (%)
0-5	1S, 5S, 6S, 8S, 2N, 6N, 10N, 14N, 17N, 18N, 20N y 21N	37.50
5-10	2S, 3S, 4S, 7S, 1N, 4N, 7N, 8N, 11N, 15N, 16N, 19N y 22N	40.63
10-15	3N, 5N, 12N, 13N y 23N	15.63
10-15	9S	3.12
30-35	9N	3.12

En cuanto al índice de riesgo de incendio, el 6.25 % del total de puntos presentaron riesgo alto de que se presente un incendio. El 93.75 % de los puntos de muestreo presentaron un riesgo medio, mientras que el porcentaje que presentó un riesgo bajo es nulo (Gráfica 7). En la ladera sur se observó que el 88.89 % de los puntos de muestreo presentó un riesgo medio, y un 11.11% un riesgo alto (punto 3 S). En la ladera norte el 95.65 % de los puntos arrojó un riesgo medio, y el 4.35 % un riesgo alto (punto 7 N).



Gráfica 7. Valores del índice de riesgo de incendio en “El Charco del Ingenio”.

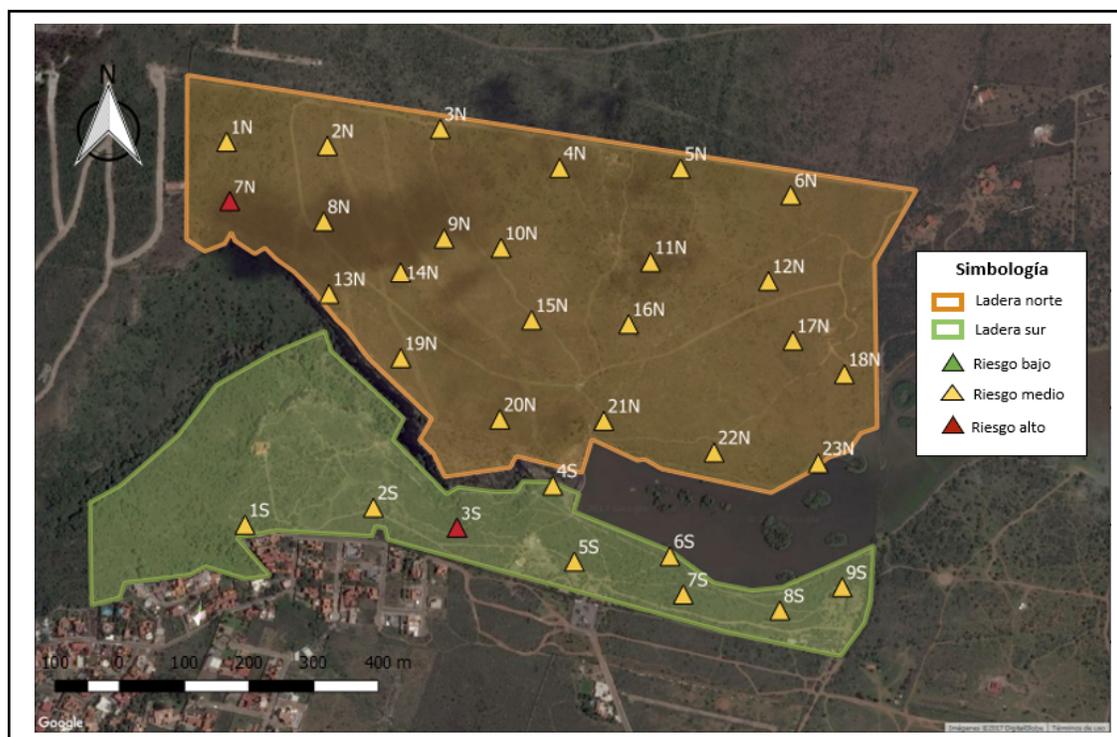


Figura 17. Índices de riesgo de incendio en el Jardín Botánico El Charco del Ingenio, en temporada de secas. Elaboración propia. Imagen satelital de Digital Globe (2018). Google.

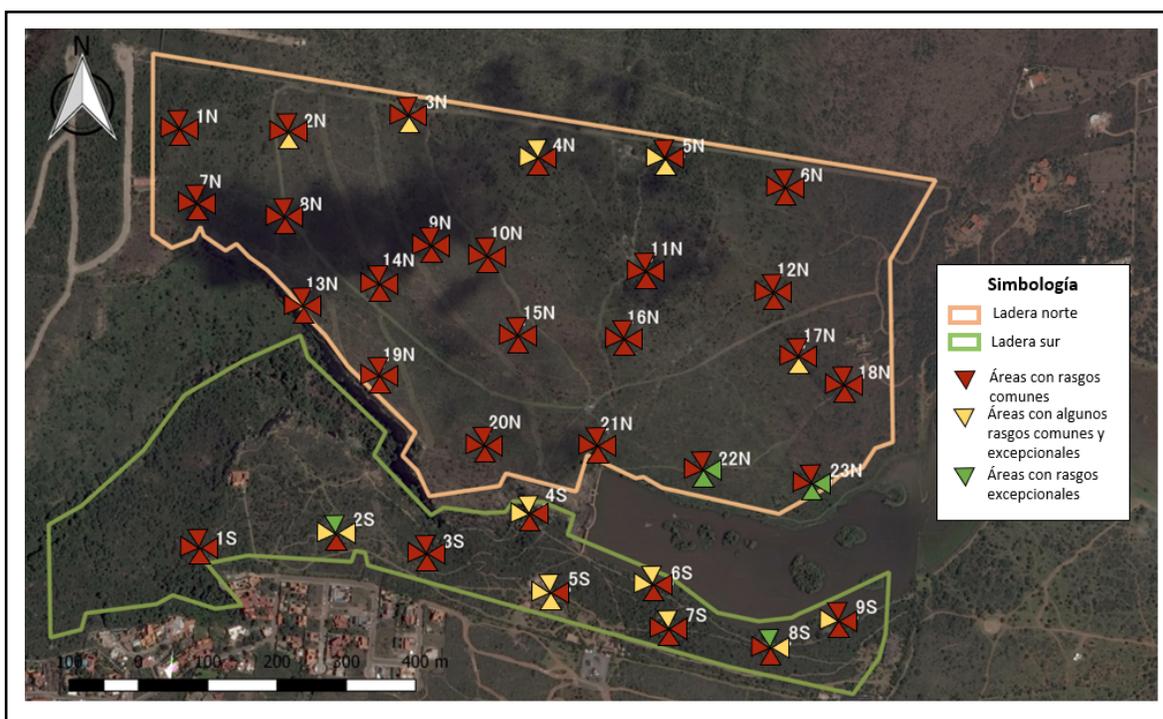
Los valores con un riesgo alto se localizaron en el límite noroeste y suroeste del área natural protegida; mientras que los valores con riesgo medio se localizaron principalmente en los puntos ubicados al sur de la ladera norte, cerca de los cuerpos de agua (Figura 17).

Así mismo se observó una práctica de manejo del pasto que pone en riesgo al ADVC, la cual consiste en cortar el pasto introducido y posteriormente cubrir con este los caminos por donde circular los visitantes, y en algunas áreas se detectó la acumulación de los restos de poda (ramas, pasto).

### 5.1.5. Evaluación de paisaje

#### a) Evaluación de rareza del paisaje

En temporada de secas se observó que la mayoría de los puntos presentaron rasgos comunes. La ladera norte fue la unidad paisajística en la que se presentaron más puntos de muestreo con rasgos comunes. La mayoría de las áreas con rasgos comunes y excepcionales se localizaron en el límite norte de la reserva y en la ladera sur y los puntos con rasgos excepcionales se registraron cerca del humedal artificial y del cañón, siendo únicamente cuatro (Figura 18).



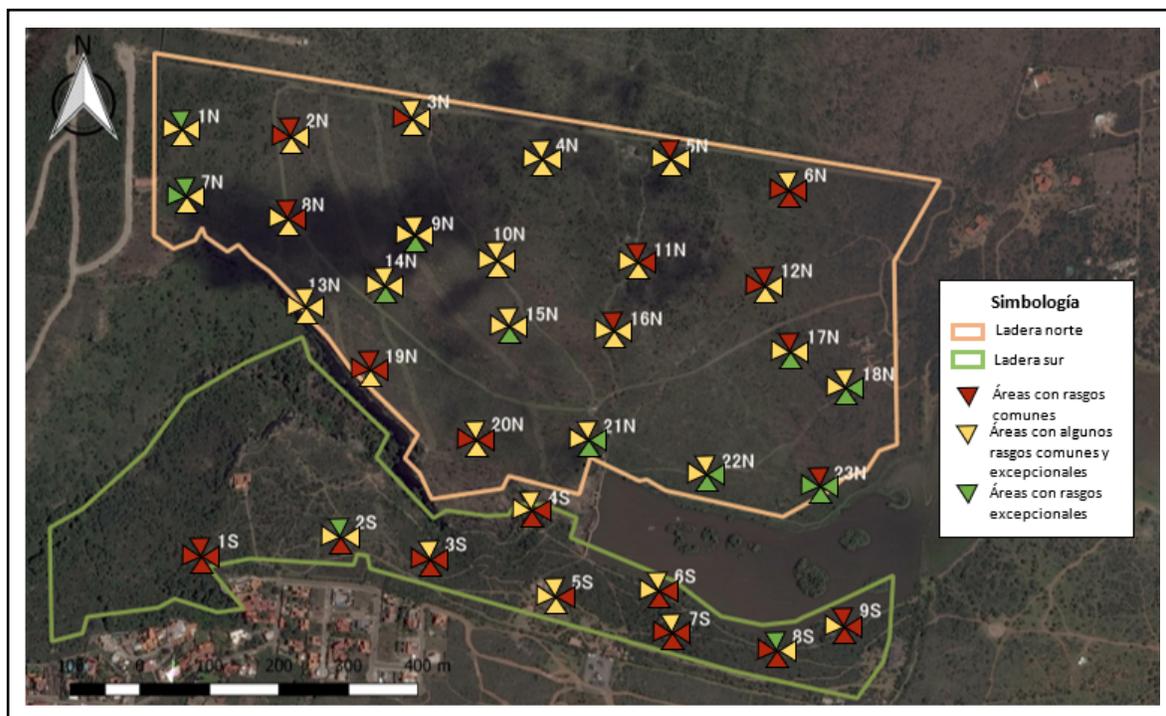
**Figura 18.** Categorías de rareza en el paisaje del Jardín Botánico el Charco del Ingenio en temporada de secas. Elaboración propia. Imagen satelital de Digital Globe (2018). Google.



**Figura 19.** Puntos de muestreo en temporada de secas. **A.** Punto 10 N con vista al norte; **B.** Punto 4 S con vista al oeste; **C.** Punto 23 N con vista al sur.

En temporada de lluvias se observó un aumento en los puntos de muestreo que presentaron algunos rasgos y excepcionales, localizados principalmente en la parte central de la ladera norte. En esta temporada se registró un aumento en los valores de las variables: vegetación, color e influencia del fondo escénico; como consecuencia, aumentó el número de puntos que presentan rasgos excepcionales y los que presentan rasgos comunes y excepcionales. Se observó que las áreas de la ladera norte con rasgos excepcionales tienen la vista hacia la ladera sur, asimismo los puntos se localizan al sur y al este de la ladera. En cuanto a la ladera sur, los valores que aumentaron tienen una vista hacia la ladera norte (Figura 20).

Por ejemplo: el punto 5 N presenta rasgos comunes como lo es la vegetación, a pesar de que en color aumentó su valor; el punto 10 N, presentó algunos rasgos excepcionales debido a que se observó un aumento en variables como el color y la vegetación y el punto 23 N mantiene como rasgo excepcional el humedal (Figura 21).



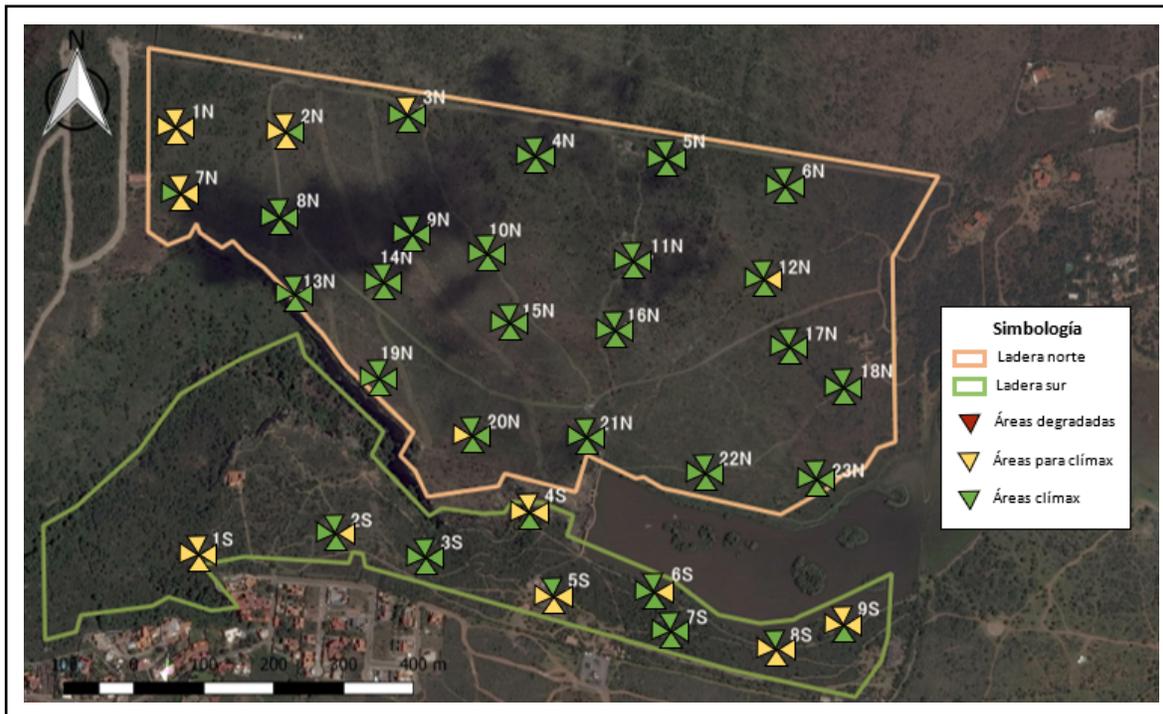
**Figura 20.** Categorías de rareza en el paisaje del Jardín Botánico el Charco del Ingenio en temporada de lluvias. Elaboración propia. Imagen satelital de Digital Globe (2018). Google.



**Figura 21.** Puntos de muestreo en temporada de secas. **A.** Punto 5 N con vista al norte; **B.** Punto 10N con vista al norte; **C.** Punto 23 N con vista al sur.

### b) Evaluación de calidad y fragilidad visual del paisaje

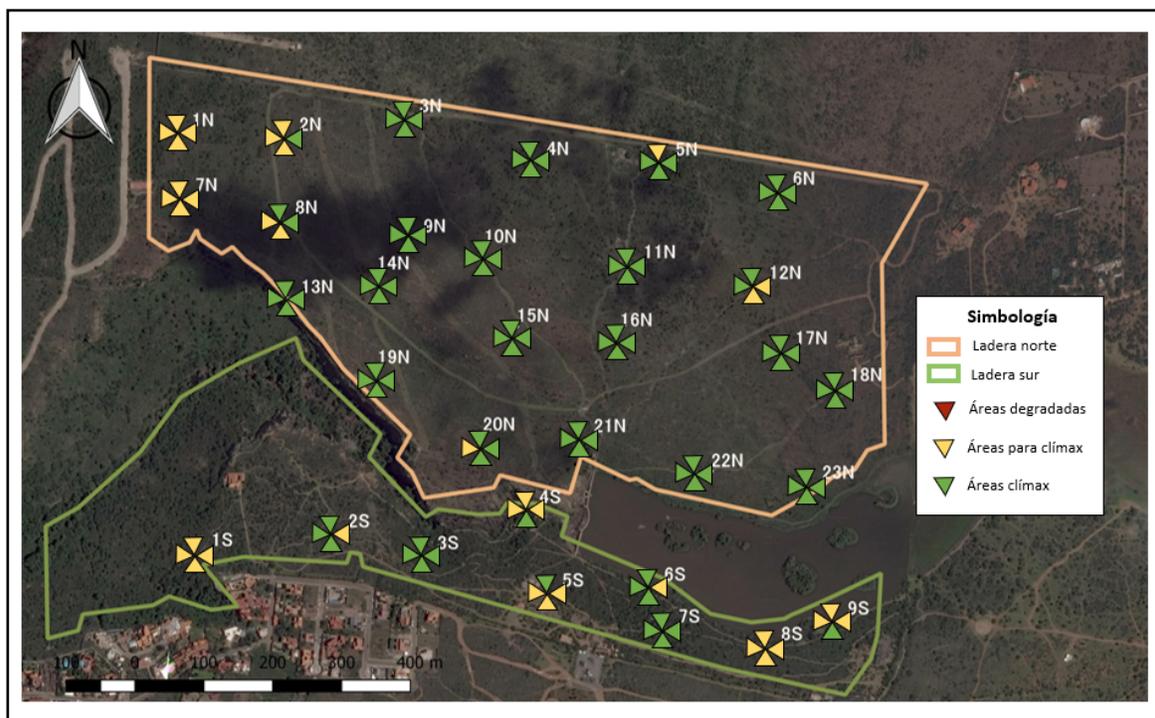
Los resultados obtenidos en temporada de secas indican que la ladera norte presentó áreas clímax de manera predominante; la mayoría de las áreas paraclímax se ubicaron al oeste de esta ladera. La ladera sur presentó tanto áreas clímax como áreas paraclímax (Figura 22).



**Figura 22.** Categorías de calidad y fragilidad visual en el paisaje del Jardín Botánico el Charco del Ingenio en temporada de secas. Elaboración propia. Imagen satelital de Digital Globe (2018). Google.

En la temporada de lluvias se presentaron mayores valores de Calidad visual, por lo que algunos puntos de muestreo categorizados como paraclímax en temporada de secas, se categorizaron como áreas clímax en uno o varios de sus planos visuales en el muestreo de lluvias (7 N, 8N, 3N, 5N, 12N, 8S). Estos cambios se observaron mayormente en la ladera norte.

En cuanto a una disminución de los valores se observó únicamente que el punto 3N registró el cambio de área clímax a paracímax con vista al norte (Figura 23).



**Figura 23.** Categorías de calidad y fragilidad visual en el Jardín Botánico el Charco del Ingenio en temporada de lluvias. Elaboración propia. Imagen satelital de Digital Globe (2018). Google.

Las variables que influyeron en el aumento de la Calidad visual en esta temporada fueron principalmente la preferencia por el espectador y la abundancia de los elementos naturales que componen el escenario ambiental; mientras que las variables que disminuyeron los valores fueron el campo visual y la accesibilidad al sitio, por lo que no se obtuvo un cambio de categorías en varios puntos de muestreo durante esta temporada.

### 5.1.6. Calidad del agua

Los resultados obtenidos en temporada de lluvia y seca se compararon con los umbrales recopilados de la bibliografía (Tabla 3), considerando aquellos valores o intervalos que representan un riesgo a la vida acuática y en algunos casos, ecosistemas similares al área de estudio (humedales naturales, embalses).

#### a) Temporada de seca

Los valores de pH, temperatura, los nitratos ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ) y coliformes fecales de todos los puntos de muestreo en el humedal, no se encuentran dentro de los umbrales que indican un riesgo a la vida acuática (NOM-001-SEMARNAT-1996; De la Lanza, 2002; Sánchez, et al., 2007) como se observa en la Tabla 24.

Los valores que presentaron los sólidos sedimentables sobrepasaron el límite establecido por la NOM-001-SEMARNAT-1996 aplicable a descargas de aguas residuales en humedales naturales en más del doble (considerando el promedio). En cuanto a los fosfatos (PO<sub>4</sub>), los valores de todos los puntos de muestreo presentaron fueron por lo menos 40 veces mayores al valor considerado como normal (0.5 mg/L) para un lago o embalse (Tabla 24).

**Tabla 24.** Resultados de los análisis físico- químicos y biológicos del agua en el humedal del Jardín Botánico El Charco del Ingenio en temporada de secas.

Variables	Puntos de muestreo				Media	(±) EE	Umbral de riesgo
	1H	2H	3H	4H			
<b>pH</b>	8.36	8.29	7.59	6.93	7.79	0.3360	Valor <5 y valor > 10 <sup>(2)</sup> Valor <6.5 y valor > 9 <sup>(5)</sup>
<b>Temperatura (° C)</b>	25.70	25.80	25.80	25.70	25.75	0.0289	40 ° C <sup>(3)</sup>
<b>Sólidos sedimentables (ml/L)</b>	4.50	3.50	4.95	9.38	5.58	1.3016	2 ml/L (promedio diario) <sup>(3)</sup>
<b>REDOX (mV)</b>	-112	-110	-77	-47	-86.50	15.4191	
<b>REDOX (relmV<sup>-1</sup>)</b>	-57	-62	-29	3	-36.25	14.9631	
<b>NO<sub>3</sub>-N (mg/L)</b>	29.60	35	29	35	32.15	1.6500	Menos de 90 <sup>(4)</sup>
<b>PO<sub>4</sub> (mg/L)</b>	26.20	27.70	30	29.10	28.25	0.8312	Valores > 0.01 a 5.0 µg-at/L <sup>(4)</sup> Valor > 0.5 mg/L <sup>(5)</sup>
<b>Coliformes fecales (NMP)</b>	0	0	0	0	0	0	1 a 2 NMP <sup>(2)</sup>

**Notas:**

- (1). Milivolts relativos
- (2): Se consideraron los límites de la NOM-001-SEMARNAT aplicable a bienes nacionales.
- (3): Se consideraron los límites de la NOM-001 aplicable a humedales naturales.
- (4): Tomados de Sánchez et al., 2007.
- (5). Datos tomados de De la Lanza., 2002.

**b) Temporada de lluvia**

En el humedal, los valores de pH, temperatura, sólidos sedimentables, NO<sub>3</sub>-N y coliformes fecales, de todos los puntos de muestreo, no se encontraron dentro de los umbrales que indican un riesgo a la vida acuática (NOM-001-SEMARNAT-1996; De la Lanza, 2002; Sánchez, et al., 2007). Únicamente el punto 1 H, se presentó un valor que indica un riesgo para la vida acuática (Sánchez, et al., 2007) (Tabla 27).

Los valores de fosfatos en esta temporada se encontraron dentro del umbral de riesgo; considerando el promedio de los cuatro puntos de muestreo del humedal (34.70 mg/L), se

presentó un incremento del 23% en comparación al promedio presentado en secas (28.25mg/L) (Tabla 25 y Tabla 27).

**Tabla 26.** Resultados de los análisis físico-químicos y biológicos del agua en el humedal del Jardín Botánico El Charco del Ingenio en temporada de lluvia.

Variables	Puntos de muestreo				Media	(±) EE	Umbrales de riesgo
	1H	2H	3H	4H			
pH	6.14	6.09	6.39	6.21	6.21	0.06	Valor <5 y valor > 10 <sup>(2)</sup> Valor <6.5 y valor > 9 <sup>(5)</sup>
Temperatura (° C)	21.60	22.40	21.20	19.70	21.22	0.57	40 ° C <sup>(3)</sup>
Sólidos sedimentables (ml/L)	<sup>(6)</sup>	0.10	0.20	0.80	0.27	0.18	2 ml/L (promedio diario) <sup>(3)</sup>
REDOX (mV)	-21	-18	-32	-23	-23.50	3.01	
REDOX (relmV <sup>1</sup> )	38	41	27	36	35.50	3.01	
NO <sub>3</sub> -N (mg/L)	7.90	4.30	4.40	8.20	6.20	1.07	Valor > de 90 <sup>(4)</sup>
PO <sub>4</sub> (mg/L)	40.40	36.40	31	31	34.70	2.29	Valor > 0.01 a 5.0 µg-at/L <sup>(4)</sup> Valor > 0.5 mg/L <sup>(5)</sup>
Coliformes fecales (NMP)	0	0	0	0	0	0	1 a 2 NMP <sup>(2)</sup>
Oxígeno disuelto (mg/L)	4.70	6	6.70	5.30	5.67	0.43	Valor <5 mg/L -riesgo <sup>(4)</sup> 2 mg/L-muerte <sup>(4)</sup>
Saturación (%)	54.30	73.60	79.40	54.30	65.40	6.52	

**Notas:**

(1). Milivolts relativos

(2): Se consideraron los límites de la NOM-001-SEMARNAT aplicable a bienes nacionales.

(3): Se consideraron los límites de la NOM-001 aplicable a humedales naturales.

(4): Tomados de Sánchez et al., 2007.

(5). Datos tomados de De la Lanza, 2002; para lagos y embalses

(6): El análisis no se pudo realizar por causas de fuerza mayor.

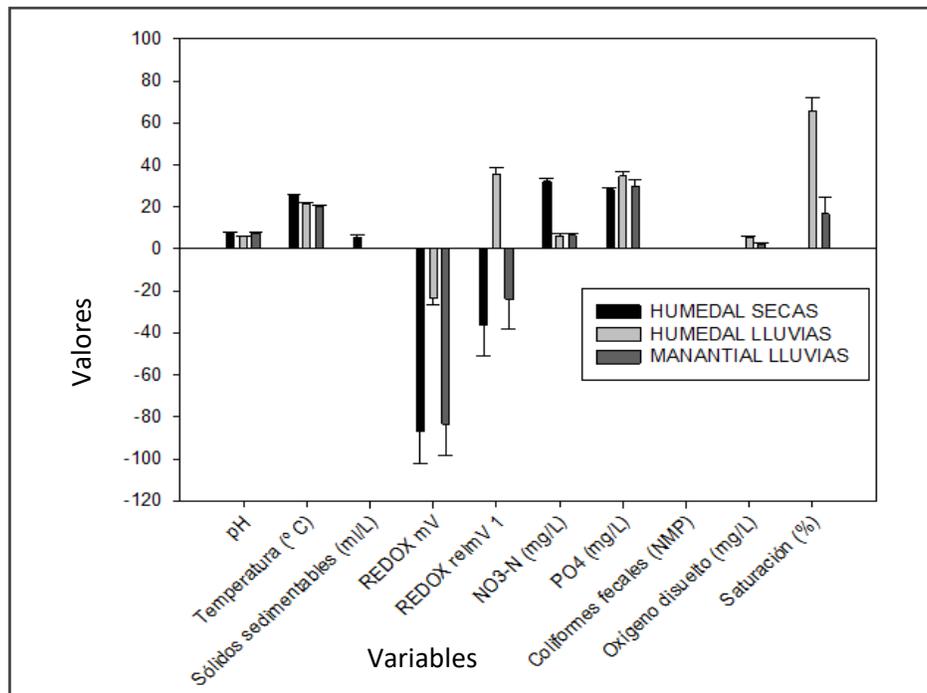
En el manantial, los valores de pH, temperatura, sólidos sedimentables, NO<sub>3</sub>-N y coliformes fecales, de todos los puntos de muestreo, no se encuentran dentro de los umbrales que indican un riesgo a la vida acuática (NOM-001-SEMARNAT-1996; De la Lanza, 2002; Sánchez, et al., 2007). Se registraron valores de fosfato y oxígeno disuelto que se encontraron dentro de los umbrales de riesgo para la vida acuática, en todos los puntos de muestreo. En los puntos 1 M y 2 M, los valores de oxígeno disuelto que se registraron se encuentran dentro del límite que indica un riesgo de muerte de vida acuática.

**Tabla 27.** Resultados de los análisis físico-químicos y biológicos del agua en el manantial del Jardín Botánico El Charco del Ingenio en temporada de lluvia.

Variables	Puntos de muestreo			Media	(±) EE	Umbral de riesgo
	1M	2M	3M			
<b>pH</b>	6.87	7.81	7.92	7.53	0.33	Valor <5 y valor > 10 <sup>(2)</sup> Valor <6.5 y valor > 9 <sup>(5)</sup>
<b>Temperatura (°C)</b>	20.70	20.70	19.80	20.40	0.30	40 °C <sup>(3)</sup>
<b>Sólidos sedimentables (ml/L)</b>	0.20	0.40	0.20	0.26	0.07	2 ml/L (promedio diario) <sup>(3)</sup>
<b>REDOX (mV)</b>	-53,00	-96	-101	-83.33	15.23	
<b>REDOX (relmV<sup>1)</sup>)</b>	4	-35	-41	-24	14.11	
<b>NO<sub>3</sub>-N (mg/L)</b>	5.10	6.80	7.50	6.47	0.71	Mayores de 90 ml/L <sup>(4)</sup>
<b>PO<sub>4</sub> (mg/L)</b>	31.90	34	23.10	29.67	3.34	Valores > 0.01 a 5.0 µg-at/L <sup>(4)</sup> Valor > 0.5 mg/L <sup>(5)</sup>
<b>Coliformes fecales (NMP)</b>	0	0	0	0	0	1 a 2 NMP <sup>(2)</sup>
<b>Oxígeno disuelto (mg/L)</b>	1.40	1.40	3.80	2.20	0.80	Valor <5 mg/L - riesgo <sup>(4)</sup> 2 mg/L-muerte <sup>(4)</sup>
<b>Saturación (%)</b>	9.20	9.20	32	16.80	7.60	

**Notas:**

- (1). Milivolts relativos
- (2). Se consideraron los límites de la NOM-001-SEMARNAT aplicable a bienes nacionales.
- (3). Se consideraron los límites de la NOM-001 aplicable a humedales naturales.
- (4). Datos tomados de Sánchez et al., 2007.
- (5). Datos tomados de De la Lanza., 2002.



**Gráfica 8.** Gráfica del comportamiento de los parámetros evaluados en el humedal y manantial, en temporada de secas y lluvias.

Al analizar los promedios de los parámetros evaluados en el manantial y el humedal durante ambas temporadas, se observó que los parámetros que presentaron un comportamiento similar durante la temporada de secas y lluvias para el humedal y el manantial fueron: pH, temperatura y fosfatos. Los parámetros que presentaron mayor disparidad entre temporadas fue el potencial REDOX. En cuanto a la saturación del humedal, presentó una disparidad con el manantial en temporada de lluvias. En cuanto al oxígeno disuelto, se observa que, para el humedal y el manantial, en época de lluvias tienen valores similares, siendo bajos para ambos (Gráfica 8).

De acuerdo con los **análisis cualitativos** que se realizaron para el manantial, se observaron porcentajes bajos (0-20%) de presencia de residuos orgánicos, inorgánicos y burbujas en el interior; mientras que la presencia de aceites y plantas fue mayor (20-40%). En las márgenes del manantial no se observó presencia de residuos sólidos inorgánicos ni aceites en el punto 3 M (Tabla 28).

En el interior del humedal no se visualizó la presencia de residuos sólidos orgánicos, aceites, burbujas o plantas en tres de los cuatro puntos muestreados. En el punto 2 H se registró la presencia de todas las variables evaluadas: 10-20% de presencia de residuos sólidos inorgánicos y plantas, además de 20-40% de residuos sólidos orgánicos y burbujas en el interior del cuerpo de agua.

Se observó menor presencia de residuos sólidos orgánicos en las márgenes del humedal en comparación con lo visualizado en el interior (Tabla 28).

**Tabla 28.** Análisis cualitativo del manantial y el humedal presentes en el Jardín Botánico El Charco del Ingenio en temporada de lluvia.

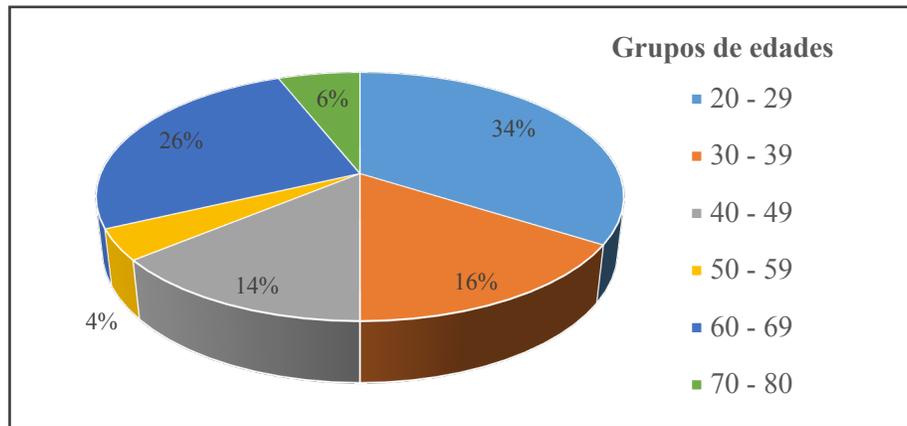
Variables	Puntos de muestreo						
	1 M	2 M	3 M	1 H	2 H	3 H	4 H
<b>Color</b>	Café	Café	Café	Café	Café/grisáceo	Café/grisáceo	Café
<b>Dentro del cuerpo de agua</b>							
Presencia de residuos sólidos orgánicos	10-20%	10-20%	10-20%	10-20%	20-40%	10-20%	10-20%
Presencia de residuos sólidos inorgánicos	10-20%	10-20%	0%	0%	10-20%	0%	0%
Presencia de aceites	10-20%	20-40%	20-40%	0%	20-40%	0%	0%
Presencia de burbujas	0%	0%	0%	0%	20-40%	0%	5%
Presencia de plantas	20-40%	20-40%	0%	0%	10-20%	0%	0%
<b>En las márgenes</b>							
Presencia de residuos sólidos orgánicos	10-20%	10-20%	10-20%	10-20%	10-20%	20-40%	10-20%
Presencia de residuos sólidos inorgánicos	10-20%	10-20%	0%	10-20%	10-20%	0%	10-20%
Presencia de aceites	10-20%	20-40%	0%	0%	20-40%	0%	0%

### 5.1.7. Encuestas

#### a) Resultados obtenidos de la aplicación de la encuesta a los visitantes

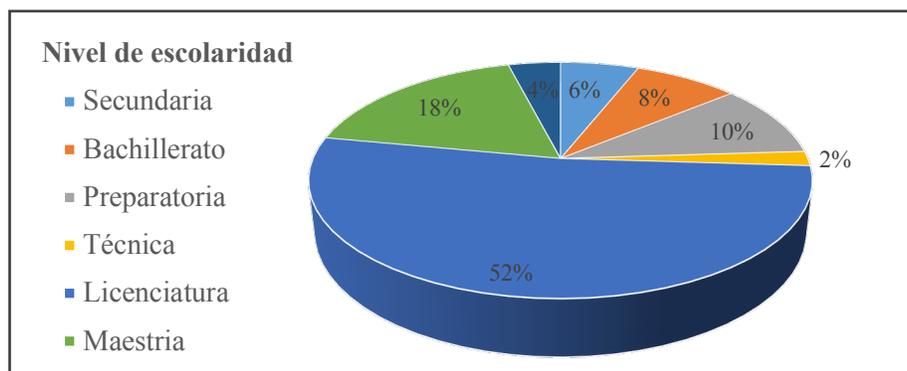
De los datos recopilados por las preguntas realizadas, se elaboraron los siguientes gráficos por cada sección de preguntas obteniendo lo siguiente:

##### Sección 1. Datos generales del entrevistado



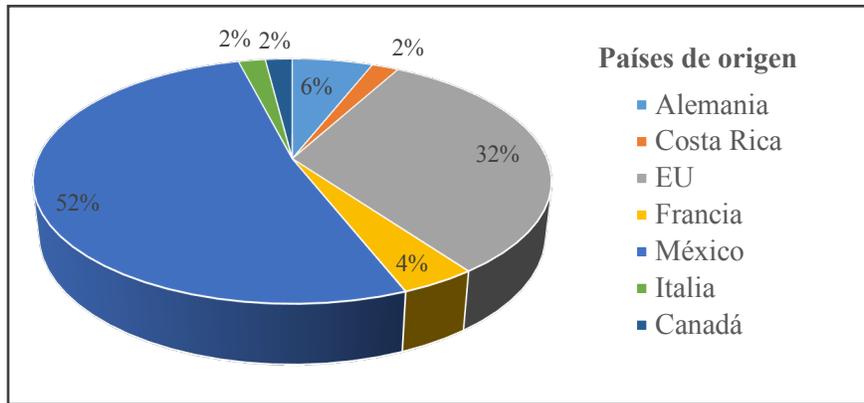
**Gráfica 9.** Porcentaje de distribución de edades de los visitantes de El Charco del Ingenio.

El 34% de la muestra se encontró en el rango de 20-29 años, seguido por 26% perteneciente al rango de 60-69 años, además, no se presentó ningún visitante de menor de 20 años; por lo que la mayor parte de los visitantes fueron adultos jóvenes o pertenecientes a la tercera edad (Gráfica 9).



**Gráfica 10.** Porcentaje de distribución del nivel de escolaridad de los visitantes de El Charco del Ingenio.

De la gráfica anterior es relevante mencionar que el 74% de los visitantes poseía una educación superior, de los cuales se observa que el 52% tenía el grado de licenciatura.

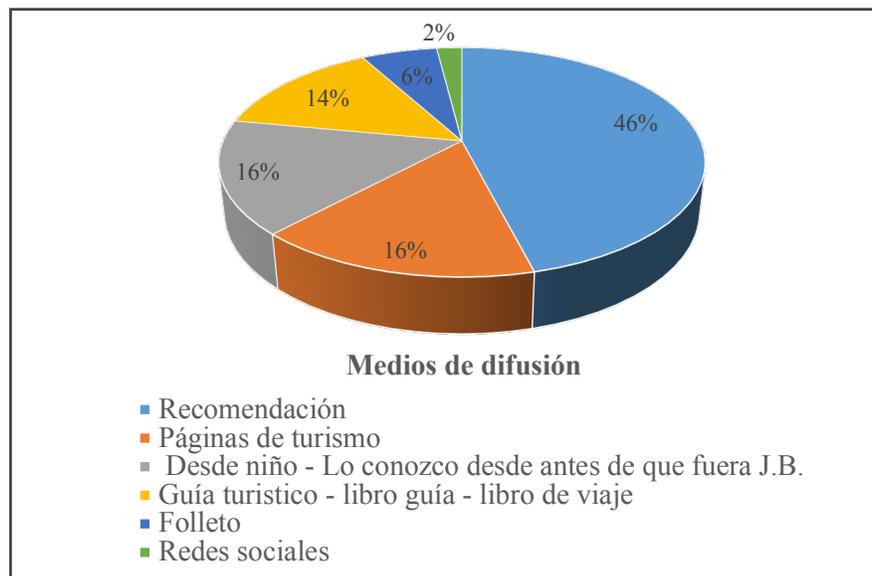


**Gráfica 11.** Porcentaje de distribución de la nacionalidad de los visitantes de El Charco del Ingenio.

En cuanto a la nacionalidad de los visitantes, la Gráfica 11 demuestra la predominancia de los visitantes nacionales (52%) por una mínima diferencia. De los visitantes extranjeros, el 2% pertenece a un país latinoamericano, el 34% proviene de América del Norte y el 12% a países europeos.

Los resultados de la distribución por género arrojaron que el 56% de los visitantes encuestados pertenece al sexo femenino.

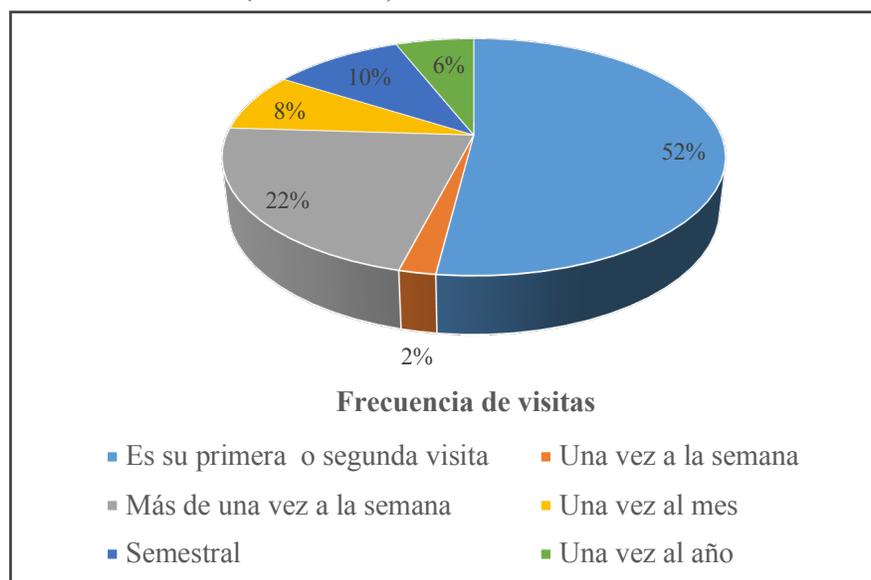
Sección 2. Visitas y participación por parte del entrevistado



**Gráfica 12.** Porcentaje de medios de difusión por los cuales los visitantes se han enterado de la existencia del Jardín Botánico El Charco del Ingenio.

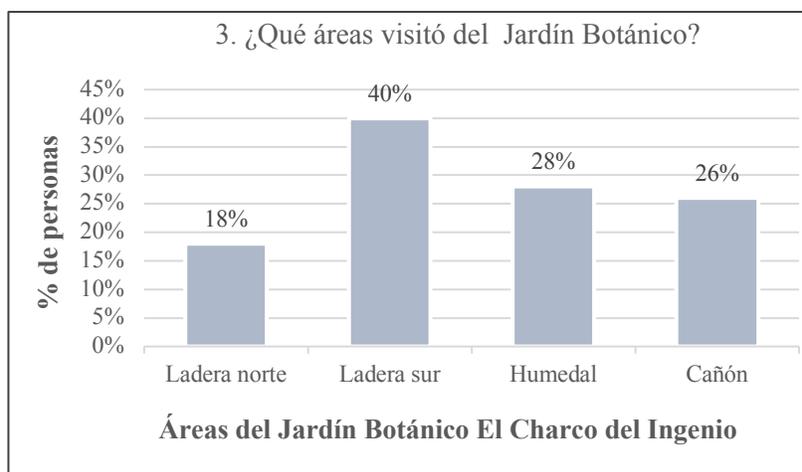
El medio con mayor difusión fue la recomendación, representando el 56 % de la muestra, mientras que el medio con menor difusión fue la red social con el 2%. Cabe mencionar que

se adicionó la opción del conocimiento del área desde la infancia debido a que los encuestados la mencionaron (Gráfica 12).



**Gráfica 13.** Porcentaje de la frecuencia de visitas al Jardín Botánico El Charco del Ingenio.

La mayoría de los encuestados (52%) ha visitado por primera o segunda vez el lugar. Por otro lado, se observó la presencia de visitantes frecuentes que van al área más de una vez a la semana, representando el 22 % de la muestra (Gráfica 13).



**Gráfica 14.** Porcentaje de la frecuencia de visitas por cada área del Jardín Botánico.

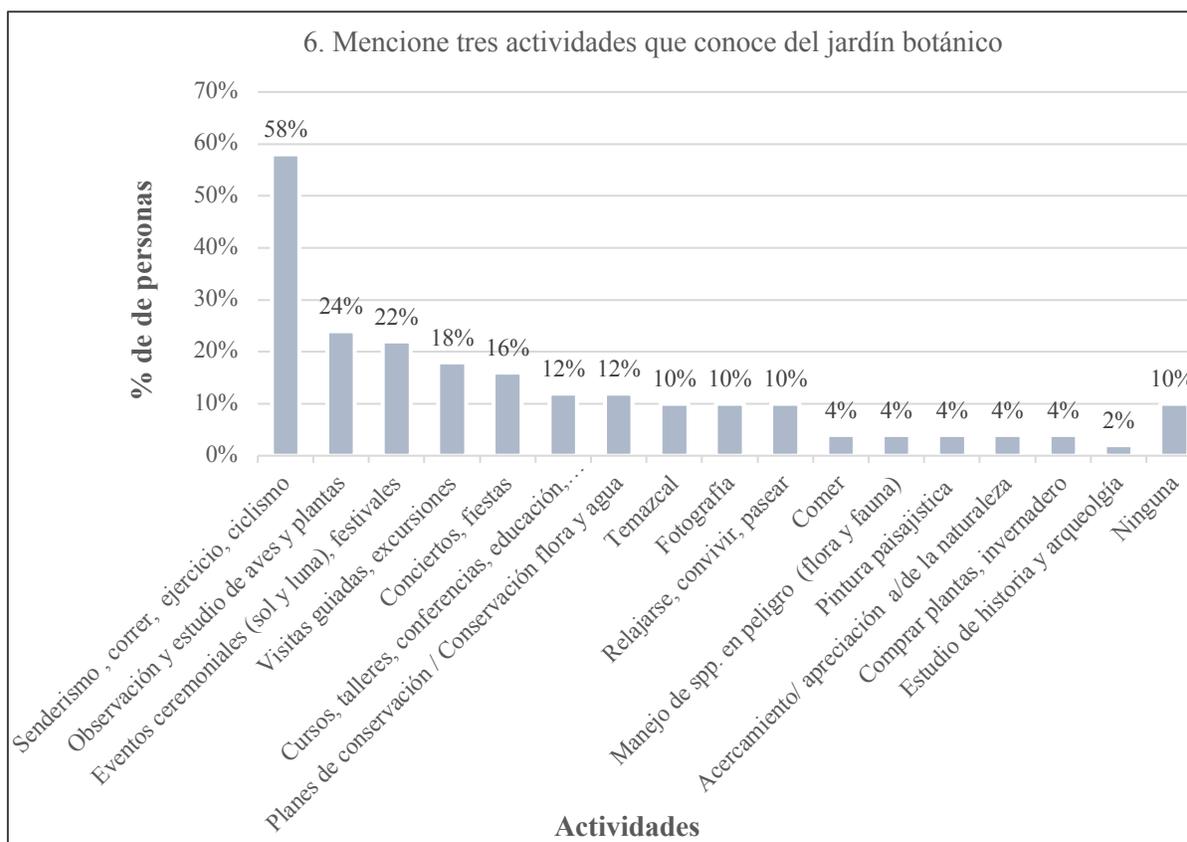
La ladera sur, el humedal y el cañón (82%) fueron las áreas con mayor afluencia de visitantes, esto debido a que en ellas se encuentran los servicios y tienen un mejor acceso (Gráfica 14).

### Sección 3. Conocimiento del área

Los resultados de la pregunta número cuatro mostraron que el 92% de los entrevistados saben que el jardín botánico es un ANP privada.

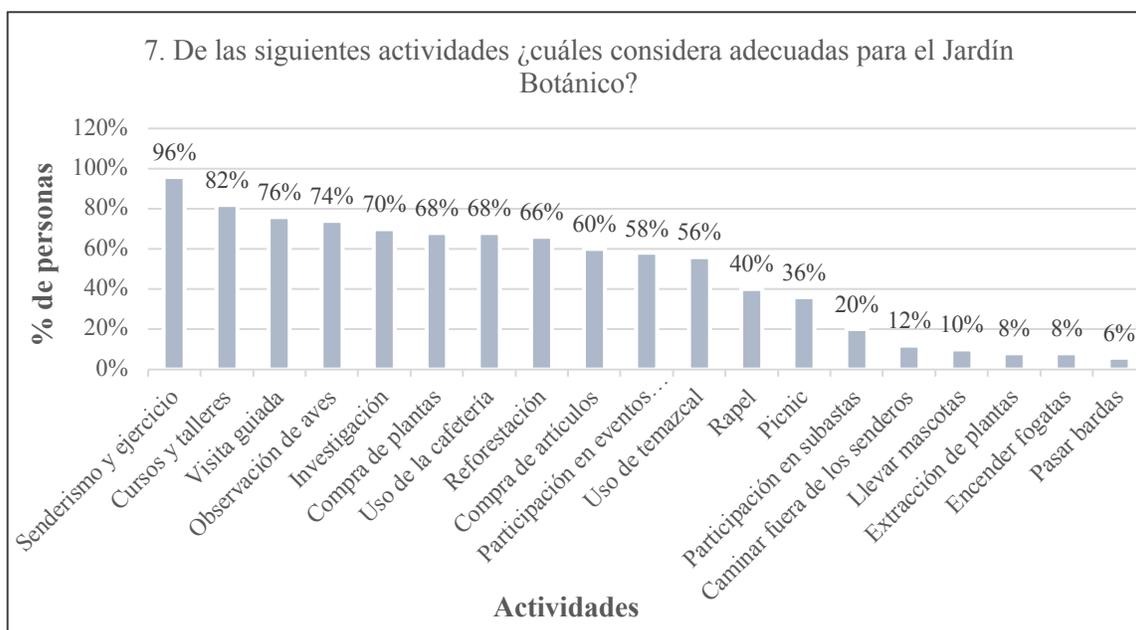
En la pregunta cinco, el 90% de los visitantes respondió que si conocen las actividades recreativas del área.

De las actividades mencionadas, se establecieron 17 categorías dentro de las cuales se contempla el 10% de las personas que no conocen las actividades del Jardín Botánico. En la Gráfica 15, se observa que la actividad mayormente mencionada se relaciona al ámbito deportivo (senderismo, correr, ejercicio, ciclismo), representando el 58% de la población, le sigue la observación y el estudio de aves y plantas con el 24% y los eventos ceremoniales y festivales con el 22 %; la actividad menos mencionada es el estudio de historia y arqueología con el 2% de la muestra, equivalente a una persona.

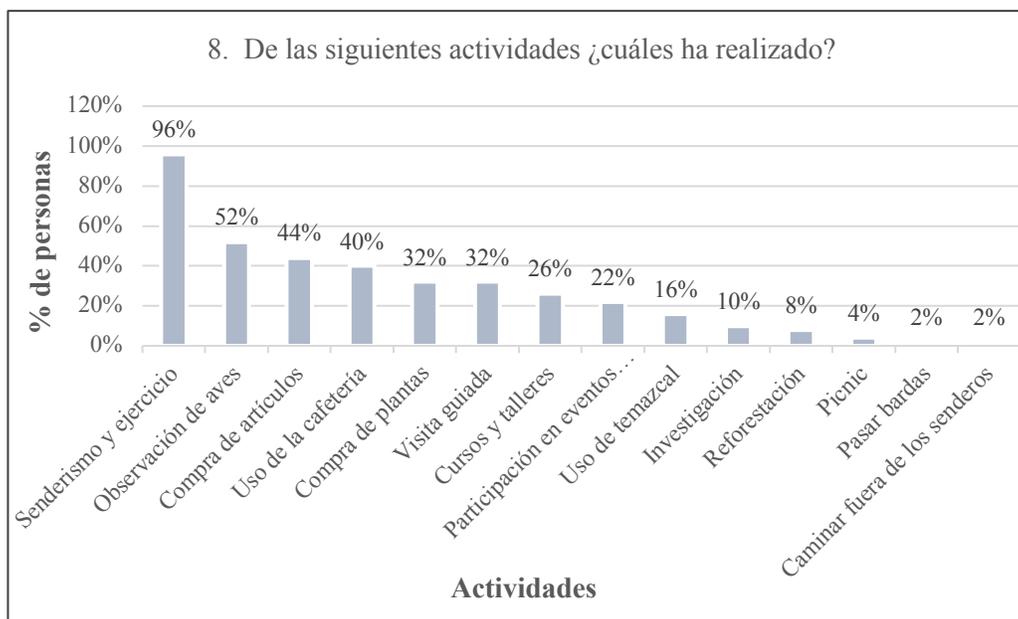


**Gráfica 15.** Porcentaje de las actividades que se conocen en el en el jardín botánico mencionadas por los visitantes.

La actividad adecuada mencionada con mayor frecuencia coincide con la actividad más conocida (Gráfica 15) con la diferencia de que el 96% de los encuestados la mencionó en esta pregunta. Las actividades mencionadas con menor frecuencia fueron: extracción de plantas, encender fogatas y pasar bardas, lo que refleja la falta de conocimiento de algunas personas sobre el impacto negativo de estas actividades al considerarlas adecuadas para el Jardín Botánico (Gráfica 16).



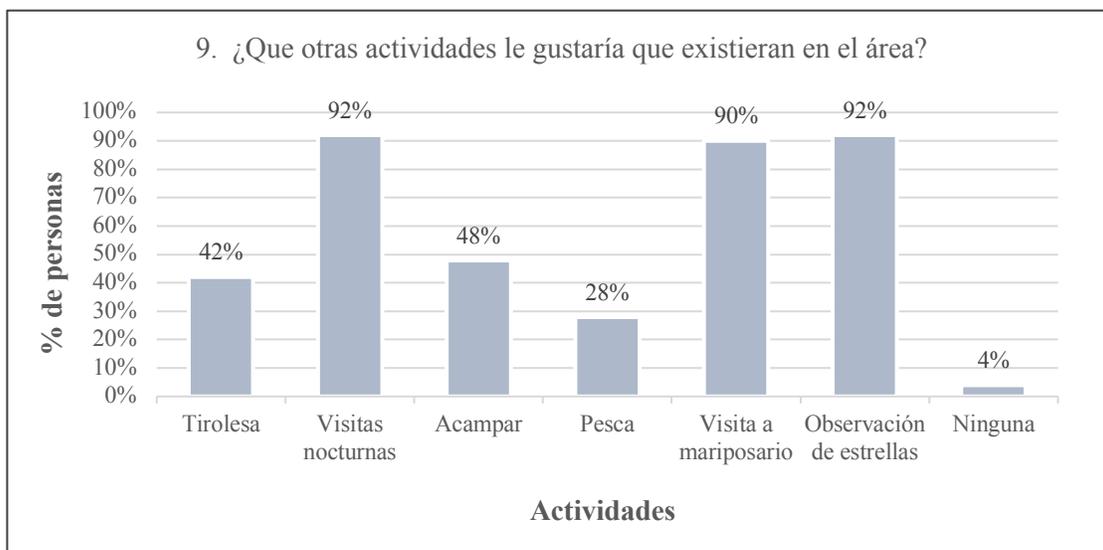
**Gráfica 16.** Porcentaje de las actividades adecuadas mencionadas por los visitantes que se realizan en el en el jardín botánico.



**Gráfica 17.** Porcentaje de personas por actividad que realizan en el en el Jardín Botánico El Charco del Ingenio.

De las 20 opciones establecidas para la encuesta, seis no fueron seleccionadas por los visitantes como actividades que realizan en el ADVC. Las actividades que los visitantes realizan mayormente son: “senderismo y ejercicio” y “observación de aves”. Se observa la preferencia dominante por la primera actividad ya que hubo una diferencia de 44% sobre la segunda actividad (Gráfica 17).

Las actividades menormente realizadas son: “picnic”, “pasar bardas” y “caminar fuera de los senderos”; de estas últimas dos actividades se observa que, a pesar de ser consideradas actividades adecuadas por algunos de los visitantes (Gráfica 16Gráfica 17), un porcentaje menor las realiza.



**Gráfica 18.** Porcentaje de actividades que les gustaría a los visitantes que existiese en el Jardín Botánico El Charco del Ingenio.

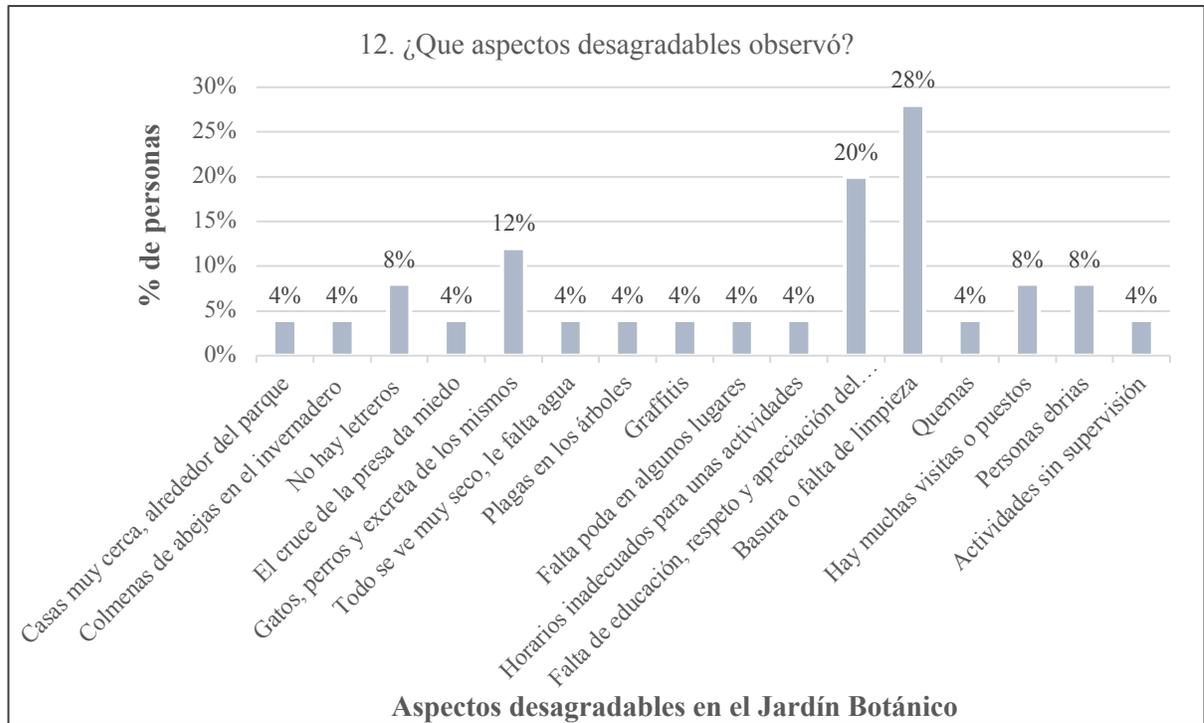
Las actividades que seleccionaron como las que más les gustaría que se implementaran en el ANP son: visitas nocturnas, observación de estrellas (con 92% cada una) y visita al mariposario con el 90%. Los encuestados demostraron menor preferencia por la pesca y (Gráfica 18) el 2% no brindó respuesta alguna.

#### Sección 4. Percepción del ANP

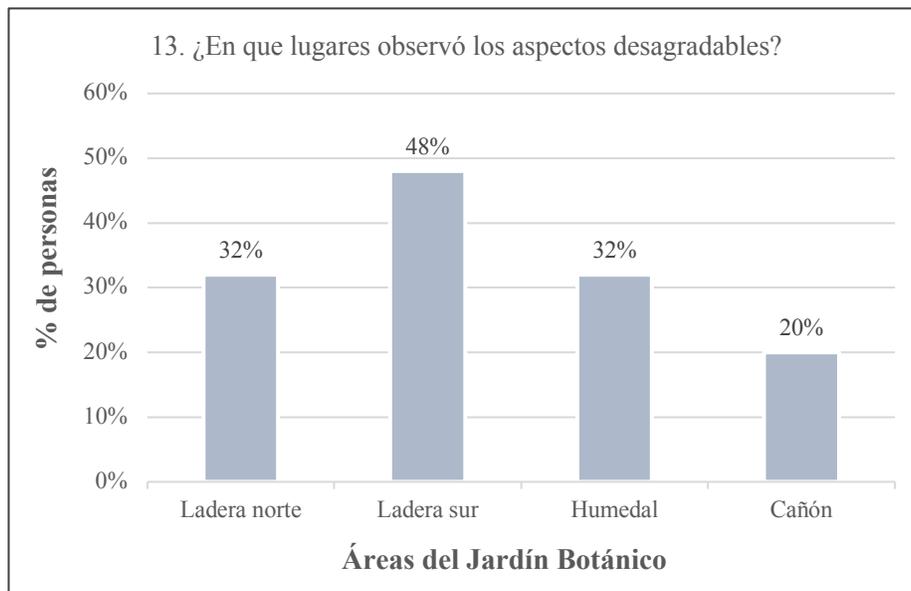
El 78% de los visitantes encuestados prefirió la foto en donde la vegetación predominante es el pastizal y en donde se encuentra menor cantidad de individuos vegetales.

El 50% observó algún aspecto que no le agradó del área natural protegida.

Se establecieron 14 categorías de respuesta conforme a los aspectos desagradables que visitantes observaron en el ANP. Del 50% de personas que respondieron haber observado algún aspecto desagradable, el 28% mencionó que lo que les desagradó fue la basura y la falta de limpieza en el área, el 20% mencionó la falta de educación, respeto y apreciación de la naturaleza y el 12% mencionó la presencia de perros, gatos o excretas de estos animales (Gráfica 19).

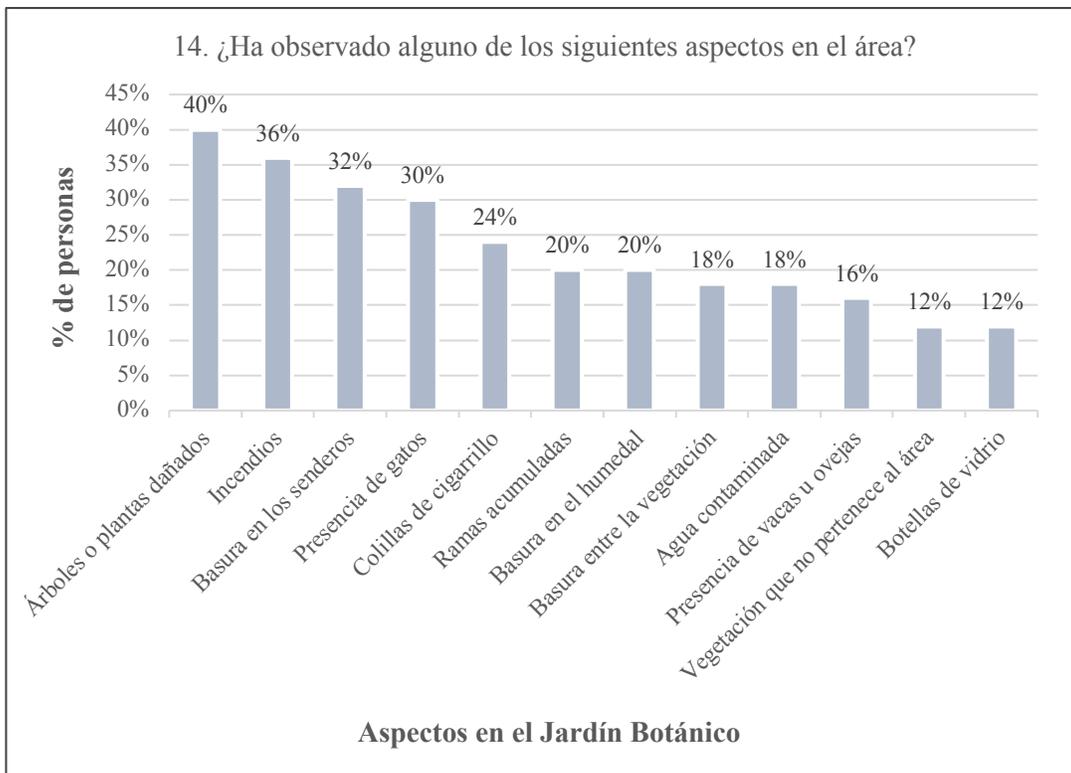


**Gráfica 19.** Porcentaje de la frecuencia con que los visitantes mencionaron los aspectos desagradables en el Jardín Botánico El Charco del Ingenio.



**Gráfica 20.** Porcentaje de personas que han observado aspectos desagradables en Áreas del Jardín Botánico.

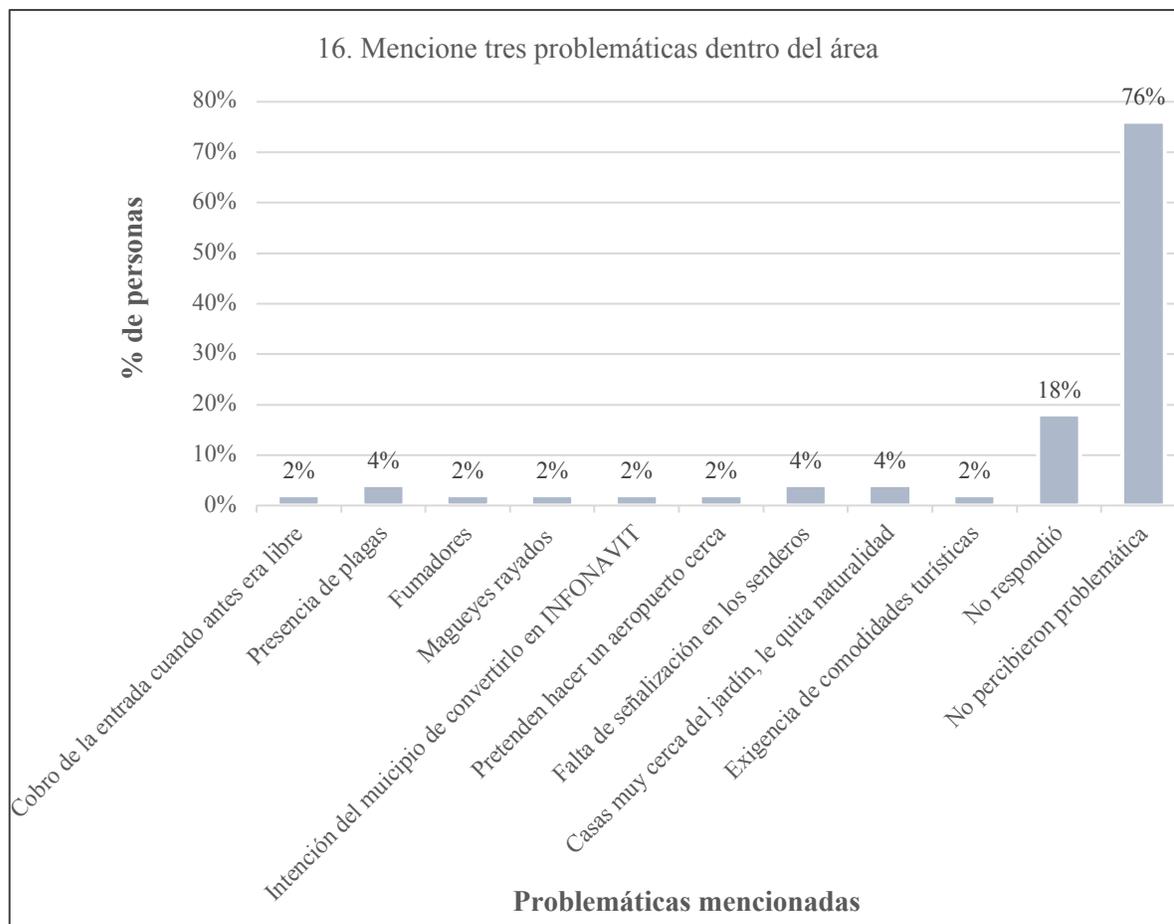
Del 50% de personas que respondieron haber observado algún aspecto desagradable, el 40% respondió que el área en donde se observaron más aspectos desagradables fue la ladera sur (coincidiendo con el área más visitada) y el 20% respondió que el área con menor presencia de estos es el cañón (Gráfica 20).



**Gráfica 21.** Porcentaje de la frecuencia de aspectos generales en El Charco del Ingenio mencionados por los visitantes.

Los aspectos que observaron más en el área fueron: “árboles o plantas dañadas”, “incendios” y “basura en los senderos”. Los aspectos mencionados con menor frecuencia fueron: “vegetación que no pertenece al área” y “botellas de vidrio” como se muestra en la Gráfica 21.

En la pregunta 15 sobre la percepción de las problemáticas en el área, el 76% afirma no haber notado alguna problemática en el ANP a pesar de que más de la tercera parte de las personas mencionaron haber visto aspectos como “árboles o plantas dañadas”, “incendios” y “basura en los senderos” en la pregunta anterior.



**Gráfica 22.** Porcentaje de la frecuencia de problemáticas mencionadas por los visitantes de El Charco del Ingenio.

De acuerdo con las problemáticas mencionadas por los encuestados, se establecieron 11 categorías como se observa en la Gráfica 21. Cabe resaltar que el 76% de los encuestados, no percibió alguna problemática y el 18% no respondió esta pregunta. Las tres problemáticas con mayor frecuencia (4%) fueron: “presencia de plagas”, “falta de señalización de los senderos” y “Casas cerca del jardín que le quitan naturalidad”. Con esto se puede ver que las personas no perciben como problemáticas varios aspectos que observaron como: “falta de educación”, “presencia de basura o falta de limpieza”, “árboles o plantas dañadas”, “incendios” y “basura en los senderos” (Gráfica 22).

En la pregunta 17, el 96% de los encuestados mencionó que el servicio fue entre satisfactorio y muy satisfactorio, mientras que el 4% mencionó que fue poco satisfactorio.

Con los datos anteriores, se elaboró un resumen resaltando los valores más altos y más bajos por cada variable que se consideró en la encuesta (Tabla 29).

**Tabla 29.** Valores más altos y bajos obtenidos por cada variable considerada en la encuesta a visitantes de El Charco del Ingenio.

<b>Variables</b>	<b>Valores más altos</b>	<b>% de encuestados</b>	<b>Valores más bajos</b>	<b>% de encuestados</b>
<b>Edad</b>	20-29	34	50-59	4
	60-69	26		
<b>Escolaridad</b>	Licenciatura	52	Carrera técnica	2
	Maestría	18	Doctorado	4
<b>Nacionalidad</b>	Mexicana	52	Costa Rica	2
	Estadounidense	32	Italia	2
			Canadá	2
<b>Género</b>	Femenino	56	Masculino	44
<b>Medio de difusión de la existencia del Jardín</b>	Recomendación	46	Desde niño, antes que fuera un J.B.	2
	Páginas de turismo	16	Folleto	6
<b>Frecuencia de visitas al J.B.*</b>	Primera o segunda visita	52	Una vez al año	6
	Más de una vez a la semana	22	Una vez al mes	8
<b>Áreas visitadas</b>	Ladera sur	40	Ladera norte	18
<b>Conocimiento de que es un ANP particular</b>	Sí	92	No	8
<b>Conocimiento de actividades recreativas</b>	Sí	90	No	10
<b>Actividades conocidas del J.B.</b>	Senderismo, correr, ejercicio, ciclismo	58	Estudio de historia y arqueología	2
	Observación y estudio de aves y plantas	22		
<b>Actividades consideradas adecuadas</b>	Senderismo y ejercicio	96	Pasar bardas	6
	Cursos y talleres	82		
<b>Actividades realizadas</b>	Senderismo y ejercicio	96	Caminar fuera de senderos	2
	Observación de aves	52	Pasar bardas	2
<b>Actividades que le gustaría que existieran</b>	Observación de estrellas	92	Pesca	28
	Visitas nocturnas	92		
<b>Foto agradable</b>	Foto pastizal, menos individuos	78	Foto vegetación nativa, más individuos	22
<b>Las personas observaron un aspecto que desagradable en el J.B.</b>	Sí	50	No	50

<b>Variables</b>	<b>Valores más altos</b>	<b>% de encuestados</b>	<b>Valores más bajos</b>	<b>% de encuestados</b>
<b>Aspectos desagradables observados</b>	Basura o falta de limpieza	28	Casas muy cerca	4
	Falta de educación, respeto y apreciación por la naturaleza	20	9 variables más	4
<b>Lugar donde se observaron aspectos desagradables</b>	Ladera sur	48	Cañón	20
	Ladera norte	32		
	Humedal	32		
<b>Aspectos generales observados</b>	Árboles o plantas dañadas	40	Vegetación que no pertenece al área	12
	Incendios	36	Botellas de vidrio	12
<b>Percepción de problemática en el área</b>	No	76	Sí	24
<b>Problemáticas observadas</b>	Presencia de plagas	4	Costo de la entrada	2
	Falta de señalización en senderos	4	5 variables más	2
	Casas cerca	4		
<b>Servicio brindado</b>	Muy satisfactorio	58	Poco satisfactorio	8
	Satisfactorio	38		

\* Jardín Botánico El Charco del Ingenio.

### **b) Resultados de encuestas a personal de vigilancia**

Los dos vigilantes entrevistados mencionaron que realizan no solo actividades de vigilancia sino también de mantenimiento (plomaría, poda de jardineras y pastizales) y apoyo durante exposiciones y conferencias. Ambos vigilan todas las áreas todos los días. De las actividades no permitidas que han observado que realizan los visitantes y las personas de las zonas aledañas al Jardín botánico se encuentran:

- Consumo de bebidas alcohólicas.
- Extracción de tarántulas y plantas.
- Robo a infraestructura.
- Manejo de drones dentro del área natural protegida.
- Maltrato a la avifauna del área.

Mencionaron, además, los siguientes aspectos que podrían motivar a que se realicen las actividades anteriores:

- Algunas bardas no se encuentran bien estructuradas.

- La comodidad que ofrecen algunas áreas para permanecer allí y consumir bebidas alcohólicas o alimentos.

Las problemáticas que han observado en el Jardín Botánico son:

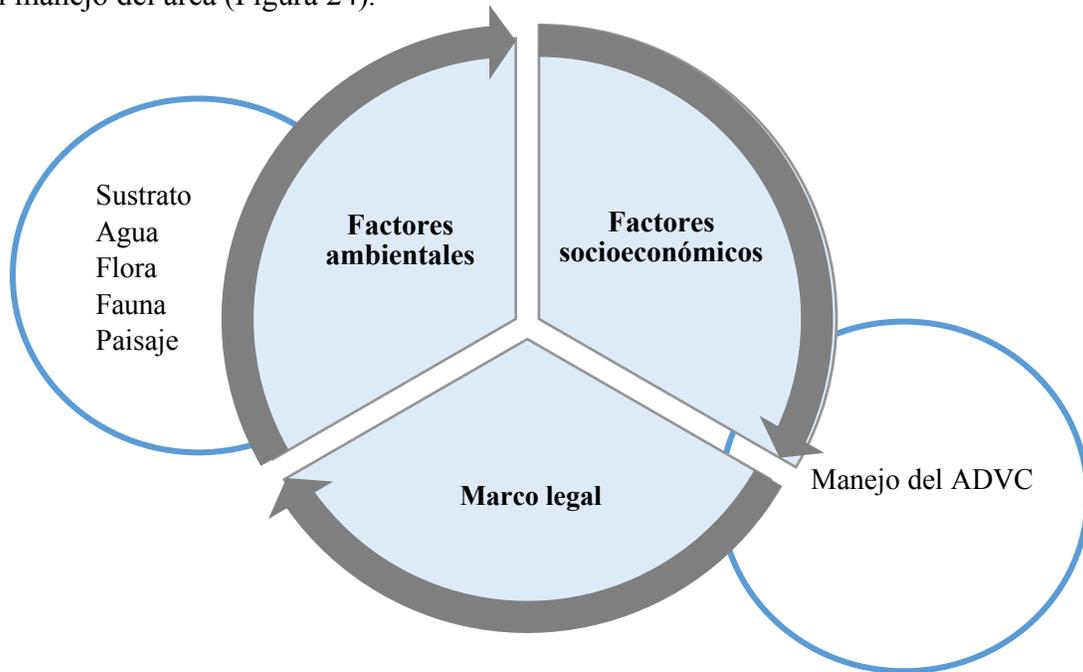
- Plantas enfermas.
- Incendios forestales.
- Aves muertas por el contacto con los cables.
- Senderos en mal estado.
- Falta de mantenimiento en letreros.

Algunas sugerencias que brindaron para mejorar la situación actual del área fueron:

- Mejorar los senderos.
- Brindar mantenimiento a letreros.

## 5.2. Análisis de las relaciones existentes entre los factores ambientales, socioeconómicos y legales

Desde un punto de vista sistemático, El Charco del Ingenio se encuentra conformado por una serie de relaciones entre los factores ambientales, socioeconómicos y legales. Dentro de los principales factores ambientales, para este estudio, se consideraron: el sustrato, el agua, flora, fauna y paisaje. Inmerso en el factor socioeconómico y legal, se tomó en cuenta el manejo del área (Figura 24).



**Figura 24.** Principales factores que intervienen en el sistema conformado por el Jardín Botánico El Charco del Ingenio.

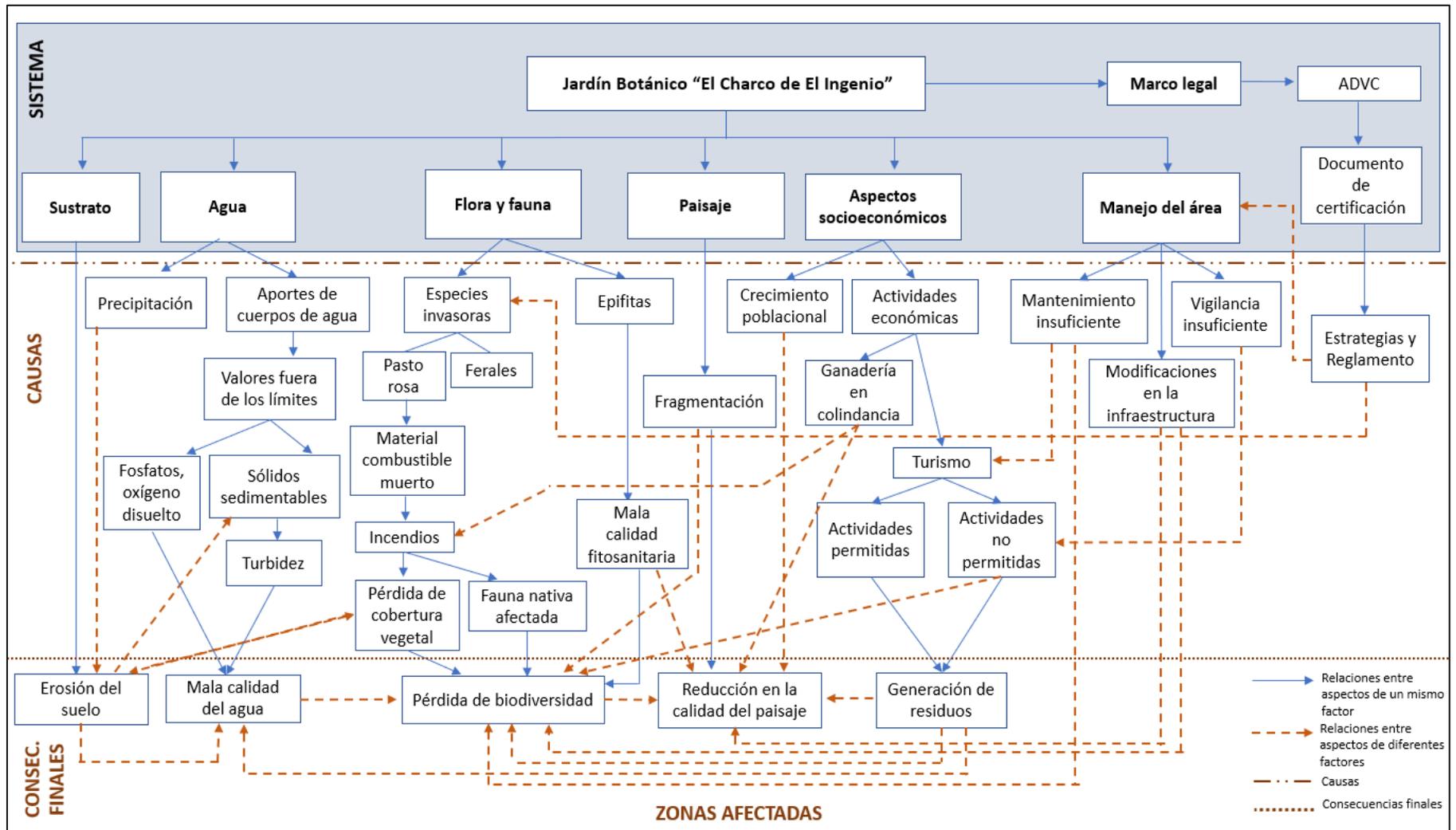
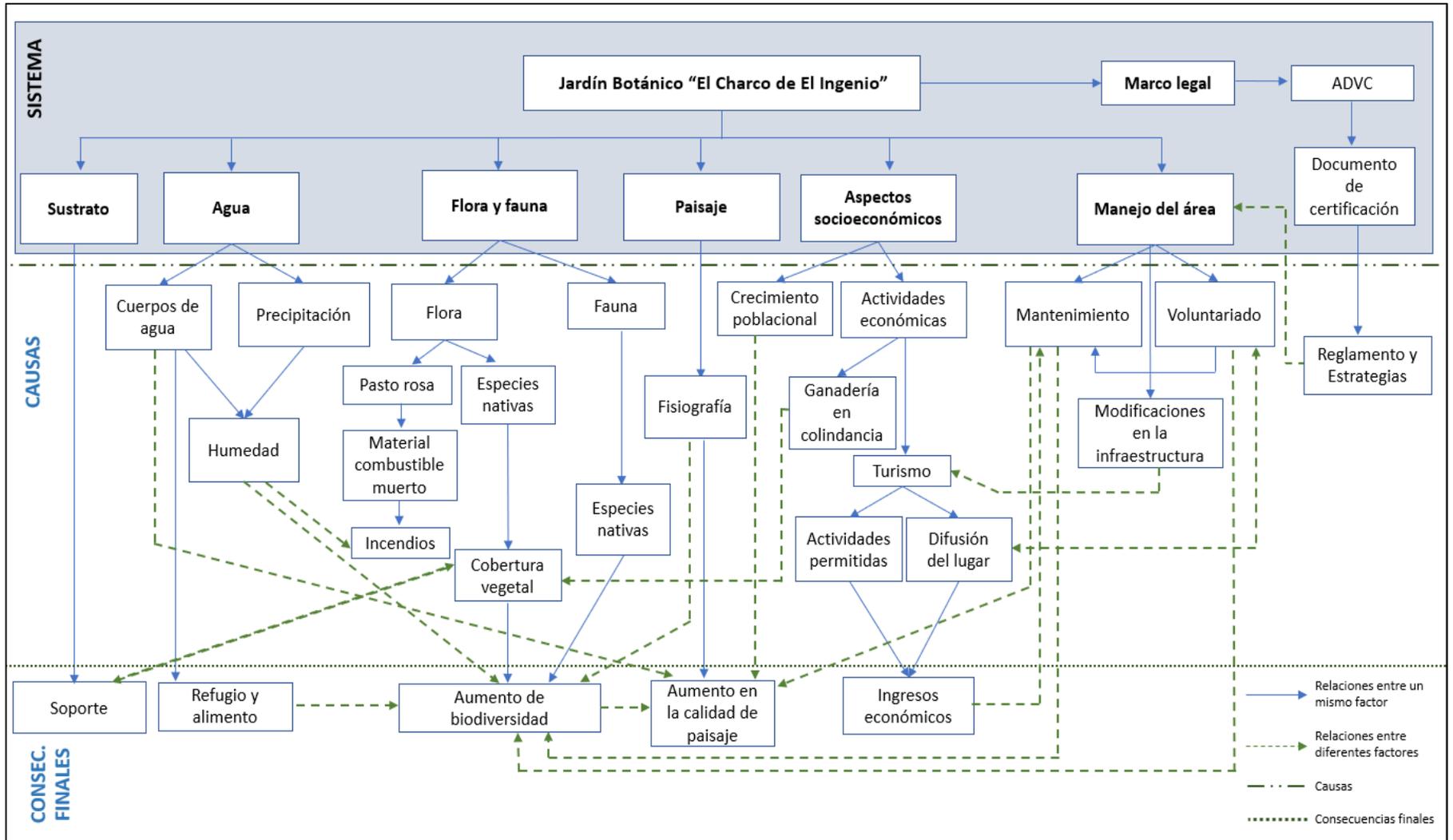


Figura 25. Relaciones existentes entre las variables que causan impactos negativos en el Jardín Botánico el Charco del Ingenio (Elaboración propia).



**Figura 26.** Relaciones existentes entre las variables que causan impactos positivos en el Jardín Botánico el Charco del Ingenio (Elaboración propia).

Con base en los resultados obtenidos de cada factor evaluado, se observaron variables (o situaciones) que pueden originar otras, relacionándose de forma positiva o negativa entre sí; estas relaciones generan consecuencias finales con un impacto negativo (Figura 25) o positivo (Figura 26) en el ANP.

Como se puede ver en la Figura 25, la flora y fauna del ADVC pertenecen a un ecosistema de matorral xerófilo, pastizal y cardonal espinoso (Meagher, 2007) que son los factores que poseen mayor interacción con los demás factores (suelo, agua, paisaje, aspectos socioeconómicos, manejo del área y marco legal), tanto negativas como positivas. Dentro de la parte negativa, en el diagnóstico se observó que las principales especies invasoras detectadas fueron: *R repens* (pasto rosa), *Felis silvestris catus* (gato doméstico), *Canis lupus familiaris* (perro doméstico) y algunas vacas, cabras y ovejas. Así como la presencia de epifitas hasta en un 80% en individuos de las especies *A. schaffneri*, *A. farnesiana* y *Prosopis laevigata*, lo que causa una mala calidad fitosanitaria y a su vez pérdida de biodiversidad (Figura 25).

Por lo que se observó en los muestreos realizados, *R. repens* se encuentra en las dos laderas como un competidor de las herbáceas nativas, debido a su dominancia especialmente en áreas donde no hay mucha humedad (Flanders, et al, 2006; Meagher, 2007) lo que conlleva a la disminución de la diversidad del área; asimismo la presencia de esta especie incrementa el material combustible muerto fino (Bianchi et al, 2014) en ambas laderas, lo que podría aumentar la probabilidad de que se enciendan más rápidamente (Rothermel, 1972) y generar una alteración al régimen del fuego (Brooks, 2004; Hiremath y Sundaram, 2005). El CH de las muestras (en donde predomina *R. repens*) indica que en las dos laderas se encuentran materiales combustibles muertos con alta disponibilidad para la combustión, existiendo así una media probabilidad de ignición (Sullivan, 2010) teniendo como causa final: la pérdida de flora y fauna al suscitarse un incendio (Omi, 2005) (Figura 25).

En la parte positiva del sistema, conforme a los resultados de los puntos muestreados, se observó que la biodiversidad del área se encuentra influenciada por las condiciones climáticas al tener un aumento en los valores de Shannon y Simpson en temporada de lluvias con respecto a la de secas. Además de que los cuerpos de agua influyen positivamente en el crecimiento de la vegetación (Figura 26) debido a que, en los puntos de muestreo cercanos a ellos, se registraron valores altos (con respecto a los resultados obtenidos en el muestreo) de índices de diversidad en temporada de secas (Gráfica 2 y Gráfica 3).

Otro aspecto sobresaliente del área es el **paisaje** el cual que se encuentra caracterizado por colinas suaves, laderas bajas y medianas, cumbres escarpadas, cuerpos de agua y vegetación con *R. repens*, y especies de los géneros *Opuntia* y *Acacia* de forma predominante. Analizando los aspectos que afectan negativamente al paisaje, se encontró que existe una fragmentación del área por los senderos que se han establecido, algunas casas con una

fachada poco agradable a la vista (debido a los colores y estructuras poco armoniosas) en las colindancias del ADVC debido al crecimiento poblacional, presencia de epifitas en individuos vegetales, presencia de ganado en las colindancias de la ladera norte, dominancia de *R. repens*, evidencia de incendios (que a su vez causan la pérdida de biodiversidad), residuos sólidos en varias áreas muestreadas y en los cuerpos de agua, y mantenimiento insuficiente (material forestal acumulado en los senderos, falta de poda, entre otros) que disminuyen la calidad visual del ANP (Figura 25).

En cuanto a las relaciones positivas que posee el paisaje, de acuerdo a lo que se observó en los puntos con los valores más altos la fisiografía, los cuerpos de agua y la diversidad de la vegetación potencian en gran medida la rareza (Figura 18 y Figura 20) y la calidad visual (Figura 22 y Figura 23). Conforme a los resultados obtenidos, el aumento de la biodiversidad de especies vegetales, principalmente en temporada de lluvias, incrementó el valor de las variables evaluadas de rareza (color, la preferencia del espectador y la influencia del fono escénico) y de calidad visual (preferencia por el espectador y abundancia de los elementos naturales que componen el escenario ambiental). Las casas en las colindancias también aumentaron la calidad visual debido a los colores de las fachadas y jardines (Figura 26).

En lo referente al **agua**, se obtuvieron altos valores de sólidos sedimentables en temporada de secas (Tabla 24) lo que podría deberse a los bajos niveles de agua y a los sólidos sedimentados de las terrazas aluviales. Mientras tanto, en época de lluvias los valores de esta variable disminuyeron (Tabla 26 y Tabla 27) debido al arrastre y al aumento del nivel de agua en los cuerpos de agua. Se observó que, en las áreas aledañas al humedal, la cobertura vegetal no es suficiente para retener el suelo y aunado a que posee características (rendzinas, feozem háplico y feozem lúvico) que facilitan su arrastre por las lluvias, ocasiona erosión; esta a su vez disminuye la cobertura vegetal (Figura 25).

Cabe mencionar que los valores obtenidos de sólidos sedimentables en temporada de secas sobrepasan los límites máximos permisibles (NOM-001-SEMARNAT-1996) y que las partículas suspendidas son muy pequeñas por lo que tardan días en sedimentarse aumentando la turbidez en los dos cuerpos de agua, lo que disminuye su calidad. Los valores bajos de oxígeno disuelto en el manantial indican que existe una virtual anoxia lo que puede provocar la muerte de peces e invertebrados (Sánchez, et al. 2007); estos valores pueden estar relacionados a la retención de materia orgánica por la superficie rocosa en el área y a la turbidez (ibídem) (Figura 25).

Los residuos orgánicos que se encontraron estaban compuestos principalmente por materia vegetal. Los residuos inorgánicos observados dentro y en las orillas del humedal tienen como principal fuente de generación a los visitantes del área; mientras que la presencia de estos residuos en el manantial se debe principalmente a su arrastre por la corriente principalmente en temporada de lluvias ya que el acceso de los visitantes se encuentra restringido. Los puntos 1M, 2M y 2H fueron en los que se observó un porcentaje mayor de

presencia (desde un 10 hasta un 40%) de residuos orgánicos e inorgánicos, aceites y burbujas debido a que la superficie rocosa o la infraestructura de la presa los retiene (Figura 25).

El manantial y el humedal son de gran importancia ya que realza la calidad visual del paisaje, brinda refugio y agua a la fauna del área y en la disminución de la probabilidad de ignición y propagación del fuego (Figura 26).

Dentro de los aspectos negativos encontrados para el factor **socioeconómico** se encuentran las actividades económicas: ganadería y turismo. La ganadería en la colindancia de la ladera norte lo que ha representado un riesgo de incendios por las actividades humanas y las bardas en malas condiciones. El turismo promueve una serie de actividades tales como el senderismo, educación ambiental, observación de aves, eventos culturales, entre otras. (El Charco del Ingenio A.C., 2014) que son una fuente de generación de residuos. Con las encuestas realizadas, se detectaron que las actividades no permitidas dentro del área que se realizan son: la extracción de arácnidos y cactáceas, daños a la vegetación y a la avifauna, caminar fuera de los senderos, pasar los límites del ANP sin autorización, arrojar residuos en las laderas y en el humedal; las cuales provocan pérdida de la biodiversidad (Figura 25).

Se encontró como influencia positiva de la actividad ganadera que la vegetación en el área colindante tiene mayor diversidad al no acumularse la biomasa muerta por el consumo de gramíneas. Además, el turismo es de gran importancia ya que permite una mayor difusión del área natural protegida, conformando la fuente de ingresos para el Jardín botánico. En cuanto al crecimiento poblacional alrededor del área, no existe una gran presión ya que hasta el momento los habitantes (pertenecientes a un estrato social alto) no han invadido los límites del área (Figura 26).

Se detectó que, en el **manejo del área**, el mantenimiento es insuficiente teniendo como consecuencias no sólo la reducción de la calidad visual sino también una imagen menos agradable ante los visitantes, afectando la afluencia del lugar y a los ingresos. Conforme a lo obtenido en la evaluación, hace falta un mantenimiento constante y una modificación en algunas estrategias para solucionar las problemáticas del área tales como incendios, propagación de plagas, especies invasoras y enfermedades, que ocasionan pérdida de la biodiversidad del lugar. Se observó durante la realización de los muestreos que los residuos orgánicos e inorgánicos en el área no son retirados, esto a su vez es un factor de riesgo para la fauna presente en el área ya que podrían ingerirlos y enfermarse o morir al no poder digerirlos. También se observaron residuos de poda acumulados en algunas áreas, lo que puede ocasionar que se tenga un continuo de material inerte que es propicio a incendiarse y a propagar el fuego a gran velocidad entre todas las zonas del área, quedando sin efecto los senderos que pueden actuar como brechas cortafuego.

Durante la realización del muestreo, se localizó la construcción de un edificio en el ADVC (modificación en la infraestructura), lo cual afecta negativamente a la calidad visual del área además de la flora y fauna que se encontraba en esa zona. La vigilancia del lugar no ha resultado ser suficiente debido a la falta de personal por lo que se han presentado incidencias de actividades no permitidas por parte de los visitantes o de personas que ingresan al lugar sin autorización (Figura 25).

Los aspectos positivos analizados del manejo del Jardín Botánico mostraron que el mantenimiento después de ser declarada Zona de Preservación Ecológica ha permitido: que la importancia del área se difunda poco a poco en el municipio, un mayor control de las actividades ganaderas y la preservación de las especies nativas. Las modificaciones en la infraestructura en la ladera sur (en la recepción, cafetería y senderos) ha atraído la atención de los visitantes promoviendo el turismo. Finalmente, se han realizado campañas para que mediante el voluntariado se realicen actividades de reforestación lo que permite la conservación de la biodiversidad y difunde la importancia del área a la comunidad participante (Figura 26).

En cuanto al marco legal, ha tenido la ventaja que, desde un principio, el objetivo de sus propietarios es conservar y mejorar el área, declarándose primero como ANP municipal (UAQ, 2007) y después como una ANP federal (Figura 25 y Figura 26). Con esto, al parecer el área se rige bajo el Reglamento del ZPECHIZA al ser el área núcleo y bajo el reglamento interno establecido en el documento para la certificación del Jardín Botánico (El Charco del Ingenio A.C., 2014). En el caso de las actividades permitidas y prohibidas, ninguno de los dos documentos se contraponen; sin embargo, se ha incumplido con lo establecido en el reglamento interno del ADVC y las estrategias establecidas no han sido efectivas del todo, por lo que no se ha logrado reducir o acabar con las problemáticas que posee el ANP (Figura 25).

### **5.3. Grados de atención para el Jardín Botánico El Charco del Ingenio**

Para el análisis del grado de atención por cada punto de muestreo de la ladera sur y norte, se seleccionaron algunas variables conforme a lo obtenido del análisis de relaciones. Los resultados se reflejaron en una matriz por temporada (secas y lluvias), de las cuales se observa lo siguiente:

#### **a) Temporada de secas**

Conforme a las categorías asignadas (considerando a 1 como valor con efectos positivos para el área, 3 con algunos efectos negativos y 5 como valor con alto efecto negativo establecidos en la metodología) (Tabla 30):

- Para la presencia de *R. repens*, se notó que el 65.62 % de los puntos muestreados presentó una categoría de 5 (que a su vez indica presencia alta), el 18.75 % una categoría de 3 (presencia media) y el 15.63 % una categoría de 1 (presencia baja). Del 65.62 % de los puntos registrados con presencia alta de *R. repens*, el 90.48 % perteneció a la ladera norte.

De acuerdo con los valores de presencia (1) y ausencia (0) en las variables evaluadas de senderos a 10 m, evidencia de incendios, residuos, combustible forestal acumulado y tránsito frecuente de turistas se observó que (Tabla 30):

- El 50 % de los puntos muestreados se encontraron cerca de un sendero; esto refleja la alta presencia de senderos en el ANP, en especial en la ladera sur.
- En el 25% de los puntos, hubo un incendio y se observaron únicamente en la ladera norte.
- En el 12.5%, se registró la presencia de algún residuo, principalmente en la ladera norte.
- En solo el 3% (representando un punto de muestreo) de los puntos muestreados se observó combustible forestal acumulado y esto fue en la ladera sur. Cabe señalar que en los recorridos se observaron dos sitios con la presencia de este factor, sin embargo, no se encontraban dentro de los puntos muestreados.
- El tránsito de turistas en el ANP se presentó en el 25% de los puntos de muestreo, especialmente en la ladera sur.

Considerando los rangos de atención establecidos (alta: 21 a 35; media: 7 a 20; baja: 0 a 6), en los resultados totales de la matriz, el 43.75 % de los puntos muestreados requieren una atención alta. Además, no se observó ningún punto con un grado bajo de atención (Tabla 30).

**Tabla 30.** Matriz de grado de atención por punto de muestreo de El Charco del Ingenio en temporada de secas.

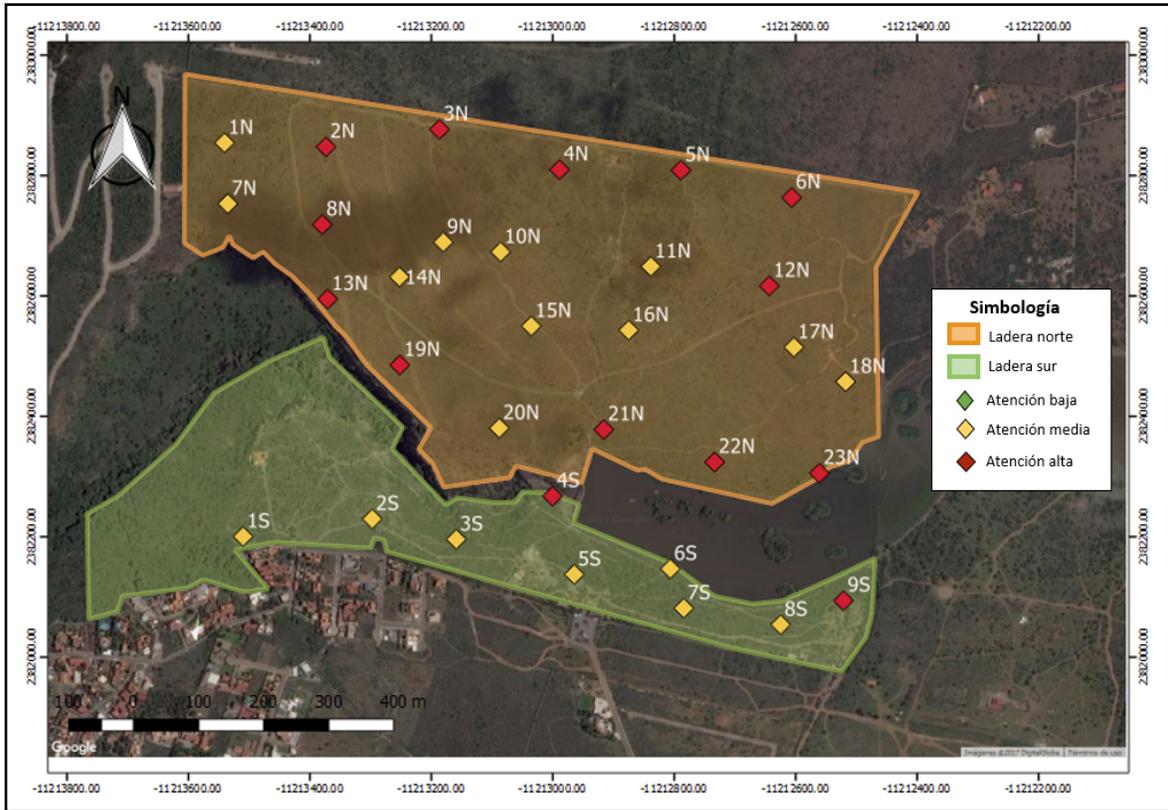
Punto de muestreo	Índice de Shannon	Inverso de Simpson	Rareza	Calidad y fragilidad visual	IRI *	Presencia de <i>R. repens</i>	Senderos a 10 m máximo	Evidencia de incendios	Residuos	Combustible acumulado	Transito frecuente de turistas	Total
1S	1	1	5	3	3	5	0	0	0	0	0	18,00
2S	5	5	3	1	3	1	0	0	0	0	0	18,00
3S	1	1	5	1	5	5	1	0	0	0	0	19,00
4S	5	5	5	1	3	3	1	0	0	0	1	24,00
5S	1	1	3	3	3	3	1	0	0	0	0	15,00
6S	3	3	5	1	3	1	1	0	0	1	1	19,00
7S	1	1	5	1	3	3	1	0	0	0	0	15,00
8S	1	1	3	3	3	3	1	0	0	0	1	16,00
9S	3	5	5	3	3	3	1	0	0	0	0	23,00
1N	3	3	5	3	3	1	0	1	1	0	0	20,00
2N	5	5	5	3	3	5	1	1	0	0	0	28,00
3N	5	3	5	1	3	5	1	0	1	0	1	25,00
4N	5	5	3	1	3	5	0	0	0	0	0	22,00
5N	3	3	5	1	3	5	1	0	0	0	1	22,00
6N	5	5	5	1	3	5	0	0	1	0	0	25,00
7N	3	1	5	3	5	1	0	1	0	0	0	19,00
8N	5	5	5	1	3	5	0	1	0	0	0	25,00
9N	3	1	5	1	3	5	0	0	0	0	0	18,00
10N	3	1	5	1	3	5	1	0	1	0	0	20,00
11N	3	1	5	1	3	5	0	0	0	0	0	18,00
12N	3	3	5	1	3	5	0	1	0	0	0	21,00
13N	3	3	5	1	3	5	1	0	0	0	0	21,00

<b>14N</b>	3	3	5	1	3	5	0	0	0	0	0	20,00
<b>15N</b>	3	3	5	1	3	5	0	0	0	0	0	20,00
<b>16N</b>	5	3	5	1	3	1	0	0	0	0	0	18,00
<b>17N</b>	3	3	5	1	3	5	0	0	0	0	0	20,00
<b>18N</b>	3	1	5	1	3	5	0	0	0	0	1	19,00
<b>19N</b>	3	3	5	1	3	5	1	1	0	0	0	22,00
<b>20N</b>	3	1	5	1	3	3	0	1	0	0	0	17,00
<b>21N</b>	3	1	5	1	3	5	1	1	0	0	1	21,00
<b>22N</b>	5	3	3	1	3	5	1	0	0	0	0	21,00
<b>23N</b>	5	3	3	1	3	5	1	0	0	0	1	22,00

**Notas:**

\*IRI: Índice de riesgo de incendio.

Las filas sombreadas pertenecen a los puntos que presentaron un grado alto de atención.



**Figura 27.** Grados de atención en cada punto de muestreo del Jardín Botánico El Charco del Ingenio en temporada de secas. Elaboración propia. Imagen satelital de Digital Globe (2018). Google.

Del 43.75 % de los puntos que requieren un alto grado de atención, el 85.71 % pertenece a la ladera norte. Al ubicar los puntos espacialmente (Figura 27), se observó que aquellos que poseen un grado alto de atención se encuentran mayormente en los límites norte, oeste y sur de la ladera norte. Esto puede ser debido a que se encuentran más expuestos a las actividades que se realizan en las colindancias y a la influencia de personas ajenas al Jardín Botánico que acceden sin autorización.

### **b) Temporada de lluvias**

De acuerdo con los rangos asignados (alto:5; medio: 3; bajo:1) se observó que (Tabla 31):

- En todos los puntos de muestreo se registró la presencia de *R. repens*, pero en menor medida que en la temporada de secas ya que el 37.5 % de los puntos, presentó una presencia alta. En esta temporada también se presentó mayormente en la ladera norte al registrar en esta zona, un 83.33 % de los puntos con presencia alta.

Conforme a los valores de presencia y ausencia en las variables evaluadas de senderos a 10m, evidencia de incendios, residuos, combustible forestal acumulado y tránsito frecuente de turistas se observó lo siguiente (Tabla 31):

- El valor porcentual es el mismo que el que se presentó en temporada de secas.

- En el 31.25% de los puntos, hubo un incendio, por lo que hubo un aumento conforme a lo observado en el muestreo de secas.
- El valor porcentual de presencia de residuos (12.5%) se mantuvo igual al registrado en temporada de secas.
- En cuanto a combustibles forestales acumulados, no se registró ningún cambio con respecto al muestreo realizado en temporada de secas.
- El tránsito de turistas disminuyó a 21.87% en los puntos de muestreo, registrando menor presencia en la ladera norte.

Los resultados totales de la matriz muestran que el 18.75% de los puntos muestreados requieren una atención alta. En esta temporada tampoco se observó ningún punto con un grado bajo de atención (Tabla 31).

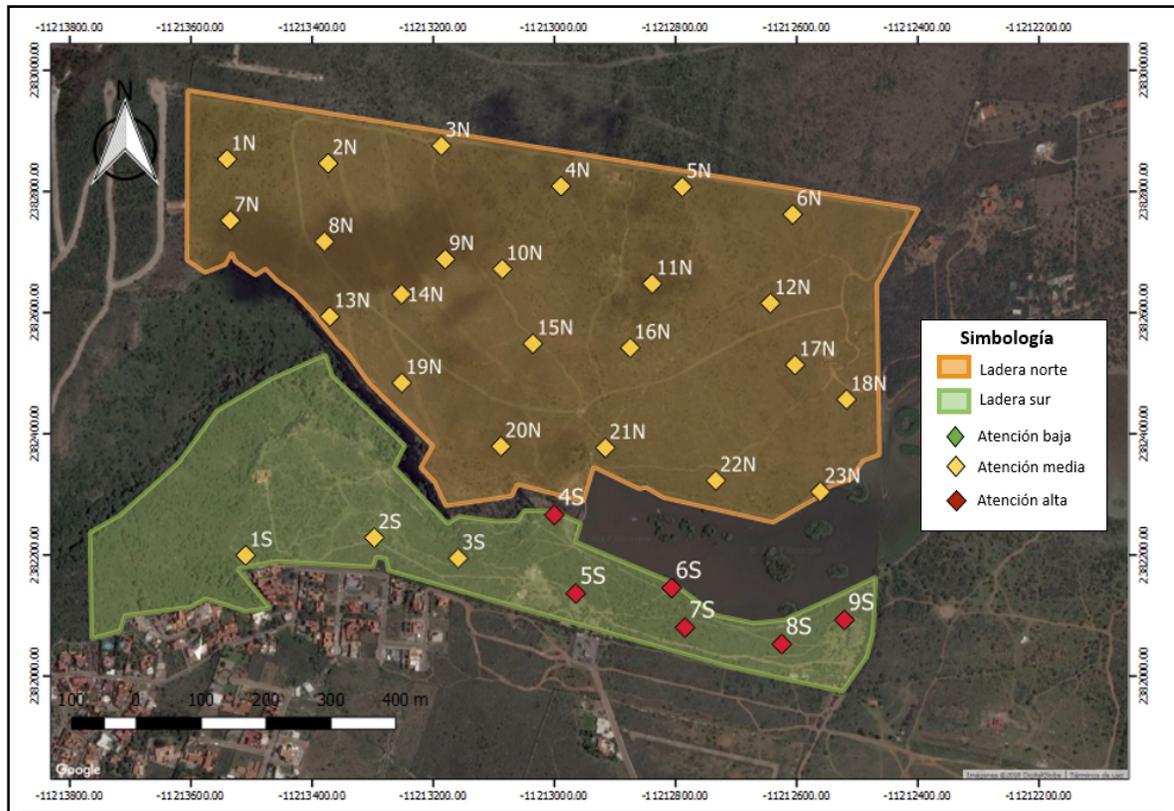
**Tabla 31.** Matriz de grado de atención por punto de muestreo de El Charco del Ingenio en temporada de lluvias.

Punto de muestreo	Índice de Shannon	Inverso de Simpson	Rareza	Calidad y fragilidad visual	Presencia <i>R. repens</i>	Senderos a 10 m máximo	Evidencia de incendios	Residuos	Combustible acumulado	Transito frecuente de turistas	Total
1S	1	1	5	3	1	0	0	0	0	0	11,00
2S	5	5	3	1	1	0	0	0	0	0	15,00
3S	3	3	5	1	1	1	0	0	0	0	14,00
4S	5	3	5	1	5	1	0	0	0	1	21,00
5S	5	5	3	3	5	1	0	0	0	0	22,00
6S	5	5	5	1	1	1	0	0	1	1	20,00
7S	5	3	5	1	3	1	0	0	0	0	18,00
8S	5	5	3	3	3	1	0	0	0	1	21,00
9S	5	5	5	3	3	1	0	0	0	0	22,00
1N	1	1	3	3	1	0	1	1	0	0	11,00
2N	1	1	5	3	5	1	1	0	0	0	17,00
3N	3	1	3	1	5	1	1	1	0	1	17,00
4N	3	1	3	1	5	0	0	0	0	0	13,00
5N	1	1	3	1	3	1	1	0	0	1	12,00
6N	3	1	5	1	5	0	0	1	0	0	16,00
7N	1	1	3	3	1	0	1	0	0	0	10,00
8N	1	1	3	1	5	0	1	0	0	0	12,00
9N	1	1	3	1	5	0	0	0	0	0	11,00
10N	1	1	3	1	3	1	0	1	0	0	11,00
11N	1	1	3	1	5	0	0	0	0	0	11,00
12N	1	1	3	1	5	0	1	0	0	0	12,00
13N	1	1	3	1	5	1	0	0	0	0	12,00
14N	1	1	3	1	5	0	0	0	0	0	11,00
15N	1	1	3	1	3	0	0	0	0	0	9,00
16N	1	1	3	1	3	0	0	0	0	0	9,00

Punto de muestreo	Índice de Shannon	Inverso de Simpson	Rareza	Calidad y fragilidad visual	Presencia <i>R. repens</i>	Senderos a 10 m máximo	Evidencia de incendios	Residuos	Combustible acumulado	Transito frecuente de turistas	Total
17N	1	1	3	1	3	0	0	0	0	0	9,00
18N	3	1	3	1	1	0	0	0	0	0	9,00
19N	1	1	3	1	3	1	1	0	0	0	11,00
20N	3	3	3	1	3	0	1	0	0	0	14,00
21N	3	3	3	1	1	1	1	0	0	1	14,00
22N	3	1	1	1	3	1	0	0	0	0	10,00
23N	3	1	1	1	3	1	0	0	0	1	11,00

**Nota:**

Las filas sombreadas pertenecen a los puntos que presentaron un grado alto de atención.



**Figura 28.** Grados de atención en cada punto de muestreo del Jardín Botánico El Charco del Ingenio en temporada de lluvias. Elaboración propia. Imagen satelital de Digital Globe (2018). Google.

Al ubicar los puntos espacialmente (Figura 28), se observó que aquellos que poseen un grado alto de atención (18.75 %) se encuentran al este de la ladera sur. En esta temporada disminuyeron los puntos con grado alto de atención debido a que las precipitaciones favorecen el rebrote de la vegetación (principalmente la perteneciente al estrato herbáceo), aumenta la rareza y la calidad visual del paisaje.

#### 5.4. Estrategias para el Jardín Botánico El Charco del Ingenio

Con base en estos resultados se establecieron los objetivos a cumplir mediante las estrategias propuestas para el ADVC, además de los indicadores que permitirían el seguimiento de la efectividad de dichas estrategias.

##### a) Objetivos

Conforme a lo obtenido en el diagnóstico ambiental y el análisis de relaciones entre factores, se establecieron los objetivos a cumplir para el mejoramiento del ANP:

- Reducir la presencia de *R. repens*.
- Aumentar la diversidad florística.
- Reducir la presencia de residuos inorgánicos en las laderas y cuerpos de agua.

- Realizar una gestión integral de los recursos naturales.
- Control del azolvamiento
- Difusión de la importancia del ADVC, su reglamento y concienciación ambiental.

### b) Descripción de estrategias

Se establecieron las acciones pertinentes a cada actividad propuesta para la aplicación de las estrategias en el ADVC.

**Tabla 32.** Estrategias de manejo, actividades y acciones para “El Charco del Ingenio”

Estrategia	Actividad	Acciones
Reforestación	Establecimiento de un Programa de reforestación	Determinación de las zonas a reforestar
		Determinación de las superficies a reforestar
		Determinación del tipo de suelo
		Selección de las especies a sembrar (considerar especies pertenecientes al estrato herbáceo y arbóreo para la ladera norte) y especies del estrato herbáceo para la ladera sur.
		Obtención de la planta, ya sea adquirida de viveros o producida in situ
	Seguimiento a la plantación	Programación de riegos de ayuda
		Fertilización orgánica con composta
		Labores de aclareo y poda
		Seguimiento sanitario de la plantación
	Producción de composta	Establecer una zona para la producción de composta
		Obtención de residuos orgánicos de la misma área
		Elaboración de composta
	Aplicación de métodos para captación de agua (Basurto y Hadley, 2006)	Aplicación del sistema Keyline (Yeomans, 1954) en el ADVC para mejorar la captación de agua
		Determinar sitios para establecer el sistema Keyline
		Evaluar los resultados del sistema Keyline
		Establecer métodos alternativos
Reducción de la población de <i>Rhynchelytrum. Repens</i> (Basurto y Hadley, 2006; Possley y Maschinski, 2006)	Desarrollo de un programa para la eliminación del pasto rosado	Si no funcionan la reforestación (para incrementar la diversidad de flora nativa) utilizar de medios mecánicos, en particular el desarraigo de plantas enteras, el corte y quema no proporcionará control.
		Uso de medios mecánicos indirectos

<b>Estrategia</b>	<b>Actividad</b>	<b>Acciones</b>
		Uso de tratamientos químicos
	Desarrollo de un proyecto de investigación sobre el control del pasto	Implementación de parcelas con diversos tratamientos para evaluar la eficiencia de cada uno de ellos.
Reducción de incendios	Calcular el Índice de Riesgo de Incendio (IRI)	Calcular el IRI periódicamente,
	Aplicar programa de control de incendios	Con base en el índice, remover los materiales combustibles.
		Mantener libre de materiales combustibles las brechas corta-fuego.
		Colocación de una torre de vigilancia.
	Crear un programa de combate de incendios	Capacitar al personal del área en el combate de incendios.
		Involucrar a los vecinos en la capacitación y control de incendios.
		Contar con la infraestructura y equipo adecuado para el control de incendios.
Establecer contacto con las autoridades locales para el control de incendios.		
Mantenimiento de la calidad del agua	Realizar un programa de desazolve de la presa Las Colonias	Desazolver la presa para reducir la cantidad de sólidos.
	Reforestación en las orillas del humedal	Reforestar con para mejorar la retención del suelo.
	Reducción de residuos	Retirar los residuos acumulados en el humedal y manantial
	Monitoreo de calidad del agua (Sánchez et al., 2007)	Establecer un programa de monitoreo de calidad del agua en temporada de secas y lluvias.
Suelo	Desarrollar un programa de mejoramiento del suelo	Determinación de las zonas más propensas a erosión
		Realizar actividades de ingeniería para restauración de suelos
		Utilizar composta para enriquecer el suelo
		Mejorar la retención del suelo mediante las especies vegetales nativas (Prado, Negrete y Gabriel, 2006)
		Utilizar el material de desazolve para mejoramiento del suelo
Saneamiento de la vegetación	Determinación de las plagas y enfermedades que afectan a las plantas	Determinación de las zonas plagadas
		Determinación de la enfermedad y/o plaga por especie de planta
		Elección de método de tratamiento idóneo
		Aplicación del tratamiento
		Determinación de la fauna nociva en el área

<b>Estrategia</b>	<b>Actividad</b>	<b>Acciones</b>
Protección a la fauna silvestre	Establecimiento de un programa de protección a la fauna silvestre	Establecer un programa permanente de eliminación de fauna nociva
		Protección a las zonas de anidamiento en el área (Principalmente de las especies que se encuentran en alguna categoría de riesgo en la NOM-059-SEMARNAT-2010).
		Desarrollar un programa de enriquecimiento de hábitat para algunas especies
Instalación de servicios para visitantes	Construcción de infraestructura para los visitantes	Colocación de bancas en la ladera norte
		Colocación de zonas de sombra en la ladera norte y ladera sur
		Colocación de tomas de agua en diferentes puntos del Área
		Colocación de contenedores para residuos en diferentes puntos del Área.
Señalización	Colocar el mapa del Área	Procurar tener un mapa en cada uno de los 4 puntos cardinales.
	Colocar letreros informativos (en inglés y español) (Valle, 2006)	Colocar letreros informativos de las diferentes zonas.
		Colocar letreros con nombres de especies.
		En las zonas de avistamiento de aves, colocar un cartel con las imágenes y nombres de las especies de aves que se pueden observar
		Colocar señalización de dirección, nombres, etc., en los senderos.
	Colocar letreros prohibitivos (en inglés y español) (Valle, 2006)	Colocar letreros prohibitivos en los límites norte y sureste del ANP para disminuir el acceso de personas o la realización de actividades no autorizadas.
		En las zonas de avistamiento de aves, colocar letreros prohibitivos para reducir el maltrato o daño a la avifauna.
Reducción de residuos	Colocación de recipientes	Colocación de contenedores adaptados específicos para cada tipo de residuo en varios puntos del área y adaptados para evitar que la fauna del lugar no acceda a los residuos.
	Elaborar un programa de limpieza del sitio	Establecer los periodos de limpieza conforme al grado de atención de cada área.
		Incorporar a vecinos y visitantes en el programa de limpieza, para que participen de forma eventual.

Estrategia	Actividad	Acciones
Educación Ambiental (Cortés et al., 2014; Pinkus, 2014)	Elaborar un programa de Educación Ambiental para difundir la importancia del ADVC (Valle, 2006)	Talleres, Conferencias, Cursos, Exposiciones, Documentos de difusión, considerando los grupos de edad y nacionalidad para poder difundir la información de acuerdo con el idioma y edad.
	Elaborar un diagnóstico de actividades tradicionales productivas	Difusión de las actividades tradicionales Implementar las actividades tradicionales
Vigilancia (Pinkus, 2014)	Elaboración de programa de inspección y vigilancia	Identificar los principales ilícitos y sus caudas, además de los sitios clave y de atención prioritaria
		Construir la infraestructura necesaria para la vigilancia dentro del Área
		Desarrollar un programa de capacitación para el personal encargado de la vigilancia y protección.
Establecer vínculos con las autoridades locales	Promover la participación de la ciudadanía para realizar actividades de vigilancia de forma eventual. Establecer procedimientos ágiles para la recepción, gestión y seguimiento de denuncias de ilícitos ante las instancias correspondientes.	
Implementación de actividades alternativas para promover el turismo de bajo impacto (Pinkus, 2014)	Desarrollar un programa de actividades alternativas	Con base en los resultados obtenidos, realizar estudios (económicos, impactos positivos y negativos) para determinar qué actividad o actividades alternativas (mariposario, observación de estrellas) se podría implementar en el área.
		Gestionar recursos para establecer lo necesario para la realización de las actividades.
Investigación (Prado, Negrete y Gabriel, 2006; IUCN, 2016; Pinkus, 2014;)	Contar con un programa de investigación	Establecer vínculos con instituciones académicas en proyectos de investigación relacionados a plagas, calidad fitosanitaria, monitoreos, entre otros.
		Continuar con los proyectos de inventario de especies de flora y fauna en la zona.
		Ampliar el conocimiento de la estructura y funcionamiento de los ecosistemas de la zona.
		Realizar un proyecto sobre especies prioritarias en la zona.
		Realizar un proyecto sobre el impacto de flora y fauna nociva.
		Realizar un proyecto sobre actividades sustentables en el ADVC.

<b>Estrategia</b>	<b>Actividad</b>	<b>Acciones</b>
		Realizar un proyecto para la restauración y conservación de los ecotonos en el Área. Desarrollar programas en aspectos socio-económicos. Crear un sistema de Información Geográfica. Aprovechar la colección de plantas para crear proyectos de investigación.
	Establecer vínculos de colaboración con Instituciones y Universidades	Implementar diversos convenios de colaboración.
Mantenimiento (infraestructura y limpieza)	Limpieza y mejora de imagen	Establecer periodos para mantenimiento a los sanitarios y área de temazcal. Reparar los daños que presentan.
	Mantenimiento	Localizar y reparar los letreros del área que se encuentren dañados o en los que ya no se visualice el texto.
Personal del ADVC	Reuniones periódicas de personal	Reuniones para determinar si las estrategias funcionan o si necesitan alguna modificación mediante la participación del personal administrativo, técnico y de vigilancia.
	Capacitación (Pinkus, 2014)	Capacitación periódica para la adecuada implementación de estrategias y evaluación de la efectividad de las mismas.
Legales	Determinar la competencia de la ZPECHIZA y la ADVC sobre el Jardín Botánico El Charco del Ingenio	Realizar una entrevista al personal administrativo de la ZPECHIZA y el ADVC para determinar lo que le compete a cada uno.
		Determinar qué actividades no permitidas que se han observado en cada área afectan la una a la otra.
		Unificar un reglamento para las actividades realizadas en las colindancias del ADVC con la ZPECHIZA.
Monitoreo (Pinkus, 2014; Casson, Martin, Watson y Kormos, 2016)	Establecer un programa de monitoreo	Determinar los indicadores a utilizar para evaluar cada estrategia aplicada. Conforme a los recursos disponibles, determinar los periodos para la obtención de datos de cada indicador.
	Utilizar herramientas para facilitar la recolección de datos	Utilización de un Sistema Geográfico de Información (como QGIS) para facilitar la recolección y análisis de datos.

### c) Áreas de aplicación de estrategias e indicadores para su monitoreo

Se elaboraron estrategias para dar cumplimiento a los objetivos establecidos para el ANP, considerando lo estipulado en el Reglamento para la ZPECHIZA del municipio de San Miguel de Allende (2011), el documento de certificación del ADVC (El Charco del Ingenio, 2014). Con base en la matriz de grados de atención y en los resultados del diagnóstico, se asignaron las áreas de aplicación (áreas de influencia en los puntos de muestreo, unidades paisajísticas, infraestructura), el tiempo estimado para efectuar dichas estrategias (corto plazo en 1 a 2 años y mediano plazo de 2 a 5 años) y los indicadores para monitorear la efectividad de estas (Tabla 33).

**Tabla 33.** Estrategias de manejo y mejora para El Charco del Ingenio por grado de atención en temporada de secas.

Enfoque de la estrategia	Áreas de aplicación	Indicador propuesto
<b>Grado alto de atención (corto plazo)</b>		
Reforestación	4S, 2N, 3N, 4N, 5N, 6N, 8N, 12N, 13N, 19N, 21N, 22N y 23N	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Porcentaje de superficie sembrada</li> <li>• Porcentaje de sobrevivencia</li> <li>• Índice de Shannon</li> <li>• Índice inverso de Simpson</li> </ul>
Reducción de <i>R. repens</i>	2N, 3N, 4N, 5N, 6N, 8N, 12N, 13N, 19N, 21N,	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Porcentaje de superficie con <i>R. repens</i> por punto de muestreo</li> </ul>
Medidas para reducir IRI	8N, 12N, 19N	<ul style="list-style-type: none"> <li>• IRI, al inicio de época de seca</li> <li>• Superficie afectada por incendios, en m<sup>2</sup></li> </ul>
<b>Grado medio de atención (mediano plazo)</b>		
Reforestación	2S, 6S, 1N, 7N, 14N, 15N, 16N, 17N	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Porcentaje de superficie sembrada</li> <li>• Porcentaje de sobrevivencia</li> <li>• Índice de Shannon</li> <li>• Índice inverso de Simpson</li> </ul>
Reducción de <i>R. repens</i>	1S, 3S, 5S, 7S, 8S, 9N, 10N, 14N, 15N, 17N, 18N	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Porcentaje de superficie con <i>R. repens</i> por punto de muestreo</li> </ul>
Medidas para reducir IRI/ Reducción de combustibles forestales acumulados	2S, 3S, 5S, 7S, 1N, 7N, 20N	<ul style="list-style-type: none"> <li>• IRI, al inicio de época de seca</li> <li>• Superficie afectada por incendios, en m<sup>2</sup></li> </ul>

**Tabla 34.** Estrategias de manejo y mejora para El Charco del Ingenio por grado de atención en temporada de lluvias.

<b>Enfoque de la estrategia</b>	<b>Áreas de aplicación</b>	<b>Indicador propuesto</b>
<b>Grado alto de atención (corto plazo)</b>		
Reforestación	4S, 5S, 6S, 7S, 8S y 9S	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Porcentaje de superficie sembrada</li> <li>• Porcentaje de sobrevivencia</li> <li>• Índice de Shannon</li> <li>• Índice inverso de Simpson</li> </ul>
Reducción de <i>R. repens</i>	4S, 5S, 7S, 8S y 9S	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Porcentaje de superficie con <i>R. repens</i> por punto de muestreo</li> </ul>
<b>Grado medio de atención (mediano plazo)</b>		
Reforestación	2S, 3S, 20N, 21N	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Porcentaje de superficie sembrada</li> <li>• Porcentaje de sobrevivencia</li> <li>• Índice de Shannon</li> <li>• Índice inverso de Simpson</li> <li>Índice inverso de Simpson</li> </ul>
Reducción de <i>R. repens</i>	2N, 3N, 4N, 5N, 6N, 8N, 9N, 10N, 11N, 12N, 13N, 14N, 15N, 16N, 17N, 19N, 20N, 22N y 23N.	Porcentaje de superficie con <i>R. repens</i> por punto de muestreo
Medidas para reducir IRI/ Reducción de combustibles forestales acumulados	1N, 2N, 3N, 5N, 7N, 8N, 12N, 19N, 20N y 21N.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• IRI, al final de la temporada de lluvia</li> <li>• Superficie afectada por incendios, en m<sup>2</sup></li> </ul>

**Tabla 35.** Estrategias generales de manejo y mejora para El Charco del Ingenio.

<b>Enfoque de la estrategia</b>	<b>Áreas de aplicación</b>	<b>Indicador propuesto</b>
Señalización de senderos	Cercanos a los puntos 4S, 6S, 8S, 5N, 21N y 23 N.	Porcentaje de letreros establecidos en relación con los que se necesitan establecer en el ADVC
Reducción de residuos inorgánicos (colocación de recipientes)	1N, 3N, 10N	Kilogramos por metro cuadrado por cada tipo de residuo
Labores de saneamiento para la vegetación	Ladera sur y norte	Porcentaje de individuos afectados por nivel de presencia de epifitas o plaga en él.
Protección a la fauna silvestre	Ladera sur, ladera norte, humedal de presa Las Colonias	No. de organismos especies invasoras presentes por cada unidad paisajística al mes.
Mantenimiento de la calidad del agua	Humedal de presa Las Colonias y manantial	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Parámetros de la NOM-001-SEMARNAT-1993: oxígeno disuelto, DBO, DQO, sólidos totales disueltos, sólidos sedimentables, turbidez, nitratos, fosfatos, grasas y aceites</li> </ul>

<b>Enfoque de la estrategia</b>	<b>Áreas de aplicación</b>	<b>Indicador propuesto</b>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Porcentaje de presencia residuos orgánicos e inorgánicos en un radio de 5 m (por cada punto de muestreo).</li> </ul>
	Humedal (Desazolve)	Sólidos suspendidos
Instalación de servicios a los visitantes	Ladera sur y norte	Porcentaje semestral de visitantes con una opinión positiva de los servicios brindados por cada área.
Educación ambiental	Áreas recreativas del Jardín, visitas guiadas, eventos culturales y festividades dentro del ANP, áreas colindantes.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Para identificar que tanto se conoce el área: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Porcentaje semestral de personas que conocen la importancia del ANP sobre el total de los visitantes</li> </ul> </li> </ul>
Vigilancia	Límites norte, oeste, este y sureste de la ladera norte. Límite este de ladera sur.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presencia de personas ajenas al área: <ul style="list-style-type: none"> <li>- No. de personas que entran al área sin autorización.</li> </ul> </li> <li>• Cumplimiento con el reglamento interno: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Porcentaje de actividades no permitidas por tipo</li> </ul> </li> </ul>
Implementación de actividades alternativas	Subzona de acceso público y actividades artísticas y culturales (ladera sur), la mitad de la ladera norte (orilla norte de la Presa las Colonias y ruinas de la Hacienda de Las Colonias) y fracción occidental de la ladera norte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Porcentaje semestral de preferencia de los visitantes por actividad alternativa implementada</li> </ul>
Investigación	En toda el ADVC	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Número de investigaciones realizadas</li> <li>• Productos de trabajo derivados de la investigación</li> </ul>
Mantenimiento (infraestructura y limpieza)	En toda el ADVC	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Porcentaje semestral de visitantes con una opinión positiva de la imagen por cada unidad paisajística</li> <li>• Porcentaje semestral por tipo de aspecto desagradable observado en cada unidad paisajística</li> </ul>
Mantenimiento (riego y poda)	Ladera sur y norte	Metros cuadrados atendidos
Monitoreo	En toda el ADVC	Conforme a lo que se desea evaluar (indicadores propuestos).

## Capítulo VI. Conclusiones

Una vez realizado el diagnóstico ambiental se lograron establecer estrategias de manejo y una matriz de las variables seleccionadas integrando los factores ambientales, socioeconómicos y legales.

### **a) Evaluación de las principales variables que determinan el funcionamiento del área de estudio**

Con base en los resultados obtenidos del diagnóstico ambiental, se identificaron como principales problemáticas: dominancia de *R. repens* en las dos laderas durante las dos temporadas, áreas con un riesgo medio y alto de incendios, vida acuática en riesgo por la calidad del agua, realización de actividades no permitidas, calidad visual intermedia.

Los resultados de las encuestas permitieron identificar problemáticas como falta de mantenimiento a los letreros, extracción de plantas y arácnidos, robo, entre otras; y conocer la percepción que tienen los visitantes y vigilantes acerca del Jardín Botánico.

### **b) Análisis de las relaciones existentes entre los factores ambientales, socioeconómicos y legales**

Se observó una relación de causa y efecto entre los factores ambientales, socioeconómicos y legales del ANP.

El conjunto de variables ambientales fue el que presentó mayor cantidad de consecuencias finales y de interacciones negativas y positivas entre ellos y con el factor socioeconómico y legal.

De las consecuencias finales ocasionadas por las relaciones negativas entre las situaciones pertenecientes a los factores ambientales, socioeconómicos y legales, la más recurrente fue pérdida de biodiversidad.

Por otra parte, el aumento de la diversidad fue la consecuencia con mayor ocurrencia derivadas de las relaciones positivas entre factores ambientales socioeconómicos y legales.

El factor legal presentó menor cantidad de interacciones negativas y positivas en comparación con los demás factores, esto debido su influencia indirecta a través del manejo del área.

El análisis realizado permitió identificar las variables de estado y de presión para definir el grado de atención de las áreas de influencia en el ANP.

### **c) Grado de atención de las áreas con base en los resultados obtenidos**

En temporada de secas, del 43.75 % de los puntos que presentaron un alto grado de atención, el mayor porcentaje pertenece a la ladera norte (87.71%); identificando que las variables que

influyeron fueron: la presencia alta de *R. repens*, los valores bajos de los índices de diversidad, los rasgos comunes, la cercanía con los límites y las actividades colindantes.

En temporada de lluvias, se registró un 18.75 % del total de puntos muestreados con un grado de atención alto, ubicándose todos en la ladera sur. Las variables que influyeron a este resultado fueron: los valores bajos de los índices de diversidad, los rasgos comunes y la presencia alta y media de *R. repens*.

La disminución de puntos con grado alto de atención en temporada de lluvias es influida por las precipitaciones que favorecen el rebrote de la vegetación, aumentando los valores de los índices de diversidad, rareza y calidad visual del paisaje.

No se presentó ningún área que requiriera un grado de atención bajo en ninguna temporada, por lo que las problemáticas afectan a toda el ANP.

#### **d) Estrategias para el adecuado manejo del área.**

Como producto final, se obtuvieron las estrategias por cada área de influencia del Jardín Botánico (Tabla 32 y Tabla 33), con sus respectivos indicadores propuestos como línea base de un monitoreo periódico del área (Tabla 34 y Tabla 35).

## **Capítulo VII. Recomendaciones**

- Se recomienda revisar y analizar los resultados obtenidos en el presente trabajo en conjunto con las autoridades administrativas del ADVC, así como el personal técnico y de vigilancia, para priorizar los objetivos y metas que permitan una mejora en el manejo del área.
- Para la aplicación de estrategias y la determinación de los indicadores a utilizar, se recomienda que las propuestas presentadas se analicen con las autoridades competentes del ADVC, así como el personal técnico y de vigilancia para determinar las actividades a realizar.
- Se recomienda tener un control y seguimiento de los indicadores seleccionados para monitorear la efectividad de las actividades sugeridas para cada estrategia y si es necesario, adecuarlas para alcanzar los objetivos y metas establecidas.
- Para el tema de incendios, se recomienda la realización de un muestreo dirigido; esto debido a que algunas especies son indicadoras de que en determinado momento hubo un incendio (gracias a su ecofisiología). Con estos estudios se podría conocer la dinámica de que especies son las que proliferan en las áreas donde anteriormente se presentó un incendio.

- Se sugiere una mayor investigación sobre los factores que afectan la calidad fitosanitaria, los impactos que ocasionan una mala calidad y las principales especies afectadas. Además de los impactos que puede ocasionar la fauna invasora en el ANP.
- Se recomienda analizar los efectos que puede propiciar la aplicación del sistema keyline en el ADVC para mejorar la captación de agua en algunos puntos seleccionados. Si el sistema funciona, sería posible aplicarlo a más puntos del área que requieran del recurso hídrico.
- Conforme a lo observado en la realización del diagnóstico, se sugiere los siguientes puntos que, debido a los alcances y periodo para llevar a cabo el presente trabajo, no se incluyeron:
  - Para los análisis de calidad del agua, se sugiere incluir (como se menciona en los indicadores) parámetros como DBO, DQO, y sólidos totales disueltos; además de la utilización de metodologías con mayor precisión para medir la turbidez, grasas y aceites.
  - En cuanto al IRI, se recomienda incluir variables climáticas para obtener valores con mayor precisión.
  - Para la matriz de determinación de grado de atención, se propone incluir la variable la calidad fitosanitaria del ANP (conforme a lo propuesto anteriormente).

## Referencias bibliográficas

- Agee, J., Wright, C., Williamson, N. y Huff, M. (2002). Foliar moisture content of Pacific Northwest vegetation and its relation to wildland fire behavior. *Forest Ecology and Management* 67, pp. 57-66.
- Aguado, I., Chuvieco, E., Borén, R., Nieto, H. (2007). Estimation of dead fuel moisture content from meteorological data in Mediterranean areas. Applications in fire danger assessment. *International Journal of Wildland Fire* 16: 390.
- Alianza sobre Indicadores de Biodiversidad (2011). Guía para el desarrollo y el uso de indicadores de biodiversidad nacional PNUMA World Conservation Monitoring Centre, Cambridge, Reino Unido, pp. 40.
- Arriola V., Estrada, E., Ortega-Rubio A., Pérez R., Gijón A., (2014). Deterioro en áreas naturales protegidas del centro de México y del Eje Neovolcánico Transversal. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*. (60), pp. 37-49.
- Ayuntamiento de Mairena del Alcor (2012). Diagnóstico ambiental. España. Fecha de consulta: 29 de mayo de 2016. Disponible en: <http://www.lineaverdemairenadelaalcor.com/lv/documentos.asp?op=1&docu=AgendaDiagnostico>
- Balmford, A. et al. (2002). Economic reasons for conserving wild nature. *Science* 297, pp. 950–953
- Bakkes, J., van den Born, G., Helder J., Swart, R., Hope C. y Parker, J., (1994) An Overview of Environmental Indicators: State of the art and perspectives. UNEP/EATR.94-01; RIVM/402001001. Environmental Assessment Sub-Programme; UNEP, Nairobi.
- Barraza, F. y Gómez, M. (2005). Aproximación a un concepto de Contabilidad ambiental. Universidad Cooperativa de Colombia. Bogotá, Colombia.
- Basurto, X., y Hadley D., (2006) Grasslands ecosystems, endangered species, and sustainable ranching in the Mexico-U.S. borderlands: Conference Proceedings. RMRS-P-40. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, Fort Collins, CO. Disponible en: [https://www.fs.fed.us/rm/pubs/rmrs\\_p040.pdf](https://www.fs.fed.us/rm/pubs/rmrs_p040.pdf)
- Bertrand, G. (1968): «Paysage et géographie physique globale. Esquisse methodologique». *Reveu géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest*, 39 fascicule 3, pp. 249-272 doi: <https://doi.org/10.3406/rgpso.1968.4553>
- Biachi L., Deffosé G., Dentoni M., Kunst C., Ledesma R. y Bravo S. (2014). Dinámica de la humedad de los combustibles y su relación con la ecología y el manejo de fuego en la región chaqueña occidental (Argentina) I: conceptos básicos. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*. 40 (2), pp. 154-164.
- Bravo, S., Kunst, C., Giménez, A., Moglia, G. (2001). Fire regime of a *Elionorus muticus* Spreng. savanna, western Chaco region, Argentina. *International Journal of Wildland Fire*, 10, pp. 1-8.

- Brooks M., D'Antonio C., Richardson D., Grace J., Keely J., DiTomaso J., et al. (2004). Effects of invasive alien plants on fire regimes. *Bioscience*. 54(7), pp. 677-688.
- Butchart S., Walpole M., Collen B., Van Strien A., Scharlemann J., Almond, R., et al. (2010) Global biodiversity: indicators of recent declines. *Science* 328, pp. 1164–1168. doi: 10.1126/science.1187512.
- Canadian Interagency Forest Fire Centre (2002). Glossary of forest fire management terms. Canadian Interagency Forest Fire Centre, Winnipeg, Manitoba.
- Casas J., Repullo J. R., Donado J., (2003). La encuesta como técnica de investigación. Elaboración de cuestionarios y tratamiento estadístico de los datos. *Atención primaria*. 31 (8). Mayo 2003.
- Casson, S.A., Martin V.G., Watson, A., Stringer, A., Kormos, C.F. (eds.) (2016). Locke, H., Ghosh, S., Carver, S., McDonald, T., Sloan, S.S., Mercurieff, I., et al. *Wilderness Protected Areas: Management guidelines for IUCN Category 1b protected areas*. Gland, Switzerland: IUCN. 92pp.
- CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe) (2004). Anuario estadístico de América Latina y el Caribe. Naciones Unidas.
- Cheney, P. y Sullivan, A. (2008). 'Grassfires: Fuel, weather and fire behaviour.' De Krester A. (Ed). CSIRO Publishing: Collingwood VIC, Australia.
- Chuvieco, E. (2008). Satellite observation of biomass burning: implications in global change research, en *Earth Observation and Global Change* (editado por Chuvieco). New York, Springer, pp.109- 142.
- Chuvieco E. (2009). Detección y análisis de incendios forestales desde satélites de Teledetección. *Revista Real Academia de Ciencias Exactas Físicas y Naturales*. España. 103 (1), pp. 173-181
- Chuvieco, E., Aguado, I., Yebra, M., Nieto, H., Salas, J., Martín, P., Vilar, L., Martínez, et al. (2010). Development of a framework for fire risk assessment using remote sensing and geographic information system technologies. *Ecological Modelling*, 221, pp. 46-58. doi:10.1016/j.ecolmodel.2008.11.017.
- CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad), AridAmérica, GECI (Grupo de Ecología y Conservación de Islas), TNC (The Nature Conservancy) (2006). *Especies invasoras de alto impacto a la biodiversidad: Prioridades en México*. Ciudad de México. 41 pp.
- CONAFOR (Comisión Nacional Forestal) (2011). *Inventario Nacional Forestal. Manual y procedimientos para el muestreo en campo, re- muestreo 2011*. México.
- CONANP (2016). Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. Disponible en: <http://www.conanp.gob.mx/>

- CONANP (2017 a). Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. Áreas Naturales Protegidas decretadas. Última consulta 10 de mayo de 2018. Disponible en: <https://www.gob.mx/conanp/acciones-y-programas/areas-naturales-protegidas-decretadas>.
- CONANP (2017 b). Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. Áreas Destinadas Voluntariamente a la Conservación. Última consulta 10 de mayo de 2018. Disponible en: <https://www.gob.mx/conanp/acciones-y-programas/areas-destinadas-voluntariamente-a-la-conservacion>
- Consejo de Europa (2000). Convenio Europeo del Paisaje. Florencia
- Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional, Especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas. Ramsar (Irán), 2 de febrero de 1971. Compilación de Tratados de las Naciones Unidas N° 14583. Modificada según el Protocolo de París, 3 de diciembre de 1982, y las Enmiendas de Regina, 28 de mayo de 1987.
- Convenio de Diversidad Biológica. ONU. 5 de junio de 1992. UNEP y RIVM
- Cortés M. A., De los Santos H. M., Ramírez H., Valdez J. R., Ángeles G. y Velázquez A. (2014). Estimadores de muestreo para inventario de plantaciones forestales comerciales de eucalipto en el sureste mexicano. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. 5 (26). noviembre-diciembre, México. pp. 38-57
- Cortés, P., Ortega, A., Jiménez, C. L., Gatica, A., González, I. (2014). El conocimiento de la fauna del Desierto de Vizcaíno: una herramienta de conservación. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*. 22 (60) México, marzo 2014, pp. 85-91.
- Countryman, C. y Dean, W. (1979). *Measuring Moisture Content in Living Chaparral: a field user's manual*. USDA Forest Service. Pacific Southwest Forest and Range Experimental Station. General Technical Report PSW-36, pp.2.
- Cretcher, R. (20016). *Flores Silvestres De San Miguel De Allende. (Pocket Guide to the Wild Flowers of San Miguel De Allende)*
- D' Antonio, C.M.; Vitousek, P.M. 1992. Biological invasions by exotic grasses, the grass/fire cycle, and global change. *Annual Review of Ecology and Systematics* 23, pp. 63-87.
- Datalogging colorimeter handbook (2004). DR/890. HACH , U.S.A.
- David A., Menges E. (2011). Microhabitat preference constrains invasive spread of non-native natal grass (*Melinis repens*). *Biological Invasions*.13(10), pp. 2309-2322.
- De Groot, W., Wardati, C., Wang, Y. (2005). Calibrating the fine fuel moisture code for grass ignition potential in Sumatra, Indonesia. *International Journal of Wildland Fire* 14, pp. 161–168.

- De la Lanza (2002). Recursos hidrológicos de México. Capítulo 3. En: F. J. Abarca y M. Herzig (Eds.). Manual para el Manejo y la Conservación de los Humedales de México. Tercera Edición. Dirección General de Vida Silvestre-SEMARNAT, Arizona Game and Fish Department, North American Wetland Conservation Act, U.S. Fish and Wildlife Service, Convención Ramsar, U.S. State Department, Ducks Unlimited of Mexico-A.C., Pronatura Noreste, Canadian Wildlife Service y Society of Wetlands Scientists. Phoenix, Arizona, EE.UU.
- Díaz A., Flores E., De Luna A., Luna J., Frías J., Olalde V. (2012). Biomasa aérea, cantidad y calidad de semilla de *Melinis repens* (Willd.) Zizka, en Aguascalientes, México. Revista Mexicana de Ciencias Pecurias. 3(1), pp. 33-47
- DOF (Diario Oficial de la Federación), (1996). NORMA Oficial Mexicana NOM-012-SEMARNAT-1996, Que establece los procedimientos, criterios y especificaciones para realizar el aprovechamiento, transporte y almacenamiento de leña para uso doméstico. México.
- DOF, (2000). Ley General de Vida Silvestre. México. 3 de julio de 2000. México. Última reforma: 26 de enero de 2015.
- DOF (2000 b). Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Áreas Naturales Protegidas. México. Última reforma: 21 de mayo de 2014.
- DOF, (2010). NORMA Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. México. 30 de diciembre de 2010.
- DOF (2013). Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección del Ambiente. México, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México. Última reforma: 9 de enero de 2015.
- DOF, (2016). Acuerdo General del Pleno del Consejo de la Judicatura Federal por el que se cambia la denominación de Distrito Federal por Ciudad de México en todo su cuerpo normativo. México. 5 de febrero de 2016.
- Dudley, N. y Stolton, S. (eds.) (2008). Defining protected areas: an international conference in Almeria. Spain. Gland, Switzerland: IUCN (International Union for Conservation of Nature). 220 pp.
- Dudley, N. (Editor) (2008). Directrices para la aplicación de las categorías de gestión de áreas protegidas. Gland, Suiza. UICN. 96 pp.
- Dunn J. y Alderfer J. (2006). Field guide to the birds of Northeamerica. National Geographic, pp. 503.

- El Charco del Ingenio, Jardín Botánico (s/f). Última consulta 15 de diciembre de 2017. Disponible en: <http://www.elcharco.org.mx/>
- El Charco del Ingenio A.C. (2014). Programa de Manejo del Jardín Botánico El Charco del Ingenio. Guanajuato, México.
- Espinoza, M. (1989). Programación: manual para trabajadores sociales. Editorial Humanitas. Argentina.
- ETC-BD (European Topic Centre on Biological Diversity), (2011). Assessment and reporting under Article 17 of the Habitats Directive. Explanatory Notes & Guidelines for the period 2007-2012
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) (2007). Fire management - global assessment 2006. A thematic study prepared in the framework of the Global Forest Resources Assessment 2005. Roma, FAO Forestry Paper 151.
- FEMP (Federación Española de Municipios y Provincias) (2002). Código de buenas prácticas ambientales. España.
- Fernández, R. (2013). Metodología para la caracterización y diferenciación de las unidades de paisaje de un espacio de montaña: las sierras de Béjar y Candelario. Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles N.º 62. pp. 101-127. España
- Figuerola, E. (2005). Biodiversidad Marina: valoración, usos y perspectivas. ¿Hacia dónde va Chile? Santiago de Chile, Chile: Universitaria S.A
- Fire y Emergency Services Authority of Western Australia (2008). Grass Curing Visual Guide for Western Australia, pp. 12.
- Flanders A., Kuvlesky W., Ruthven D., Zaiglin R., Bingham R., Fulbright T., et al. (2006). Effects of invasive exotic grasses on South Texas rangeland breeding birds. *The Auk*.123(1), pp. 171- 182.
- Freeman, S. (2015). Environmental Conservation and Development: Critical Perspectives. In: James D. Wright (editor-in-chief), *International Encyclopedia of the Social y Behavioral Sciences*, 2da edition, Vol 7. Oxford: Elsevier, pp. 713–719.
- Gaillard y Pece (2011). Muestreo y técnicas de evaluación de vegetación y fauna. Facultad de Ciencias Forestales Ingeniero Néstor René Ledesma. Universidad Nacional de Santiago del Estero. Argentina.
- Gallopín, G. (1997). Indicators and their use: Information for decisión-making. Part One- Introduction. pp. 13-27 en: Moldan, B. y Billharz, S. (Eds.) *Sustainability Indicators. A report on the project on indicators of sustainable development. SCOPE 58*. Wiley Chichester.
- García, C. y Olivares, J. (2014, 23 de septiembre). El Charco del Ingenio, parte del sistema de áreas naturales protegidas. La jornada, p. 2.

- González, M., Foroughbakhch, R., Rocha, L., Guzmán, M.A., y González, H. (2016). Composición florística y caracterización estructural del matorral desértico micrófilo en Galeana, Nuevo León. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 8 (39). México. pp. 83-98.
- González Ocampo, H. A., Cortés-Calva P., Íñiguez Dávalos L. I., Ortega-Rubio A., Las áreas naturales protegidas de México. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*. México, (60) marzo 2014. pp. 7-15.
- Halpern, B., Walbridge, S., Selkoe, K.A., Kappel, C., Micheli, F., D'Agrosa, C., et al. (2008). A Global Map of Human Impact on Marine Ecosystems. *Science* Vol. 319, pp. 948-952. DOI: 10.1126/science.1149345
- Hernández, M., Amador A., Sánchez S. y Solera A. (2014). Manejo conjunto del agua en la subcuenca Támara-Picachos, Guanajuato, México. *Tecnología y Ciencias del Agua* 5 (6), pp. 159-165
- Hernández, M. y Arias C. (2012). Uso del jardín botánico El Charco del Ingenio para actividades culturales, turísticas, de educación ambiental, artísticas y de investigación en la Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado vol. I. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (iee), pp. 409-412.
- Hiremath, A. y Sundaram, B. (2005). The Fire-Lantana Cycle Hypothesis in Indian Forests. *Conservation and Society*. 3, (1), pp. 26 - 42.
- INE (Instituto Nacional de Ecología) (2003). Diagnóstico bio-físico y socio-económico de la cuenca Lerma-Chapala. México.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) (2000 a). Indicadores de desarrollo sustentable de México. México.
- INEGI (2000 b). Censo de Población y vivienda. Resultados por localidad (ITER). México.
- INEGI (2010). Censo de Población y vivienda. Resultados por localidad (ITER). México.
- INEGI (2013). Diseño de Cuestionarios / Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 61 p. México.
- Inhobe (2009). Identificación y Evaluación de Aspectos Ambientales. Miniguía del taller. Sociedad Pública de Gestión Ambiental. España. 19 pp.
- Íñiguez Dávalos, L. I., Jiménez Sierra, C. L., Sosa Ramírez, J. y Ortega-Rubio, A., (2014). Categorías de las áreas naturales protegidas en México y una propuesta para la evaluación de su efectividad. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*. 22 (60) México, marzo 2014, pp. 65-70.
- ISO (2004). Norma Internacional ISO 14004. Sistemas de gestión ambiental- Directrices generales sobre principios, sistemas y técnicas de apoyo. Traducción certificada.

- IUCN (International Union for Conservation of Nature) (1994). Guidelines for Protected Area Management Categories. CNPPA con asistencia de WCMC. IUCN, Gland, Switzerland y Cambridge, Reino Unido.
- IUCN (2016). Wilderness Protected Areas: Management guidelines for IUCN Category 1b protected areas. Casson, S.A., Martin V.G., Watson, A., Stringer, A., Kormos, C.F. (eds.). Locke, H., Ghosh, S., Carver, et al. Switzerland. 92pp.
- Jiménez, C., Sosa, J., Cortés-Calva, P., Solís A., Íñiguez, L., Ortega-Rubio, A. (2014), México país megadiverso y la relevancia de las áreas naturales protegidas. Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes. México (60) marzo 2014. pp. 16-22.
- Jiménez, J., Alanís, E., Aguirre, O., Pando, M., González, M. (2009). Análisis sobre el efecto del uso del suelo en la diversidad del matorral espinoso tamaulipeco. *Madera y Bosques* 15 (3), pp. 5-20.
- Knight, R., White, C. (eds), (2009). Conservation for a New Generation. Redefining Natural Resources Management. Island Press. Washington, DC. 314 pp.
- Lande, R. (1996). Statistics and partitioning of species diversity, and similarity among multiple communities. *Oikos*, 1, pp. 5-13.
- Laushe, B. (2012). Directrices para la legislación relativa a áreas protegidas. UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza), Gland, Suiza.
- Magurran, A. (1988). Ecological diversity and its measurement. Princeton University Press, New Jersey, 179 pp.
- Magurran, A. (2004). Measuring Biological Diversity. Blackwell Publishing. USA.
- Manzano, M.J., Sánchez, G., San Pedro, D. y Torres, B. (2013). Vitalidad de *Quercus* durante los últimos 26 años. Dinámica e identificación de áreas críticas desde el punto de vista sanitario. Congreso Forestal Español. Editores: Sociedad Española de Ciencias Forestales. España, pp. 2-11
- March, I. y Paniagua, I. (2016). Prontuario Estadístico y Geográfico de las Áreas Naturales Protegidas de México. SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales) y CONANP. México.
- Martínez, D., Jiménez, J., Alanís, E., Uvalle, J., Canizales, P., Rocha, L. (2014). Regeneración natural del matorral espinoso tamaulipeco en una plantación de *Eucalyptus spp.* *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 5 (21), pp. 94-107.
- Martínez, J., Martín, M.P., Romero, R. y García, J.A. (2003). Valoración del paisaje en la zona de especial protección de aves carrizales y sotos de Aranjuez (Comunidad de Madrid). *Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica*. (3).

- Martínez, J., Romero, R. Echavarría P. (2007). Valoración paisajística y ecológica de la Comunidad de Madrid: su integración en un índice sintético de riesgo de incendios forestales. *Revista de Teledetección*. (28), pp. 43-60
- Mata, J., Treviño, E., Jiménez, J., Aguirre, O., Alanís, E., Mora, A. (2015). Estructura y composición florística del matorral desértico rosetófilo del noreste de México. *Ciencia UANL (Universidad Autónoma de Nuevo León)*. Año 18, No. 75, pp. 67-74.
- McNeill, JR. (2000). *Something New under the Sun: An Environmental History of the Twentieth Century World*. New York: W.W.Norton, 416 pp.
- Meagher, W. (2007). Revisión y actualización del inventario de la flora espontánea del Jardín Botánico “El Charco del Ingenio”, San Miguel de Allende, Guanajuato, México. *Flora del Bajío y Regiones Adyacentes. Fascículo Complementario XXII*.
- Melgoza, A., Balandrán, M., González, R., Pinedo C., (2014). Biología del pasto rosado *Melinis repens* (Willd.) e implicaciones para su aprovechamiento o control. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*. 5 (4), pp. 429-442.
- Mendoza, E. y Dirzo, R., (2009). Fragmentación del hábitat de los Tuxtlas en Challenger, A., Dirzo, R., et al. (2009). Factores de cambio y estado de la biodiversidad, en *Capital natural de México, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio*. CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad), México, pp. 37-73.
- Ministerio del Ambiente (2015). *Guía de inventario de la fauna silvestre*. Ministerio de Medio ambiente / Dirección General de Evaluación, Valoración y Financiamiento del Patrimonio Natural. Lima, Perú.
- Miranda, J. (2005). *Gestión de proyectos: identificación, formulación, evaluación financiera-económica-social-ambiental*. MM Editores. Bogotá, Colombia.
- Moreno, C. E. (2001). *Métodos para medir la biodiversidad. M y T–Manuales y Tesis SEA*. Vol. 1. Zaragoza, España, pp. 84.
- Mulder, K. (2007). *Desarrollo sostenible para ingenieros*. Ediciones Universidad Politécnica de Cataluña. Barcelona, España, pp. 240
- Muñoz A. (2004). La evaluación del paisaje: una herramienta de gestión ambiental. *Revista Chilena de Historia Natural* 77 (1). Santiago de Chile. Marzo, 2004, pp. 139-156
- Olmos, E., Arizpe, O., Contreras M., González, M. y Casas, D., (2016). Opinión pública y percepción sobre la conservación de la Reserva Ecológica Estatal Estero de San José del Cabo y su zona de influencia. *Vivat Academia*. México. Año XIX, No. 135.
- Omi, P. N. (2005). *Forest fires: a reference handbook*, Santa Barbara, California, ABC-CLIO, 347 pp.
- Orozco, L. (2014). *Guía de aves de El Charco del Ingenio*. Jardín Botánico El Charco del Ingenio e Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato. México.

- Ortega, A.; Barba, E.; Valadez, F., Breceda, C., Espitia, C. y Jiménez, C. L. (2014) Regiones prioritarias de atención para las áreas naturales protegidas de México. *Investigación y Ciencia. Universidad Autónoma de Aguascalientes* 22 (60). México, marzo 2014, pp. 92-101
- Paré, L. y Fuentes, T. (2007). *Gobernanza Ambiental y Políticas Públicas en Áreas Naturales Protegidas*. Universidad Autónoma de México, Instituto de Investigaciones Sociales, 259 pp.
- Peet, R. (1974). The measurement of species diversity. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 5, pp. 285-307.
- Pellizzaro, G., Duce, P., Ventura, A. y Zara, P. (2007). Seasonal variations of live moisture content and ignitability in shrubs of the Mediterranean Basin. *International Journal of Wildland Fire* 16, pp. 633 – 641.
- Peña, F., Rebolledo G., Hermosilla, K., Hauenstein E., Beltrán, C., Schlatter R., et al. (2006). Dinámica del paisaje para el periodo 1980-2004 en la cuenca costera del Lago Budi, Chile. Consideraciones para la conservación de sus humedales. *Ecología Austral* 16:183-196. Asociación Argentina de Ecología.
- Peterson, T. R. y Chalif, E. L. (1973). *A Field Guide to Mexican Birds*. N. Y. Houghton Mifflin Co. 298 pp.
- Pinkus, M. J., Pinkus, M. A., Ortega, A. (2014). Recomendaciones para el manejo sustentable en las áreas naturales protegidas de México. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*. 22 (60) México, marzo 2014, pp 102-110.
- Polanco, C. (2006). Indicadores ambientales y modelos internacionales para la toma de decisiones. *Gestión y Ambiente*, 9(2), agosto, pp. 27-41. Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Colombia.
- Ponce, J. (2001). *Medio Ambiente y Desarrollo Sostenido*. Universidad Pontificia Comillas de Madrid. España.
- Porto, C. E. (2015). "América". *Orogénesis Soluciones Geográficas*. Porlamar, Venezuela. Última consulta: 15 noviembre 2017. Disponible en: <https://tapiquensig.jimdo.com/descargas-gratuitas/am%C3%A9rica/>
- Possley, J. y Maschinski, J. (2006). Competitive Effects of the Invasive Grass *Rhynchelytrum repens* (Willd.) C.E. Hubb. on Pine Rockland Vegetation. *Natural Areas Journal*, 26 (4):391-395.
- Pouzols, F., Toivonen T., Di Minin E., Sukkala A., Kulberg P., Kuustera J., (2014). Global protected area expansion is compromised by projected land-use and parochialism. *Nature* Vol. 516 No.18. doi:10.1038/nature14032
- Prado, K., Negrete, G., Gabriel, J. (2006). Diagnóstico ambiental participativo en la Colonia Penal Federal Islas Marías. Hacia la conservación y el manejo sustentable de su territorio. *Gaceta ecológica* (81). Instituto Nacional de Ecología, México. pp. 5-18.

- PROFEPA (Procuraduría Federal de Protección al Ambiente) (2010). Especies en categoría de riesgo. Disponible en: [http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/v/6580/1/mx.wap/especies\\_en\\_categoria\\_de\\_riesgo.html](http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/v/6580/1/mx.wap/especies_en_categoria_de_riesgo.html)
- Quintero, V. M. (1998). Evaluación de Proyectos Sociales, Construcción de Indicadores. FES (Fundación para la Educación Superior). Tercera Edición, Colombia. 337 pp.
- Quiroga, R. (2009). Guía metodológica para desarrollar indicadores ambientales y de desarrollo sostenible en países de América Latina y el Caribe. Naciones Unidas, CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe). Santiago de Chile.
- Randell, Badillo, J. (2008). Ordenamiento ecológico territorial regional en los municipios donde se ubica el Parque Nacional Los Mármoles. Consejo Estatal de Ecología. Informe final SNIB-CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad) proyecto No. DQ006. México D. F.
- Periódico Oficial del Gobierno del Estado Guanajuato (2011). Reglamento para la Zona de Preservación Ecológica El Charco del Ingenio y Zonas Aledañas del Municipio de San Miguel Allende. 25 de enero de 2011.
- QGIS Development Team (2016). QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. Última consulta en 19 de agosto de 2017. Disponible en: <https://qgis.org>
- Red de Herbarios de México. Universidad de Sonora, Universidad Estatal de Arizona. Disponible en: <http://herbanwmex.net/portal/index.php>
- Rodrigues, A., Andelman, S., Bakarr, M., Boitani, L., Brooks, T., Cowling, R., et al (2004). Effectiveness of the global protected area network in representing species diversity. *Nature* 428, pp. 640-643. doi:10.1038/nature02422
- Rodríguez, G., Bracamonte, A., (2007). Pertinencia de las ANP como política de conservación y mejoramiento de la calidad de vida. Análisis de percepción en la Reserva de la Biosfera del Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado.
- Rothermel, R. (1972). A mathematical model for predicting fire spread in wildland fuels. Intermountain Forest and Range Experiment Station - USDA Forest Service, Research Paper INT-115 Research Paper INT-115.
- Ruiz, A. (2007). Diagnóstico de situaciones y problemas locales. Editorial Universidad Estatal a Distancia. San José, Costa Rica.
- Ryan, K. (2002). Dynamic interactions between forest structure and fire behavior in boreal ecosystems. *Silva Fennica* 36: 13–39.
- Rzedowski, J. (1978). La vegetación de México. Editorial Limusa. México, D.F. 432pp.

- Rzedowski G.C. y Rzedowski J. Eds. (2005). Flora fanerogámica del Valle de México. 2nd ed. Instituto de Ecología, A.C., Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Pátzcuaro.
- Sánchez, O., Herzig M., Peters E., Márquez R. y Zambrano L. (editores) (2007). Perspectivas sobre los sistemas acuáticos en México. México DF., 293 pp.
- Sanderson E., Malanding J., Levy M., Redford K., Wannebo A., Woolmer G. (2002). The Human Footprint and the Last of the Wild. *BioScience*. Vol. 52, No.10, pp. 891-904
- Sarukhán, J., Koleff P., Carabias, J., Soberón, J., Dirzo, R., Llorente, J., et al. (2009) Capital Natural de México: Conocimiento actual, evaluación y perspectivas de Sustentabilidad. *Síntesis*. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, pp. 100.
- Sastre, P., de Lucio, J.V. y Martínez, C., (2002). Modelos de conectividad del paisaje a distintas escalas. Ejemplos de aplicación en la Comunidad de Madrid. *Ecosistemas* 2002/2 o Año XI, N°2.
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales) (2016). Informe de la Situación del Medio Ambiente en México. Compendio de Estadísticas Ambientales. Indicadores Clave, de Desempeño Ambiental y de Crecimiento Verde. Edición 2015. México. 470 pp.
- Simpson, E. (1949). Measurement of diversity. *Nature* 163: 688.
- Shannon, C. (1948). The mathematical theory of communication. *The Bell System Technical Journal* 27, pp. 379- 423, 623–656.
- SMN (Servicio Meteorológico Nacional) (s.f.). CLICOM (CLImate COMputing project) del SMN, plataforma web de CICESE. Última consulta 14 de junio de 2017. Disponible en: <http://clicom-mex.cicese.mx>
- Soba, A. (2012). La evaluación de paisajes: tres casos de estudio. *Labor y Engenho, Campinas*. Vol. 6, Núm. 1, pp.13-26. Brasil. Disponible en: <[www.conpadre.org](http://www.conpadre.org)> e <[www.labore.fec.unicamp.br](http://www.labore.fec.unicamp.br)>.
- SER (Secretaría de Relaciones Exteriores) (2014). Última consulta 10 de mayo de 2018. Disponible en: <https://consulmex.sre.gob.mx/sanpedrosula/index.php/bienvenida-y-directorio/34>
- Suárez, D. (2003). Indicadores de Gestión de Riesgos. Conceptos y formulación de indicadores. Banco Interamericano de Desarrollo, Universidad Nacional de Colombia, Instituto de Estudios Ambientales. Colombia.
- Sullivan, A. (2010). Grassland fire management in future climate. Cap. 5. *Advances in Agronomy* 106. Elsevier, pp. 173-208.

- UAQ (Universidad Autónoma de Querétaro) (2007). Programa de Conservación y Manejo de la Zona de Preservación Ecológica El Charco del Ingenio y Zonas Aledañas. México.
- Valle, S., (2006). Las Áreas Naturales Protegidas en México. Un ejemplo de propuesta de gestión de un Área Protegida y plan de manejo en “La Sierra de Monte Escobedo” (Zacatecas, México). Tesis doctoral. Universidad Autónoma de Barcelona. España. Septiembre, 2006
- Van Klunen, M., Schlaepfer, D., Glaetli, M., Fischer, M. (2011) Preadapted for invasiveness: do speciestraits or their plastic response to shading differ between invasive and noninvasive plant species in their native range? *Journal of Biogeography*. 38(7), pp. 1294-1304.
- Van Wagner, C. (1987). Development and Structure of the Canadian Forest Fire Weather Index System. Petawa National Forestry Institute - Canadian Forestry Service, Forestry Technical Report 35 Forestry Technical Report 35. (Chalk River, Ontario).
- Velázquez, J., Tejera, R., Hernado, A., Núñez, M. (2010). Environmental diagnosis: Integrating biodiversity conservation in management of Natura 2000 forest spaces. *Journal for Nature Conservation*. Doi:10.1016/j.jnc.2010.01.004.
- Vibrans, H. ed. (6 de agosto de 2009), Malezas de México. *Rhynchelytrum repens* (Willd.) C. E. Hubb. (= *Melinis repens* (Willd.) Zizka). Fecha de consulta: 13 de diciembre de 2017. Disponible en: <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/poaceae/rhynchelytrum-repens/fichas/ficha.htm>
- Vilà, M. (1998). Efectos de la diversidad de especies en el funcionamiento de los ecosistemas. *Orsis*, 13, pp. 105-117.
- Villalobos, I. (2000). Áreas naturales protegidas: instrumento estratégico para la conservación de la biodiversidad. *Gaceta Ecológica*, núm. 54, pp. 24-34. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Distrito Federal, México.
- Waas, T., Hugé, J., Block, T., Wright, T., Benitez-Capistros, F, Verbruggen, A. (2014). Sustainability Assessment and Indicators: Tools in a Decision-Making Strategy for Sustainable Development. *Sustainability* 6, 5512-5534; doi:10.3390/su6095512
- Whittaker, R. (1972). Evolution and measurement of species diversity. *Taxon*, 21(2/3), pp. 213-251.
- Wittich, K. (2011). Phenological observations of grass curing in Germany. *International Journal of Biometeorology* 55, pp. 313-318.
- Yeomans P.A. (1954). The keyline plan. Sydney, Australia.
- Zaragoza A. (2015). Evaluación del disturbio antropogénico en áreas naturales protegidas del estado de México. Tesis. Universidad Autónoma de México. México. Mayo, 2015.

- Zarco, V.M., Valdez-Hernández, J., Ángeles-Pérez, G., Castillo-Acosta, O. (2010). Estructura y diversidad de la vegetación arbórea del Parque Estatal Agua Blanca, Macuspana, Tabasco. *Universidad y Ciencia, Trópico húmedo*. 26(1), pp. 1-17
- Zerebeckl, R. y Sorte, C. (2011). Temperature tolerance and stress proteins as mechanisms of invasive species success. *PLoS ONE*. 6(4). doi:10.1371 /journal. pone.0014806
- Zemelman, H. (1989), *Crítica epistemológica de los indicadores*, Jornadas 114, El Colegio de México, México, D.F.

## Apéndices

En lo referente a los formatos utilizados, se anexan de forma resumida el número de filas para el registro de los datos.

### Apéndice 1. Formato de registro de datos de flora y fauna

#### Diagnóstico en campo de un Área Natural Protegida

Fecha: \_\_\_\_\_ Hora: \_\_\_\_\_  
Estado: \_\_\_\_\_ Municipio: \_\_\_\_\_  
Nombre del área de estudio: \_\_\_\_\_  
Diagnóstico realizado por: \_\_\_\_\_  
Punto de muestreo: \_\_\_\_\_ Coordenadas: \_\_\_\_\_  
Altitud: \_\_\_\_\_

Flora			
Nombre científico	Nombre común	No. de individuos	Observaciones

Fauna			
Nombre científico	Nombre común	Evidencia de presencia (huellas, nidos)	No. de individuos

#### Especies invasoras:

Nombre científico	Nombre común	Porcentaje de presencia

Observaciones \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

## Apéndice 2. Criterios de evaluación de rareza, calidad y fragilidad visual

<b>Rareza</b>			
<b>Ponderación</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>1</b>
<b>Morfología</b>	Relieve muy montañoso, marcado y prominente (acantilados, agujas ígneas, grandes formaciones rocosas); o bien relieve de gran variedad superficial o muy erosionado o sistema de dunas; o presencia de algún rasgo muy singular y dominante (glaciares).	Formas erosivas interesantes o relieve variado en tamaño y forma. Presencia de formas y detalles interesantes, pero no dominantes o excepcionales.	Colinas suaves, fondos de valle planos, pocos o ningún detalle singular.
Ponderación	5	3	1
<b>Vegetación</b>	Gran variedad de tipos de vegetación, con formas, texturas y distribución interesantes.	Algunas variedades en la vegetación, pero solo uno o dos tipos. Tipos: - Zacatales antropógenos. - Matorral xerófilo: altura de 15cm a 10m. <i>Dasylirium</i> , opuntia, <i>Myrtullocactus</i> , acacias, prosopis (Mezquites).	Poca o ninguna variedad o contraste en la vegetación.  - Donde predomina en su mayoría (70%) el pastizal, o bien la vegetación xerófila.
Ponderación	5	3	0
<b>Hidrología</b>	Factor dominante en el paisaje; apariencia limpia y clara, aguas blancas (rápidos y cascadas) o láminas de agua en reposo.	Agua en movimiento o en reposo, pero no dominante en el paisaje. - Área de humedal: en reposo y con turbidez.	Ausente o inapreciable.
Ponderación	5	3	1
<b>Color</b>	Combinaciones de color intensa y variada o contrastes agradables entre suelo, vegetación, roca, agua y nieve.	Alguna variedad e intensidad en los colores y contraste del suelo, roca y vegetación, pero no actúa como elemento dominante. - 3 tonalidades de color contrastantes.	Muy poca variación de color o contrastes, colores apagados. - 2 tonalidades de color contrastantes. 
Ponderación	5	3	0
<b>Fondo escénico</b>	El paisaje circundante potencia mucho la calidad visual. - Tomar en cuenta los demás planos visuales.	El paisaje circundante incrementa moderadamente la calidad visual del conjunto. - Tomar en cuenta los demás planos visuales.	El paisaje adyacente no ejerce influencia en la calidad del conjunto. - Tomar en cuenta los demás planos visuales.
Ponderación	6	2	1
<b>Características excepcionales</b>	Único o poco común, o muy raro en la región, posibilidad real de contemplar fauna y vegetación de manera excepcional. - Por ejemplo: barranco, cañón y humedal.	Característico, aunque similar a otros en la región.	Bastante común en la región.
Ponderación	2	1	0
<b>Actividades humanas</b>	Libre de actividades estéticamente indeseadas o con modificaciones que inciden favorablemente en la calidad visual. - Ninguna infraestructura presente. - Modificaciones como casas con colores positivos visualmente.	La calidad escénica está afectada por modificaciones poco armoniosas, aunque no en una totalidad, o las actuaciones no añaden calidad visual.	Modificaciones intensas y extensas, que reducen o anulan la calidad escénica. - Gran cantidad de casas (especialmente con colores

	- Árboles de jardín con positivos visualmente.	- Modificaciones como postes de luz, casas dentro del área, bardas, grafitis.	poco armoniosos o apagados). - Áreas deforestadas. - Área incendiada.
<b>Calidad y fragilidad visual</b>			
	<b>Ponderación</b>		
	5	3	1
<b>Preferencia del espectador</b>	El espectador puede tener gran aprecio por el escenario ambiental, motivado por la belleza del sitio o por uno o varios elementos que lo conforman, de modo que es posible planear visitas para su disfrute aún sienta de difícil acceso - Ejemplo: área de cañón, humedal, cerca de barranco.	El espectador puede tener un moderado aprecio por el escenario, o por alguno de los elementos que lo conforman, pero el interés no va más allá de su aprecio. - Ejemplo: senderos de ladera sur, áreas con alguna vista panorámica interesante, áreas alejada al humedal.	Al espectador le causa poco interés o ninguno, incluso le puede ser desagradable a la vista. - Ejemplo: área de incendios, área con muchas acacias.
<b>Complejidad ecológica</b>	El escenario está compuesto por uno o varios ecosistemas en el que se desarrollan intensas interacciones ecosistémicas (interacciones entre ambiente y organismos), además hay poca o ninguna influencia humana. - Ejemplo: donde existen dos ecosistemas (matorral y humedal)	El escenario está compuesto por pocos ecosistemas y su interacción entre ellos no es intensa y se aprecian algunas actividades humanas. - Ejemplo: áreas de ladera norte y sur cerca de senderos.	El escenario está compuesto por uno o dos ecosistemas bien definidos como intensa actividad humana. - Ejemplo: ciudad, fraccionamientos cercanos, área administrativa de El Charco.
<b>No. de paisajes del escenario ambiental</b>	El escenario presenta solo una unidad ecológica y no está escasamente fraccionado.	El escenario está compuesto por 2 o 3 ecosistemas y moderadamente fraccionado.	El escenario presenta diversos ecosistemas o se encuentra muy fraccionado. - Ejemplo: área de fraccionamiento, área con muchos senderos.
<b>Abundancia de los elementos naturales que componen el escenario ambiental</b>	El paisaje presenta uno o varios ecosistemas, en el que se encuentra gran diversidad de especies, así como de elementos físicos que le dan una variabilidad a la visual.	El paisaje presenta una cantidad moderada de elementos bióticos y abióticos.	El paisaje presenta escasa diversidad y componentes del medio físico. - Ejemplo: áreas donde domina el pastizal en gran medida.
<b>Interacción de los elementos de influencia</b>	Los componentes naturales, físicos o bióticos e incluso humanos tienen gran interacción entre sí.	Los componentes naturales, físicos o bióticos e incluso humanos, tienen moderada interacción entre sí.	Los componentes naturales, físicos o bióticos e incluso humanos, NO tienen interacción entre sí o es muy baja.
<b>La topografía permite o realza la visual del paisaje</b>	Desde el punto de observación hacia el paisaje evaluado, se observa una panorámica que permite visualizar una gran área.	Desde el punto de observación hacia el paisaje evaluado, una parte del escenario se visualiza y otra queda oculta.	Desde el punto de observación hacia el paisaje evaluado, se ocultan o quedan enmascarados elementos bióticos, abióticos y humanos presentes en el sitio.
<b>Campo visual</b>	El sitio de observación permite una visión panorámica de gran extensión. 	El sitio de observación permite una visión amplia pero no panorámica del escenario ambiental. 	El sitio de observación es focal o puntual, de modo que el encuadre visual es de una superficie menor. 

<b>Calidad visual</b>			
	<b>Ponderación</b>		
	5	3	1
<b>Accesibilidad al sitio de manera cotidiana o frecuente</b>	El sitio es de difícil acceso o poco transitado. - Áreas con mucha de vegetación alta o espinosa. - Áreas con pendientes escarpadas o mucha pedregosidad. - Área alejada de senderos.	El sitio es de moderada accesibilidad y/o de paso frecuente por los habitantes de la zona.	El sitio es muy accesibilidad y de paso frecuente, por personas de la región e incluso por personas que son atraídas al sitio. - Ejemplo: Áreas muy cercanas a senderos, áreas administrativas o recepción.
<b>Elementos de influencia humana presente</b>	No existen o son muy escasos los elementos indicadores de presencia humana.	Hay una moderada o baja presencia de elementos, actividades o infraestructura antrópica. - Ejemplo: presencia de postes, bardas, senderos pequeños.	Hay una gran cantidad de elementos, actividades o infraestructura antrópica. - Ejemplo: Casas, ciudad, áreas de cultivo o de ganadería.
<b>Visibilidad de elementos naturales perturbados</b>	Escasa perturbación.	Visibilidad moderada de daños a los elementos naturales (vegetación, animales) - Algunos árboles talados. - Plantas nativas cortadas o arrancadas. - Poca vegetación incendiada. - Plantas con plagas.	Mucha perturbación, daños a más de 60% de los elementos naturales. - Incendios. - Muchos árboles talados. - Gran número de plantas con plagas.

### Apéndice 3. Formato de evaluación de paisaje

No. de planos visuales en cada orientación:

Norte \_\_\_\_\_ Este \_\_\_\_\_ Sur \_\_\_\_\_ Oeste \_\_\_\_\_

<b>Posición topográfica</b>	Norte	Este	Sur	Oeste
Valle				
Planicie				
Terraza fluvial de inundación				
Lomerío bajo				
Lomerío medio				
Lomerío alto				
Domo redondeado				
Cumbre escarpada				
Pie de monte				
Ladera baja				
Ladera media				
Ladera alta				

<b>Pendiente regional</b>	Norte	Este	Sur	Oeste
Plano inundado 0-2%				
Plano 0-2 %				
Ligeramente ondulado 2-5%				
Ondulado 5-8 %				
Fuertemente ondulado 8-15%				
Moderadamente escarpado 15-30%				
Fuertemente escarpado 30-60%				

<b>Característica</b>	Norte	Este	Sur	Oeste
Pedregosidad superficial				
Material parental				
Rocosidad superficial				
Considerando:				
a- No determinada	d- Poca (2-5 %)	g- Abundante (40-80 %)		
b- Ausente (0%)	e- Común (5- 15 %)	h- Predominante (mayor a 80%)		
c- Muy Poca (0-2 %)	f- Mucha (15- 40 %)			

**Drenaje superficial:**

Deficiente                       Lento                       Moderado  
 Rápido                               Excesivo

**Duración de la inundación:**

Menos de un día                       De 1 a 15 días                       De 15 a 30 días  
 De 30 a 90 días                       De 90 a 180 días                       De 100 a 360 días

Mes de inicio de la inundación \_\_\_\_\_  
 Frecuencia de la inundación (p.e. diaria, bianual) \_\_\_\_\_

**Profundidad radicular**

Muy superficial <30 cm                       Superficial 30-50 cm                       Moderadamente profunda 50- 100 cm  
 Profunda 100-150 cm                       Muy profunda > 150cm

**Superficie cubierta por mantillo**

Ausente                               Baja (0 - 5%)                               Moderada (5 - 10%)  
 Abundante (15- 30%)                       Muy abundante (30- 80%)                       Dominante (80- 100%)

**Mantillo superficial**

Ausente                               Vegetación natural                               Pastizal  
 Agrícola                               Excrementos                               Lignificado

**Rareza:**

<b>Ponderación</b>	<b>Norte</b>	<b>Este</b>	<b>Sur</b>	<b>Oeste</b>
Morfología				
Vegetación				
Hidrología				
Color				
Fondo escénico				
Rareza				
Actividades humanas				
<b>Total</b>				

Considerando como la puntuación más alta 5, intermedio 3 y bajo 1 y 0, conforme a los criterios establecidos.

Resultado A= \_\_\_\_\_ B= \_\_\_\_\_ C= \_\_\_\_\_

**Observaciones** \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

**Calidad y fragilidad visual:**

Características	Ponderación					
	5		3		1	
	N	E	N	E	N	E
Preferencia del espectador						
Complejidad ecológica						
No. de paisajes en el escenario ambiental						
Abundancia de los elementos naturales que componen el escenario ambiental						
Interacción de los elementos de influencia (complejidad)						
La topografía permite o realza la visual del paisaje						
Campo visual						
Accesibilidad al sitio						
Elementos de influencia humana presentes						
Visibilidad de elementos naturales perturbados						

Características	Ponderación					
	5		3		1	
	S	O	S	O	S	O
Preferencia del espectador						
Complejidad ecológica						
No. de paisajes en el escenario ambiental						
Abundancia de los elementos naturales que componen el escenario ambiental						
Interacción de los elementos de influencia (complejidad)						
La topografía permite o realza la visual del paisaje						
Campo visual						
Accesibilidad al sitio						
Elementos de influencia humana presentes						
Visibilidad de elementos naturales perturbados						

**Estatus del paisaje:**

Clímax                                       Para clímax                                       Degradado  
 Degradado progresivo                       Degradado regresivo

**Observaciones** \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

## Apéndice 4. Formato de evaluación de Índice de riesgo de incendio (IRI)

### Incendios forestales:

Característica \ Fecha			
Tipo de incendio (superficial/subterráneo)			
Superficie afectada			
Duración			
Intensidad			
Intervalo entre incendios			
Época de ocurrencia			
Posible causa			
Época de actividades de pastoreo y agrícola			

Parámetro	Factor	Niveles		
		Riesgo alto (5)	Riesgo Medio (3)	Riesgo bajo (1)
Suelo	Profundidad de material orgánica	Mas de 10 Cm	Entre 5 y 10 cm	Menos de 5 cm
Topografía	Pendiente	Mas de 25%	15 a 25%	Menor a 15%
	Exposición	Sur	Norte-oeste	Norte-este, zenital
Combustibles	Ligeros	Cubre entre 75% a 100% de la superficie	Cubre el entre el 25 y 75% de la superficie	Cubre menos del 25% de la superficie
	Pesados	Abundantes y concentrados	Distribución dispersa	Escasos o ausentes
	Humedad de los materiales ligeros			
	Humedad del humus			
Vegetación	Hojosas	Dominancia mayor al 20%	Co-dominancia 40-60%	Distribución abierta o en grupos
	Arbustiva y herbáceas	Distribución homogénea, mayor al 80%	Distribución media Entre 40 y 80%	Distribución baja Menor al 40%
	Pastizal	Distribución homogénea, mayor al 50%	Distribución media Entre 20 y 50%	Distribución baja Menor al 20%
	Densidad	Mayor a 800 árboles/arbustos por hectárea	Entre 400 a 800 árboles/arbustos por hectárea	Menor a 400 árboles/arbustos por hectárea
Servidumbres	Vías de acceso	Sin caminos o veredas	Caminos o veredas cercanas	Presencia de caminos y veredas
	Recreación	Dentro del área	En la colindancia	Sin actividad
	Zonas habitadas	Dentro del área o colindancia inmediata	Presencia cercana	Sin actividad
Otras actividades	Agrícolas	Dentro del área	Presencia cercana	Sin actividad
	Pastoreo	Dentro del área	Presencia cercana	Sin actividad

	Residuos de aprovechamiento	Dentro del área	Presencia cercana	Sin actividad
--	-----------------------------	-----------------	-------------------	---------------

## Apéndice 5. Formato de evaluación de calidad del agua

### Agua

Tipo de cuerpo de agua: \_\_\_\_\_

Coordenadas: \_\_\_\_\_

Características	Datos
Ancho (m)	
Longitud (m)	
Profundidad (m)	
Transparencia (m)	
Color	
pH	
Temperatura (°C)	
Oxígeno disuelto (mg/L)	
Conductividad	
Tipo de descargas al cuerpo de agua	

Característica	Presencia			
	10-20 %	20-40 %	40-70 %	70-100 %
Dentro del cuerpo de agua				
Residuos sólidos orgánicos				
Residuos sólidos inorgánicos				
Aceites				
Burbujas				
Plantas				
En las márgenes				
Residuos sólidos orgánicos				
Residuos sólidos inorgánicos				
Aceites				

Observaciones \_\_\_\_\_

## Apéndice 6. Evaluación de características socioeconómicas

### Socioeconómico

Urbanización en el área:

Características	Número
Establecimientos presentes (viviendas, locales comerciales, establecimientos administrativos)	
Camino primarios (pavimentados con 2 m de ancho)	
Camino secundarios (terracería con 2 m de ancho)	
Camino terciarios (terracería de 1 a 2 m de ancho)	
Camino terciarios (terracería con menos de 1 m de ancho)	

**Actividades que se realizan:**

Características	Sí	No
Realización de actividades de educación ambiental		
Realización de actividades recreativas		
Realización de actividades ceremoniales		
Asentamientos humanos		
Presencia de grupos indígenas		

**Actividades económicas presentes:**

- |   |   |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Agricultura          | <input type="checkbox"/> Explotación forestal           |
| <input type="checkbox"/> Ganadería            | <input type="checkbox"/> Comercio de animales o plantas |
| <input type="checkbox"/> Pesca                | <input type="checkbox"/> Caza                           |
| <input type="checkbox"/> Explotación forestal | <input type="checkbox"/> Turismo                        |

Observaciones \_\_\_\_\_

**Apéndice 7. Encuesta aplicada a visitantes del ADVC**

Jardín Botánico “El Charco del Ingenio”			
Intensión			
<b>Edad</b>		<b>Escolaridad</b>	
<b>Genero</b>		<b>Nacionalidad</b>	
<b>Marque con una X sus respuestas a cada pregunta o responda, si es necesario, en los espacios.</b>			
<b>1. ¿Cómo se enteró de la existencia del Jardín Botánico?</b>			
A. Folleto		D. Redes sociales	
B. Páginas de turismo		E. Recomendación	
C. Periódico		F. Televisión	
<b>2. ¿Usted vista el Jardín Botánico?</b>			
A. Una vez a la semana		D. Más de una vez a la semana	
B. Una vez al mes		E. Una vez al año	
C. Es su primera visita		-	-
<b>3. ¿Qué áreas visitó del Jardín Botánico?</b>			
A. Ladera norte		C. Ladera sur	
B. Cañón		D. Humedal	
<b>4. ¿Sabía que el Jardín Botánico es un área natural protegida particular?</b>		Sí	No
<b>5. ¿Usted conoce las actividades recreativas del Jardín Botánico?</b>		Sí	No
<b>Mencione 3:</b>			

A.			
B.			
C.			
<b>6. De las siguientes actividades, ¿cuáles considera que son adecuadas para el Jardín Botánico? Señale con la letra correspondiente (A, B, F). Ver Tabla 1</b>			
<b>7. De las actividades anteriores, ¿cuáles ha realizado? Señale con la letra correspondiente (A, B, F).</b>			
<b>8. ¿Qué otras actividades le gustaría que existieran en el área?</b>			
A. Tirolesa		D. Pesca	
B. Visitas nocturnas		E. Visita a mariposario	
C. Acampar		F. Observación de estrellas	
<b>9. ¿Cuál de estas fotos le parece más agradable?</b>		A. Foto 1	B. Foto 2
<b>10. ¿Observó algún aspecto que no le agrada en el Jardín Botánico?</b>		A. Sí	B. No
<b>¿Cuál?</b>			
<b>11. ¿En dónde?</b>			
A. Ladera norte		C. Ladera sur	
B. Cañón		D. Humedal	
<b>11. ¿Ha observado alguno de los siguientes aspectos en el área?</b>			
A. Incendios		G. Basura en el humedal	
B. Ramas acumuladas		H. Vegetación que no pertenece al área	
C. Árboles o plantas dañadas		I. Basura entre la vegetación	
D. Presencia de vacas u ovejas		J. Agua contaminada	
E. Basura en los senderos		K. Presencia de gatos	
F. Colillas de cigarro		L. Botellas de vidrio	
<b>12. ¿Percibió alguna problemática dentro del área?</b>		A. Sí	B. No
<b>Mencione 3:</b>			
A.			
B.			
C.			
<b>13. ¿El servicio que le brindó el personal fue?</b>	A. Poco satisfactorio	B. Satisfactorio	C. Muy satisfactorio

## Apéndice 8. Herramientas de apoyo para aplicar la encuesta a visitantes del ADVC

Tabla 1	
A. Senderismo y ejercicio	K. Observación de aves
B. Reforestación	L. Tirar lo que consume en los senderos
C. Compra de plantas	M. Visita guiada
D. Rapel	N. Compra de artículos
E. Extracción de plantas	O. Uso de temazcal
F. Cursos y talleres	P. Caminar fuera de los senderos
G. Participación en subastas	Q. Picnic
H. Encender fogatas	R. Participación en eventos ceremoniales
I. Investigación	S. Llevar mascotas
J. Pasar las bardas	T. Uso de la cafetería

**Foto 1**



**Foto 2**



## Apéndice 9. Entrevista a personal de vigilancia del ADVC

<b>Jardín Botánico 'Charco El Ingenio'</b>			
Intensión			
<b>Edad</b>			
<b>Escolaridad</b>			
<b>A1. ¿Cuáles son las actividades que realiza como parte del personal de vigilancia del lugar?</b>			
A1.1			
A1.2			
A1.3			
A1.4			
A1.5			
<b>A2. De las siguientes actividades ¿cuáles considera adecuadas para el Jardín Botánico?</b>			
Senderismo		Observación de aves	
Ejercicio		Reforestación	
Compra de plantas		Llevar mascotas	
Rapel		Salir de los senderos	
Extracción de plantas		Uso de temazcal	
Llevar mascotas		Tirar basura	
Pasar las bardas		Picnic	
Encender fogatas		Participación en eventos ceremoniales	
<b>B1. ¿Qué áreas del Jardín Botánico vigila? Mapa</b>			
Ladera norte		Ladera sur	
Cañón		Humedal	
<b>B2. ¿Con que frecuencia vigila esas áreas?</b>			
B2.1.			
<b>B3. ¿Ha visto que realizan actividades no permitidas en las áreas que usted vigila?</b>			
Sí		No	
<b>B4. ¿Si es así, me podría mencionar que actividades son?</b>			
B4.1			
B4.2			
B4.3			
B4.4			
B4.5			

<b>B5. Estas actividades las realizaron:</b>			
Turistas		Personas de los alrededores del Jardín Botánico	
Visitantes frecuentes			
<b>B6. ¿En las áreas que vigila, ha visto algún aspecto que motive a que se realicen las actividades no permitidas?</b>			
Sí		No	
<b>B7. Mencione 3 de estos aspectos</b>			
<b>B7.1</b>			
<b>B7.2</b>			
<b>B7.3</b>			
<b>Comentarios adicionales:</b>			

### Apéndice 10. Cantidad de humedad por punto de muestreo

Puntos de muestreo	% CH	Puntos de muestreo	% CH
1S	3,47	8N	8,91
2S	8,20	9N	43,56
3S	5,93	10N	3,07
4S	9,53	11N	8,12
5S	3,28	12N	13,66
6S	1,13	13N	12,02
7S	8,49	14N	0,00
8S	2,03	15N	6,83
9S	20,71	16N	9,69
1N	7,09	17N	0,00
2N	0,00	18N	0,77
3N	12,77	19N	7,51
4N	10,73	20N	0,00
5N	14,77	21N	0,00
6N	4,92	22N	8,84
7N	9,11	23N	12,26



Casa abierta al tiempo

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

# ACTA DE EXAMEN DE GRADO

No. 00041

Matricula: 2161801674

DESARROLLO DE ESTRATEGIAS DE MANEJO MEDIANTE LA EVALUACIÓN INTEGRAL DE "EL CHARCO DEL INGENIO", GUANAJUATO

En la Ciudad de México, se presentaron a las 11:00 horas del día 18 del mes de junio del año 2018 en la Unidad Iztapalapa de la Universidad Autónoma Metropolitana, los suscritos miembros del jurado:

DR. JUAN GABRIEL RIVERA MARTINEZ  
DRA. LYSETE SANDRA HERNANDEZ GAMEZ  
DR. ALEJANDRO FEDERICO ALVA MARTINEZ

Bajo la Presidencia del primero y con carácter de Secretario el último, se reunieron para proceder al Examen de Grado cuya denominación aparece al margen, para la obtención del grado de:

MAESTRA EN CIENCIAS (ENERGIA Y MEDIO AMBIENTE)

DE: BLANCA ESTELINA MORALES RIOS



BLANCA ESTELINA MORALES RIOS  
ALUMNA

y de acuerdo con el artículo 78 fracción III del Reglamento de Estudios Superiores de la Universidad Autónoma Metropolitana, los miembros del jurado resolvieron:

Aprobar

Acto continuo, el presidente del jurado comunicó a la interesada el resultado de la evaluación y, en caso aprobatorio, le fue tomada la protesta.

REVISÓ

LIC. JULIO CÉSAR DE LARA ISASSI  
DIRECTOR DE SISTEMAS ESCOLARES

DIRECTOR DE LA DIVISIÓN DE CBI

DR. JESUS ALBERTO OCHOA TAPIA

PRESIDENTE

DR. JUAN GABRIEL RIVERA MARTINEZ

VOCAL

DRA. LYSETE SANDRA HERNANDEZ GAMEZ

SECRETARIO

DR. ALEJANDRO FEDERICO ALVA MARTINEZ