

CONTENIDO

VIII. IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENYAN LOS RESULTADOS DE LA MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL.....	1
VIII.1 CRITERIOS PARA LA DEFINICIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL Y ÁREA DE INFLUENCIA.....	1
VIII.1.1 Procesamiento de imágenes.....	2
VIII.1.2 Delimitación del Sistema Ambiental Regional.....	8
VIII.1.3 Delimitación del Sistema Ambiental Regional Atmosférico.....	15
VIII.2 METODOLOGÍA IMPLEMENTADA PARA LA CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA Y DE LA CALIDAD DEL AIRE	25
VIII.2.1 Caracterización del clima	25
VIII.2.2 Caracterización de la calidad del aire	26
VIII.2.3 Caracterización del ambiente sonoro.....	30
VIII.2.4 Caracterización de suelos.....	31
VIII.2.4.1 Tipos de suelos.....	31
VIII.2.4.2 Análisis de peligrosidad del suelo.....	32
VIII.3. METODOLOGÍA IMPLEMENTADA PARA LA CARACTERIZACIÓN DEL MEDIO BIÓTICO.....	33
VIII.3.1 Metodología para la caracterización de la fauna silvestre	33
VIII.3.1.1 Trabajo de campo	33
VIII.3.1.2 Trabajo de gabinete	37
VIII.3.2 Metodología para la caracterización de la flora silvestre	38
VIII.3.2.1 Caracterización de la vegetación y usos de suelo en el SAR	38
VIII.3.2.2 Metodología para la caracterización de la vegetación en el AI	38

VIII.4 METODOLOGÍA PARA LA IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES ACUMULATIVOS Y RESIDUALES DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL.....	41
VIII.4.1 Identificación y caracterización de impactos.....	42
VIII.4.2 Matriz de interacciones.....	44
VIII.4.3 Evaluación de los impactos ambientales identificados.....	47

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla VIII–1. Rango de valores obtenidos para el NDVI del predio del proyecto.	8
Tabla VIII–2. Criterios y restricciones definidas en el modelo CALPUFF para la definición de emisiones y dispersión de contaminantes por la operación de la planta de aprovechamiento de poder calorífico.	17
Tabla VIII–3. Criterios y restricciones definidas en el modelo CALPUFF para la definición de emisiones y dispersión de contaminantes por la operación de la planta de aprovechamiento de poder calorífico.	18
Tabla VIII–4. Listado de estaciones de monitoreo ambiental y de contaminantes monitoreados por estación en el SARA definido para el proyecto.	27
Tabla VIII– 5. Escala de valores y clasificación de los impactos ambientales Rapid Impact Assessment Matrix aplicada en la evaluación de los impactos ambientales del proyecto.	53

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura VIII–1. Índices de vegetación.	4
Figura VIII–2. Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI).	6
Figura VIII–3. Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) a nivel del predio del proyecto.....	7
Figura VIII–4. Ubicación del predio del proyecto con respecto a la delimitación del Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de México.	11
Figura VIII–5. Ubicación del área del proyecto con respecto al sistema ambiental regional delimitado para su desarrollo.	14
Figura VIII–6. Resultados obtenidos de la modelación de la dispersión de contaminantes emitidos por la operación de la planta considerando las máximas emisiones.....	23
Figura VIII–7. Polígono del SARA definido para el proyecto de la Planta, delimitada por la dispersión de NO ₂ en concentraciones mayores a 0.027 ppm (50.76 µg m ³ -1).	24
Figura VIII–8. Factores principales relacionando grupos, estaciones de monitoreo ambiental y registro de los contaminantes O ₃ , SO ₂ y NO ₂	29
Figura VIII–9. Conformación de grupos del análisis clúster jerárquico con base a la concentración promedio mensual de los valores máximos diarios de los contaminantes O ₃ , SO ₂ y NO ₂	29
Figura VIII–10. Técnicas de campo aplicadas para la identificación de fauna silvestre presente en el área y SAR del proyecto.....	34
Figura VIII–11. Árbol de actividades del proyecto en la etapa de Operación y Mantenimiento.....	43
Figura VIII–12. Matriz de interacciones para la identificación de impactos ambientales.	46

FUNDAMENTO JURÍDICO

La integración de este capítulo tiene como objetivo el dar cumplimiento a lo dispuesto por la Fracción VIII del artículo 13 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental, el cual establece que las Manifestaciones de Impacto Ambiental en su modalidad Regional deberán contener la siguiente información:

VIII. Identificación de los instrumentos metodológicos y elementos técnicos que sustentan los resultados de la manifestación de impacto ambiental.

De conformidad con lo anterior, en este apartado se establece la base metodológica comúnmente utilizada por la comunidad científica nacional, haciendo uso de la mayor información disponible, se mostrarán los elementos técnicos que sustentan los resultados de la Manifestación de Impacto Ambiental, tales como:

- Delimitación del SAR, área de influencia (AI) y del predio del proyecto.
- Delimitación del SARA.
- Calidad del aire.
- Descripción y caracterización de fauna silvestre.
- Identificación de usos de suelo y/o vegetación.
- Diagnóstico ambiental.
- Metadatos de Escenas Landsat empleadas en el estudio.

VIII. IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LOS RESULTADOS DE LA MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

VIII.1 CRITERIOS PARA LA DEFINICIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL Y ÁREA DE INFLUENCIA

Partiendo del conocimiento de que el proyecto consiste en la preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento de una planta para el aprovechamiento del poder calorífico generado por la combustión de residuos sólidos urbanos (RSU) provenientes de la Ciudad de México para la generación de energía eléctrica, la cual estará conformada por un camino de acceso, el derecho de vía para la instalación de línea de evacuación eléctrica, una subestación de maniobras y la planta de termovalorización. Para ello, se tiene planeado aprovechar 4,500 t diarias de RSU para generar 965,000 MWh anualmente. Esta energía será exportada a la red eléctrica y entregada al Sistema de Transporte Colectivo Metro, una vez cubiertas las necesidades eléctricas de la planta misma.

Es importante considerar que el proyecto se desarrollará dentro de la zona federal del ex lago de Texcoco, en los municipios de Texcoco, Nezahualcóyotl y Chimalhuacán, Estado de México, y en los límites de la Ciudad de México. El proyecto comprende una superficie total de 43.98 ha, de las cuales la Planta abarcará una superficie de 13.2 ha, el camino de acceso al predio 2.89 ha (2.3 km), la línea de evacuación 25.64 ha (8.1 km, con 27 torres) y la subestación de maniobra 2.25 ha.

Dadas las características del proyecto, y el nivel de impacto ambiental que se podría generar por su desarrollo, se realizó la caracterización ambiental a nivel de sistema de la Geósfera y, otro, a nivel de la Atmósfera. Todo este trabajo se realizó con el apoyo de procesamiento de imágenes.

VIII.1.1 Procesamiento de imágenes

A) Imagen satelital

Todo el trabajo realizado para la delimitación de estas áreas para el desarrollo del proyecto, así como para la caracterización abiótica y biótica del SAR y del AI del proyecto, se llevó a cabo con un trabajo cartográfico detallado. Para ello se utilizó una imagen Satélite WorldView 3 a una resolución de 50 centímetros por pixel, con 1 banda pancromática y 4 bandas multiespectrales de fecha 19 de marzo de 2017.

Las imágenes satelitales son un gran soporte para este tipo de trabajo ya que representa la distribución espacial de las propiedades biofísicas de la escena observada a cierta distancia por un sensor. Es una simplificación de la escena limitada por el comportamiento del sensor y de los fenómenos de interferencia que degradan la información que deseamos obtener. La presencia de estos mecanismos de degradación durante el proceso de captura de una imagen constituye un hecho inherente a la naturaleza experimental de la percepción remota.

Éstas se pueden entender como un arreglo matricial ordenado en filas y columnas donde cada celda o pixel contiene un valor numérico. Durante el tratamiento digital de la imagen se obtiene la información, sometiendo los datos a fórmulas matemáticas, índices espectrales o modelos. Su utilidad radica en la información importante que no es percibida por el ojo humano, ya que éste es capaz de ver únicamente la porción visible (0.4 a 0.7 μm), mientras que los sensores remotos, como los que se encuentran

montados en los satélites, pueden detectar el infrarrojo y otros rangos del espectro que aportan información valiosa del terreno.

B) Índice espectral

Los índices espectrales de las imágenes tienen la finalidad de resaltar algún tipo de cobertura diferenciándolos de las demás, asimismo, intentan aproximar el estado de conservación, abundancia, vigor, estrés, entre otros. Para el caso particular de este estudio, las variables a estudiar son los usos de suelo y tipos de vegetación. Por lo que, los índices de vegetación ayudarán a estimar la salud, abundancia y estrés hídrico de los diferentes tipos de flora presentes en la zona de interés.

C) Índice de vegetación

El índice de vegetación se define como un parámetro calculado a partir de los valores de reflectancia a diferentes longitudes de onda, las cuales son sensibles a un tipo de cobertura vegetal; esto aplicando un conjunto de operaciones algebraicas sobre los valores numéricos de cada pixel perteneciente a una escena.

Los índices de vegetación implican la aplicación de operaciones aritméticas píxel a píxel entre las bandas espectrales con el objetivo de discriminar el suelo de la vegetación reduciendo el efecto de la topografía del terreno (Figura VIII-1). Se fundamentan en la diferencia de contraste en las diferentes regiones del espectro para las coberturas de suelo.

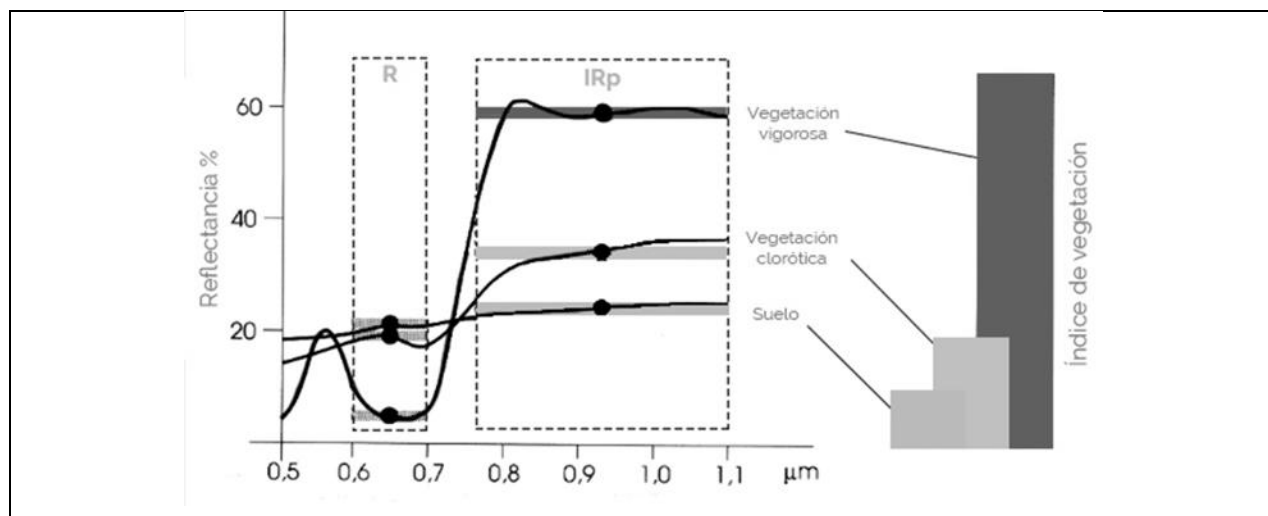


Figura VIII-1. Índices de vegetación.

D) Índice Diferencial de Vegetación Normalizado

Este índice es el más conocido y empleado para todo tipo de aplicaciones, la razón es que su cálculo es sencillo y aporta información relevante y útil. Los valores del índice van de (-1 a 1).

La normalización reduce el efecto de la degradación de la calibración del sensor y de la influencia de los efectos atmosféricos. Fue creado por Rouse y colaboradores en 1974 y tiene por fórmula la siguiente expresión:

$$NDVI = \frac{NIR - ROJO}{NIR + ROJO}$$

Donde:

NDVI = Índice de Vegetación Diferencial Normalizado.

NIR = Banda Infrarrojo cercano.

ROJO = Banda roja.

Como ya se mencionó anteriormente, para este proyecto se utilizó una imagen Satélite WorldView 3 a una resolución de 50 centímetros por pixel (Figuras VIII-2 y VIII-3), con 1 banda pancromática a 50 cm de resolución (450-800 nm) y 4 bandas multiespectrales a 2 m de resolución con los siguientes valores espectrales:

- Azul: 450-510 nm
- Verde: 510-580 nm
- Rojo: 630-690 nm
- Infrarrojo cercano: 770-895 nm

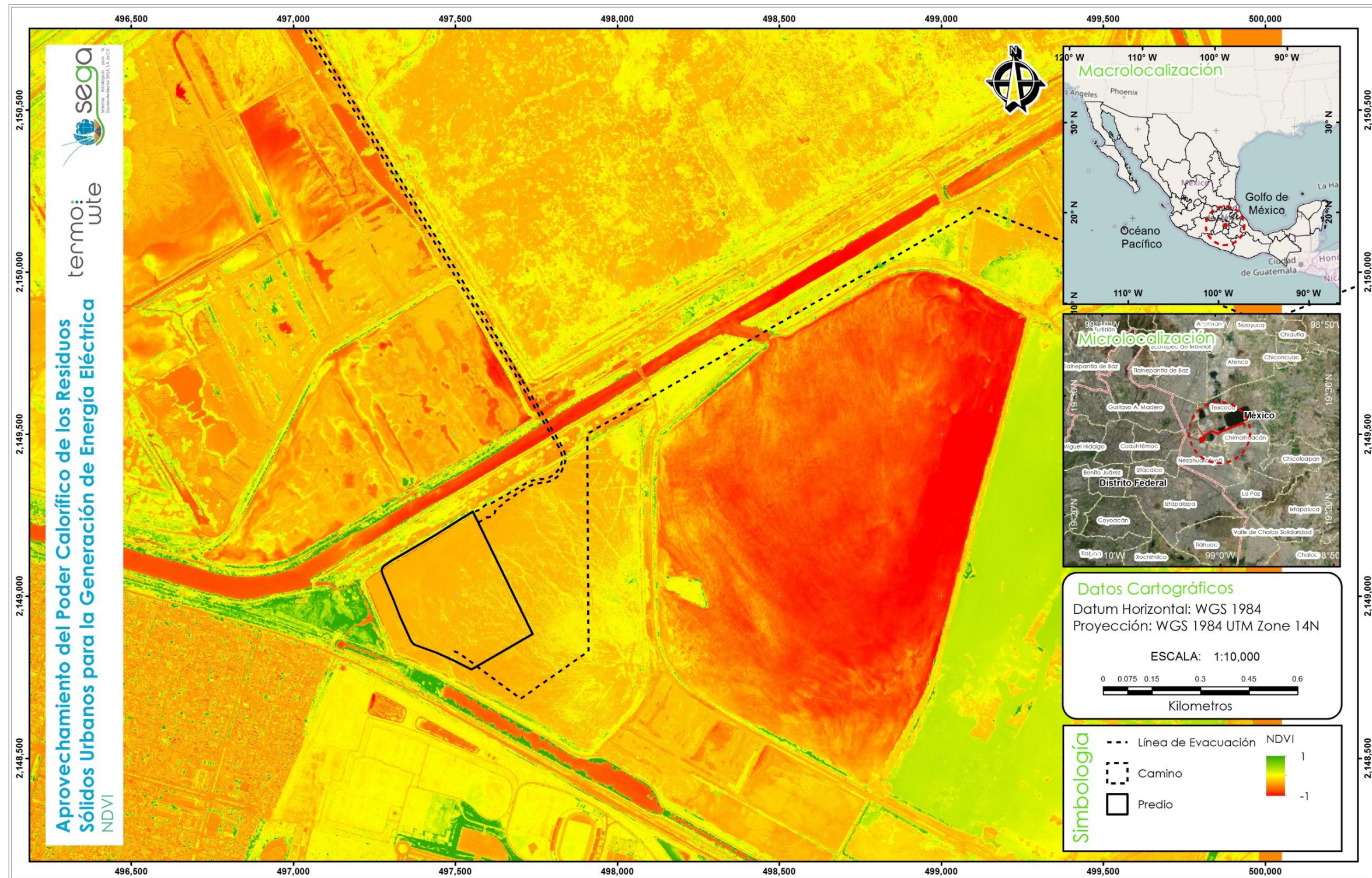


Figura VIII-2. Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI).

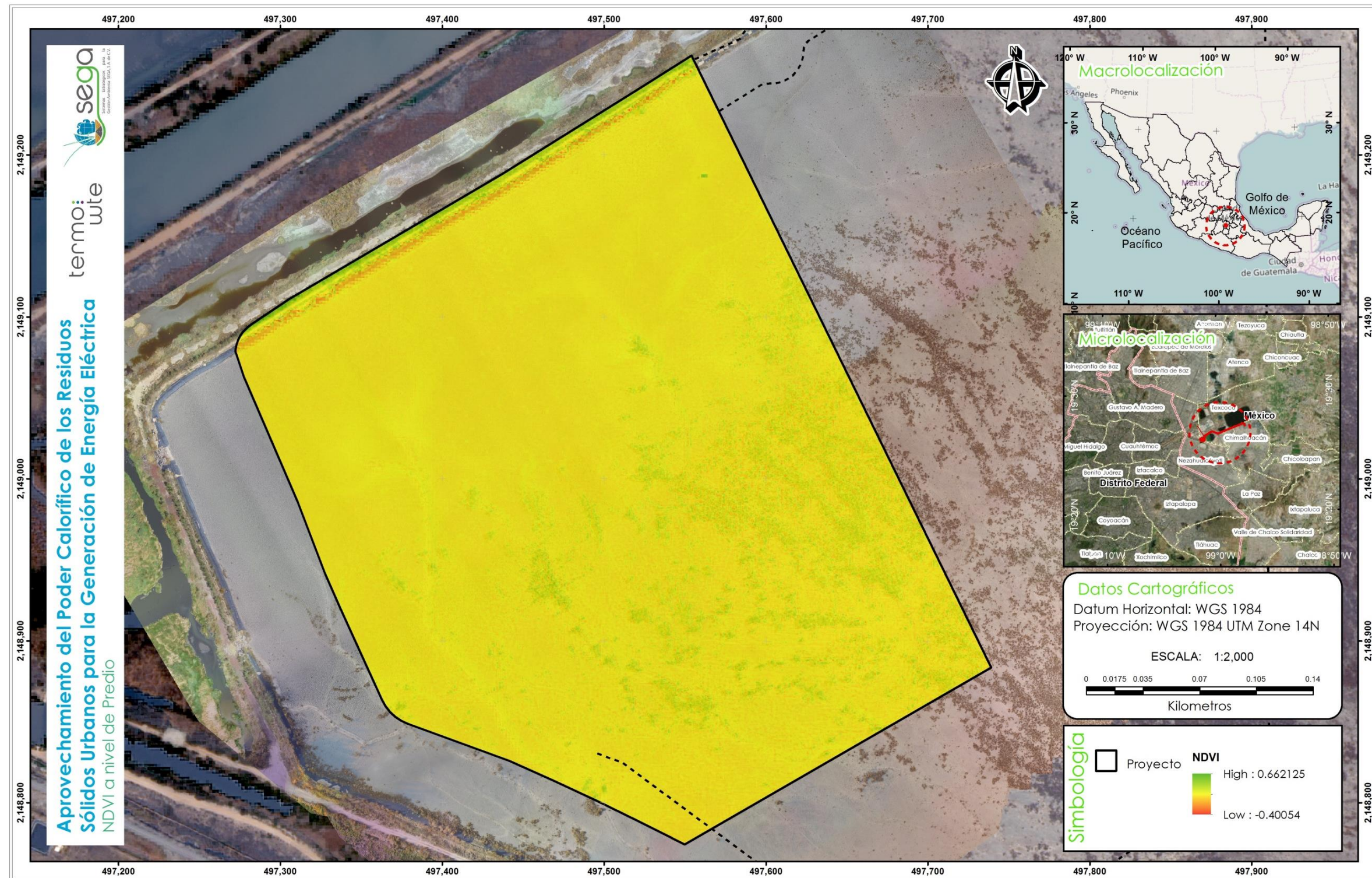


Figura VIII-3. Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) a nivel del predio del proyecto.

E) Análisis de resultados

- Conforme a los resultados obtenidos en el procesamiento de las imágenes satelitales en el NDVI, se debe de entender que las imágenes de satélite podrían interpretarse como una matriz de datos ordenados en filas y columnas, donde cada celda contiene un valor numérico. La interpretación de los índices espectrales se realiza mediante los valores resultantes por pixel.
- El índice NDVI ayuda a identificar las zonas con vegetación e intenta evaluar su vigor. Los valores del índice van de -1 a 1, donde aquellos valores más cercanos a 1 indican vegetación vigorosa y en buen estado de salud.
- Los valores de la Tabla VIII-1 reflejan que, si bien existe un mínimo de vegetación en el predio, ésta ya no es fotosintéticamente activa y en la mayor parte del predio no existe vegetación.

Tabla VIII–1. Rango de valores obtenidos para el NDVI del predio del proyecto.

Descripción	Valores
Mínima	-0.40054
Máxima	0.66213
Media	0.11254
Desviación Estándar	0.04801

VIII.1.2 Delimitación del Sistema Ambiental Regional

Para la delimitación del Sistema Ambiental Regional, y diferenciarlo del impacto que tendría el proyecto a nivel atmosférico, para el proyecto se puso bajo consideración que:

1. La espacialidad de las afectaciones del proyecto son divergentes, unas estarán presentes en el espacio del subsistema de la Geósfera y otras en el del subsistema de la Atmósfera.
2. La extensión de las implicaciones ambientales del proyecto se manifiesta igualmente de manera divergente: en el subsistema de la Geósfera de manera puntual y local y en el subsistema de la Atmósfera regional.
3. Al llevar a cabo una delimitación de gran extensión, implica que los procesos naturales del subsistema de la Atmósfera funcionalmente sean divergentes del subsistema de la Geósfera.
4. Las tres divergencias mencionadas anteriormente, necesariamente derivarán en una caracterización de componentes ambientales alejados de la realidad de la línea base ambiental en la que se inscribe el proyecto.
5. La magnitud de los impactos se clasifica en un nivel bajo o nulo, en ambos subsistemas, por lo que quedan enmarcado en el subsistema de la Geósfera.

Para nuestro caso, la Geósfera corresponde al área empleada para describir los elementos ambientales terrestres (físicos, bióticos y socioeconómicos) que influyen en los procesos naturales de la zona en la que se inscribe el proyecto en estudio. La integración de estos elementos conforma el marco ambiental en el que se desarrollará dicho cambio. Por tal motivo, el subsistema de la Geósfera definido comprende el área en el que se espera se presenten las afectaciones más relevantes que se deriven de la ejecución del proyecto en las etapas de construcción y mantenimiento (AI), incluyendo la zona donde se ejecutarán las obras y actividades (área del proyecto, AP).

Del análisis realizado al marco jurídico ambiental vigente y aplicable al desarrollo del proyecto, se determinó encontró que el espacio geográfico en donde se ubica el proyecto se encuentra incluido dentro de los límites establecidos del Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de México (POET-EM). En éste se han sumado esfuerzos para consolidar la conservación de los recursos y planear de

manera coordinada el desarrollo de la región, encontrándose que cuenta con los elementos necesarios que permiten su utilización en un terreno técnico-ambiental. En el POET-EM, a través de un proceso de análisis de sus diferentes componentes realizado por instituciones de investigación, gubernamentales y sociedad, se consideró la similitud u homogeneidad ambiental que en su espacio se encuentra, a través de su regionalización jerárquica. Esta regionalización está plasmada en Unidades de Gestión Ambiental (UGA) con integridad estructural y funcional.

Tomando en cuenta la división territorial conforme a los criterios de política ambiental mediante el cual opera la funcionalidad del POET-EM, las características específicas del proyecto y el nivel de conservación del AI, se consideró conveniente tomarlo como base para la delimitación del SAR. De este trabajo resultó que el área de desarrollo del proyecto se encuentra dentro los límites de la UGA 200 (Figura VIII-4).

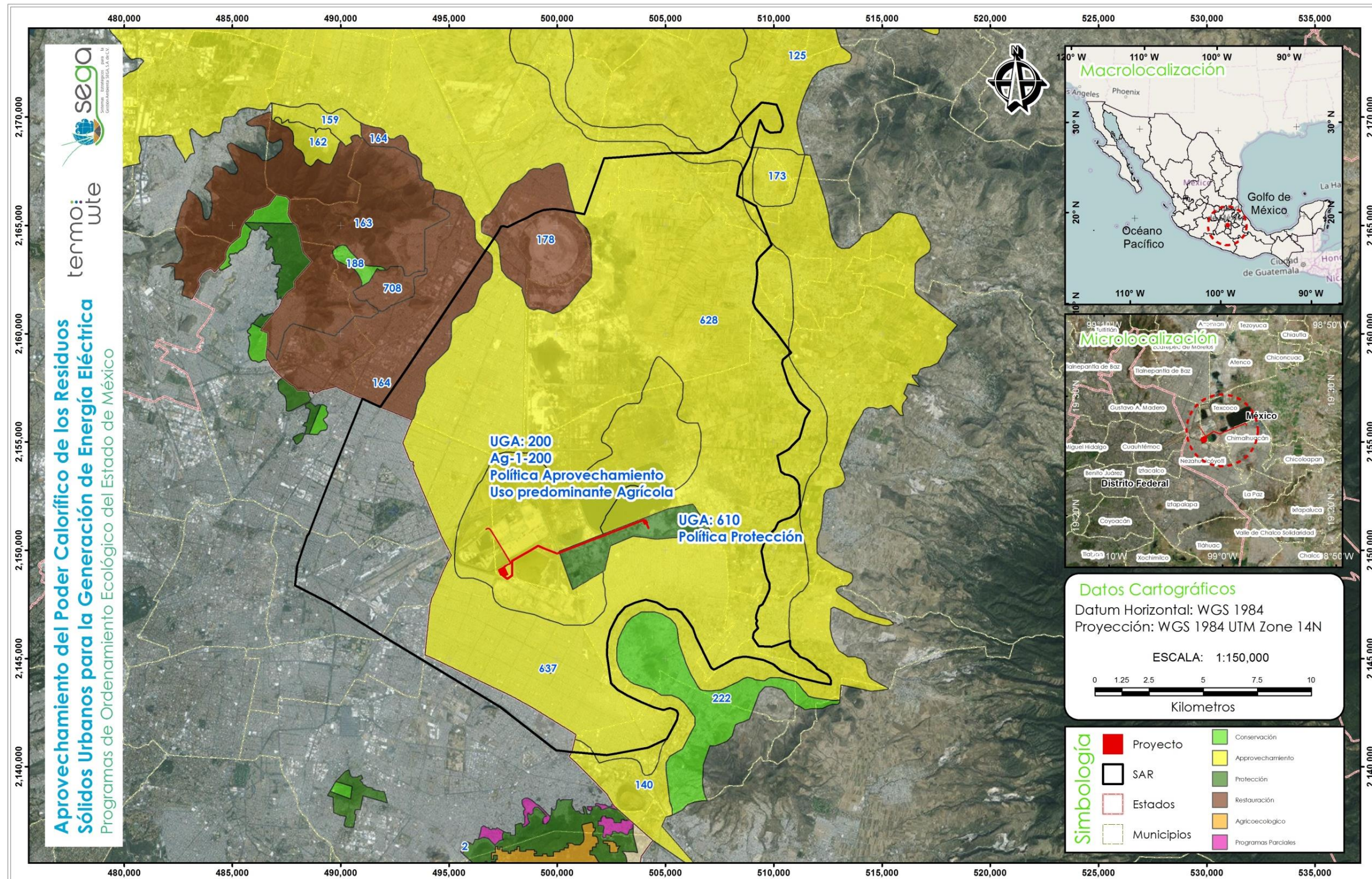


Figura VIII-4. Ubicación del predio del proyecto con respecto a la delimitación del Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de México.

Tomando en cuenta que el predio del proyecto se encuentra rodeado por zonas agrícolas, de pastizal halófilo, cuerpos de agua artificiales, zonas inundables, infraestructura y zonas urbanas, y que los procesos naturales y la función ecológica del predio se ven influenciados necesariamente por la dinámica existente en estas áreas aledañas; para la delimitación del subsistema de la Geósfera del proyecto fueron considerados todos estos elementos. Como primera instancia fue valorada la UGA 200 como posible subsistema; sin embargo, sus límites dejan fuera elementos que tienen continuidad ambiental con los que se encuentran en el predio del proyecto, tal es el caso de las zonas agrícolas, pastizales y cuerpos de agua. Por tal motivo también fueron considerados los elementos que se encuentran en las UGA's 628 y 178. Para la delimitación, también fue considerado uno de los atributos o criterios establecido por POET-EM para la regionalización de las UGA, el cual se refiere a los límites urbanos existentes (avenidas), los cuales forman una barrera física entre los procesos que se están presentando al interior y exterior del Subsistema que se persigue delimitar.

Del análisis de los criterios antes mencionados, así como de las obras y actividades que se derivan del presente proyecto y que fueron descritas en el Capítulo II de esta MIA-R, en donde resalta que las obras y actividades a ejecutar durante la etapa de construcción y mantenimiento del proyecto se enmarcan en una superficie puntual y local, y que el tipo de actividades que se pretenden desarrollar se limitan a dicha superficie, se desprende que los componentes ambientales con los que interactúa el proyecto se circunscriben al predio del proyecto y a las áreas agrícolas, pastizales, urbanas, infraestructura y cuerpos de agua adyacentes. Por tal motivo, la delimitación del subsistema de la Geósfera se definió a través de los límites de dichas áreas y que rodean la UGA 200.

Para lo anterior, al norte y sur de la UGA 200 fueron considerados los límites que proveen la UGA 628 y parte de la 178, ya que estos límites integran las zonas

agrícolas, de pastizal, cuerpos de agua, áreas inundables, de infraestructura y urbanas aledañas al predio del proyecto. Al oeste de la UGA 200 fueron considerados los límites de las zonas urbanas y de infraestructura, delineados por las barreras físicas que imponen las avenidas circundantes más conspicuas. Esta zona se decidió integrarla como parte del subsistema de la Geósfera debido al intercambio que puede existir entre ambos subsistemas por el cambio de gases y partículas producto de las emisiones a la atmósfera y que dada la cercanía con la planta podrían verse afectados. No obstante, hay que tener presente que el tipo de tecnología utilizada asegura que dichas emisiones cumplan con las normas internacionales y nacionales en materia de contaminación atmosférica; por lo que no se esperan afectaciones significativas adicionales a las que actualmente ya se presentan por la propia dinámica de la Ciudad. Finalmente, hacia el este de la UGA 200, el límite está dado por la frontera existente entre la zona agrícola y la urbana.

La delimitación del subsistema de la Geósfera buscó integrar el subsistema físico con el subsistema biótico y socioeconómico, dando por resultado un sistema ambiental a partir del cual se pueda ofrecer un análisis integral del área en la que se pretende llevar a cabo el proyecto en su entorno natural y social. De esta manera, el subsistema de la Geósfera delimitado para el proyecto está determinado por una superficie de 41,816.12 ha (Figura VIII-5).

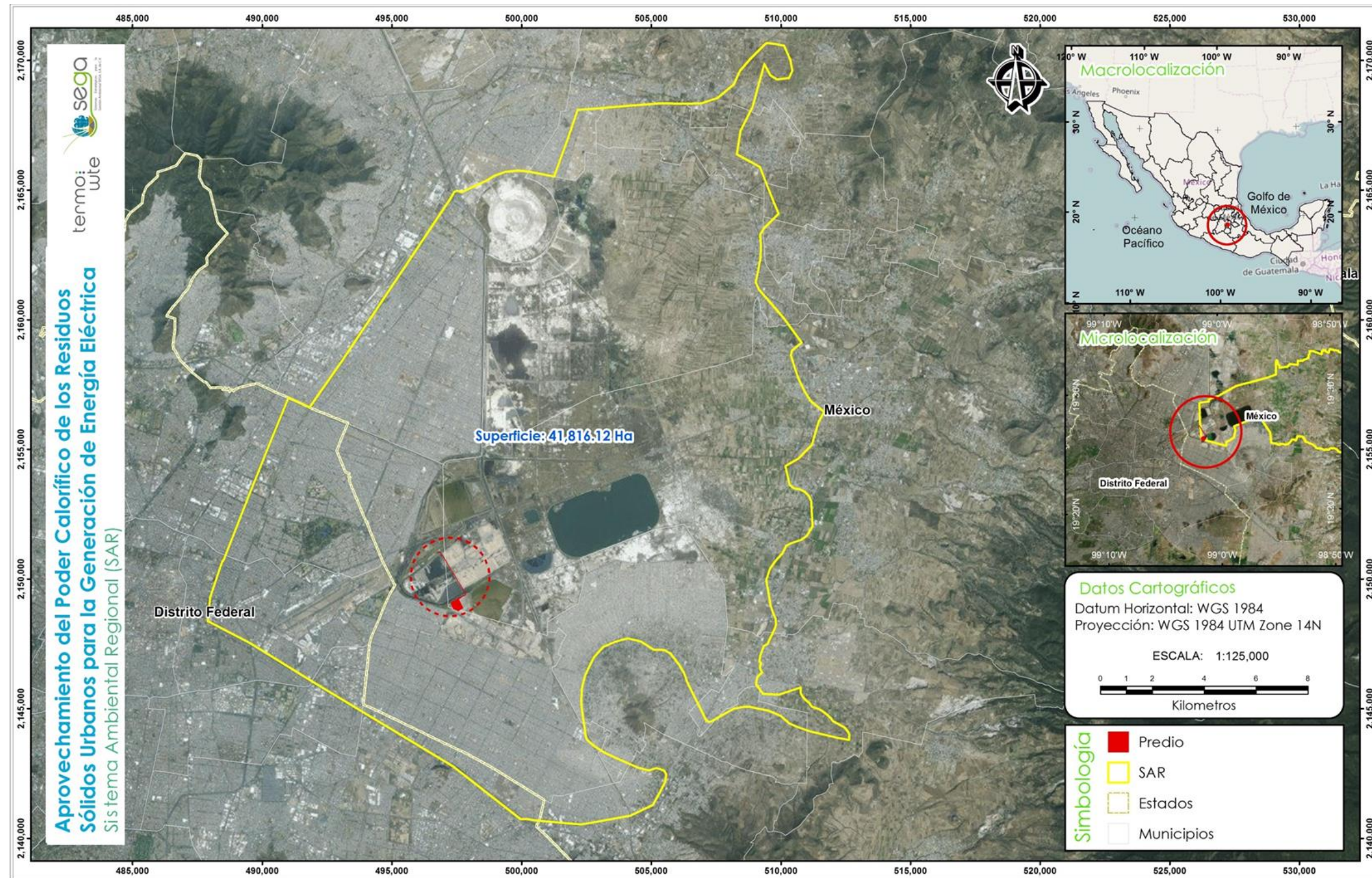


Figura VIII-5. Ubicación del área del proyecto con respecto al sistema ambiental regional delimitado para su desarrollo.

VIII.1.3 Delimitación del Sistema Ambiental Regional Atmosférico

Para la etapa de operación del proyecto, se consideró que el impacto ambiental más importante está relacionado con las emisiones atmosféricas producto de la combustión de los RSU que en un momento dado se pudieran generar. Estas emisiones impactan la calidad de aire que la población, y fauna silvestre, respira, lo que, dependiendo de la concentración que alcancen los contaminantes en el ambiente, impactará en la salud de los seres vivos, en general, y en la degradación de los elementos físicos que se encuentran a nivel regional.

El área de afectación depende de la capacidad de dispersión de los contaminantes, de la concentración de fondo y de la concentración final alcanzada. Por lo que, para poder definir el sistema ambiental regional atmosférico (SARA), se procedió a estimar el área de dispersión de los contaminantes emitidos por la operación de la Planta.

Al respecto, Magaña y Caetano (2007) mencionan que las emisiones de contaminantes a la atmósfera pueden ser predichos usando modelos de dispersión apropiados, asimismo, indican que no existe una metodología universal y que estos pueden variar dependiendo de la región de que se trate.

Tomando en cuenta las consideraciones anteriores, la delimitación del SARA se realizó a través de un proceso de modelación implicando las emisiones de las cuatro chimeneas que constituyen la planta de incineración. Para ello, se utilizó el modelo de dispersión de aire multicapa no estacionario CALPUFF versión 5.8.5, que junto con los programas CALMET (modelo meteorológico de diagnóstico) y CALPOST (modelo post-procesador), modela la distribución espacial de los contaminantes hora a hora por un periodo de hasta 5 años continuos. Este modelo presenta resultados de alta confiabilidad de dispersión de contaminantes en un rango que puede ir hasta los 200 km, llegando a tener buenos resultados hasta los 300 km del foco de emisión.

De manera general, el diseño del modelo contempla durante las corridas:

- Modelación de la pluma de emisión como PUFF (bocanadas o soplos de contaminante).
- La capacidad de modificar emisiones puntuales y de área durante el tiempo.
- Conveniencia para modelar desde metros hasta cientos de kilómetros a partir de la fuente emisora.
- Estimaciones de concertación en periodos de tiempo que pueden ir desde una hora hasta cinco años.
- Capacidad para considerar la rugosidad o condiciones del terreno.
- Capacidad para trabajar con información meteorológica tridimensional.

Una ventaja de este modelo con respecto a otros es que puede modelar la dispersión de los contaminantes sobre áreas terrestres y cuerpos de agua de manera integral y uniforme.

Para la delimitación del SARA, el modelo se alimentó considerando información meteorológica y las condiciones topográficas y de uso de suelo de la región aledaña al predio del proyecto. Se consideró la información meteorológica histórica de los últimos 5 años obtenida a partir del modelo WRF (Weather Research & Forecasting) con una resolución de 1 km en un área de 50 km², tomando como centro el sitio del predio del proyecto. Los factores del clima considerados fueron: temperatura de bulbo seco, dirección y velocidad del viento, altura de mezclado, presión barométrica, precipitación, radiación solar horizontal, cubierta opaca de nubes, altura del techo de nubes y humedad relativa. Y, la información topográfica y de uso de suelo usada fue la disponible en el sitio Geographic Information Systems Resource (sitio web GIS, www.webgis.com), subapartado SRTM1 (Shuttle Radar Topography Mission).

Durante el proceso de modelación se consideró que las cuatro chimeneas de la planta se encontraban en operación simultánea y bajo las mismas condiciones de emisión. Para ello, se usaron los valores promedio de salida por chimenea obtenido de plantas de termovalorización. Estos valores se apegan a las especificaciones de la DIRECTIVA

2010/75/UE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 24 de noviembre de 2010 sobre las emisiones industriales (prevención y control integrados de la contaminación). Éste, en su ANEXO VI, PARTE 3, indica todos los valores límite de emisión se calcularán a una temperatura de 273,15 °K (0 °C), una presión de 101,3 kPa (1 atm), y previa corrección del contenido en vapor de agua de los gases residuales. Además, se consideró un flujo volumétrico de 240,440 Nm³ h⁻¹, equivalente a 66.789 m³ s⁻¹, 11% de O₂, base seca, y 1 atm y °0 C. Los contaminantes base considerados y las concentraciones de emisión asumidas por la operación de la planta y en la modelación se presentan en la Tabla VIII–2. Las concentraciones en chimenea usadas hacen referencia a las máximas esperadas por la operación de la planta y, para el caso de los NO_x, se estimó que el 90% son NO₂ y el resto NO.

Tabla VIII–2. Criterios y restricciones definidas en el modelo CALPUFF para la definición de emisiones y dispersión de contaminantes por la operación de la planta de aprovechamiento de poder calorífico.

Contaminante*	Concentración en chimenea (mg Nm ³⁻¹)	Flujo (m ³ s ⁻¹)	Emisión (g s ⁻¹)
Partículas totales	<2	66.789	0.134
CO	10	66.789	0.668
TOC	2	66.789	0.134
NO ₂	135	66.789	10.018
HCl	9	66.789	0.601
SO ₂	26	66.789	1.737
HF	0.1	66.789	0.007
NH ₃	2	66.789	0.134
Hg	0.01	66.789	0.001
Cd + Ti	0.02	66.789	0.001
Metales	0.2	66.789	0.013
D y F**	0.05	66.789	0.003

* CO = Monóxido de carbono; TOC = Carbono orgánico total; NO₂ = Dióxido de nitrógeno; HCl = Ácido clorhídrico; SO₂ = Dióxido de azufre; HF = Ácido Fluorhídrico; NH₃ = Amoniac; Hg = Mercurio; Cd + Ti = Cadmino + Titanio y, D y F = Dioxinas y furanos.

** Dioxinas y furanos, unidades en ng Nm³⁻¹

Una vez que el modelo fue alimentado con la información antes descrita, se corrió para estimar las áreas de dispersión de las emisiones de contaminantes de la planta. Durante las corridas se definieron los valores de los límites máximos y mínimos para obtener la imagen de dispersión calculada por el modelo; en este caso, el valor máximo esperado es dado por el modelo y el mínimo se estimó considerando que representara el 50% del valor máximo del modelo. En este último caso, cuando el valor mínimo seleccionado en la modelación no permitía tener una clara imagen de la dispersión de los contaminantes se reducía hasta obtener una imagen clara de la dispersión. En la Tabla VIII-3 se incluyen los valores máximos y mínimos de los contaminantes en la modelación.

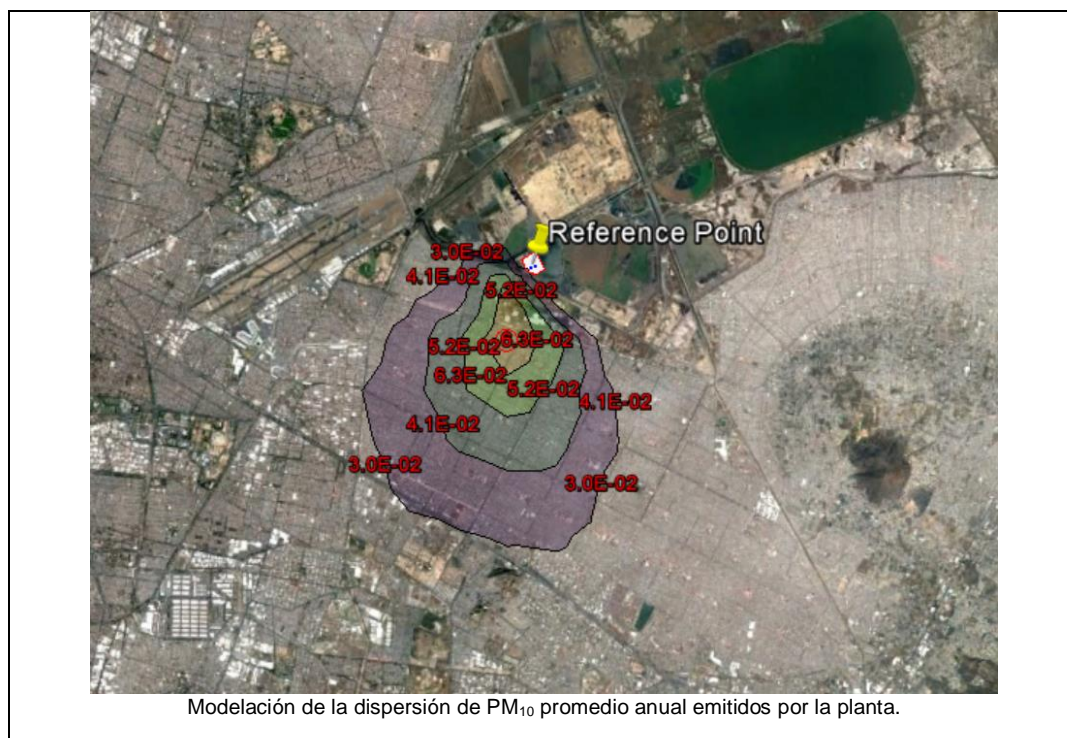
Tabla VIII-3. Criterios y restricciones definidas en el modelo CALPUFF para la definición de emisiones y dispersión de contaminantes por la operación de la planta de aprovechamiento de poder calorífico.

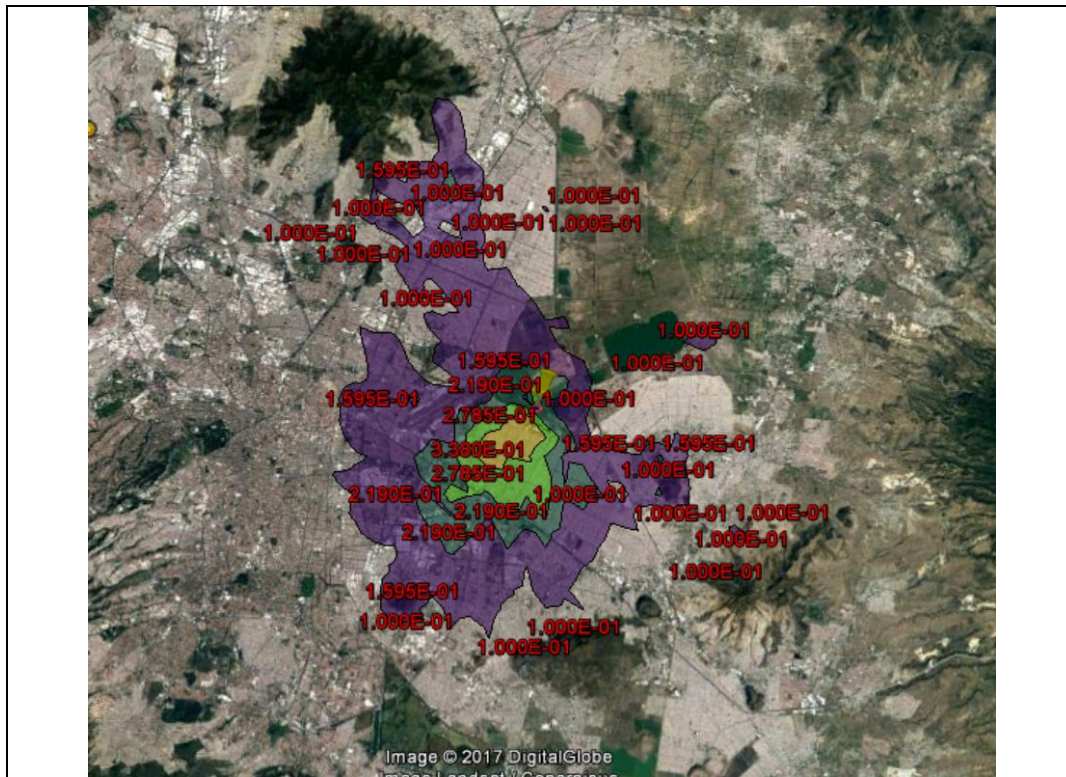
Contaminante	Unidad	Máximo	Mínimo	Valor de norma
PM ₁₀	µg m ³⁻¹	0.074	0.03	75 µg m ³⁻¹ , promedio 24 horas. 40 µg m ³⁻¹ , promedio anual.
SO ₂	µg m ³⁻¹	66	25	524 µg m ³⁻¹ , máximo promedio de 24 horas.
		4.37	1.00	288 µg m ³⁻¹ , segundo máximo anual como promedio móvil de 8 horas.
		0.95	0.20	66 µg m ³⁻¹ , promedio anual.
CO	µg m ³⁻¹	13.0	3.3	12,595 µg m ³⁻¹ , promedio móvil de 8 horas una vez al año.
NO ₂	µg m ³⁻¹	342	50	395 µg m ³⁻¹ , en una hora una vez al año.

Una vez obtenidas las imágenes de dispersión de contaminantes modeladas, se seleccionó la de dispersión de contaminantes de NO₂ a un nivel de concentración de 50 µg m³⁻¹ alrededor de la planta, 15% del valor máximo esperado. Para ello se consideró que, de acuerdo con la modelación, fue el contaminante que se acercó más al valor

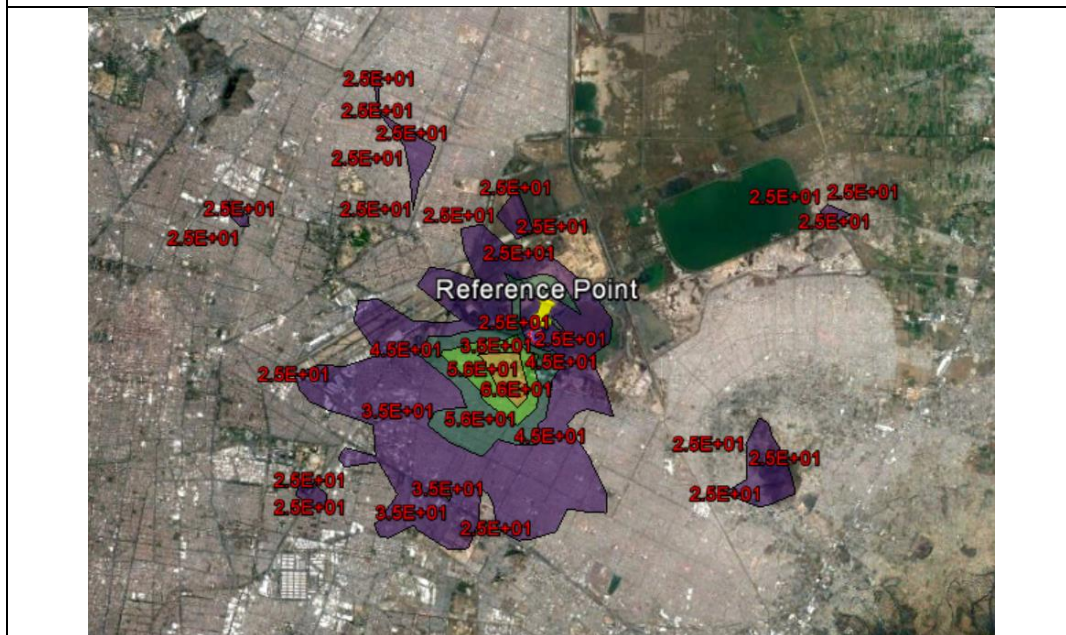
límite de norma y, además, el área que cubría este contaminante a esa concentración comprendía las áreas de dispersión seleccionadas de los otros contaminantes analizados (Figura VIII-6).

Una vez obtenidas las imágenes de dispersión de contaminantes modeladas, se seleccionó la de dispersión de contaminantes de NO₂ a un nivel de concentración mayor de 50 µg m⁻³ alrededor de la planta, 14.6% del valor máximo esperado. Para ello se consideró que, de acuerdo con la modelación, fue el contaminante que se acercó más al valor límite de norma y, además, el área que cubría este contaminante a esa concentración comprendía las áreas de dispersión seleccionadas de los otros contaminantes analizados (Figura VIII-7).

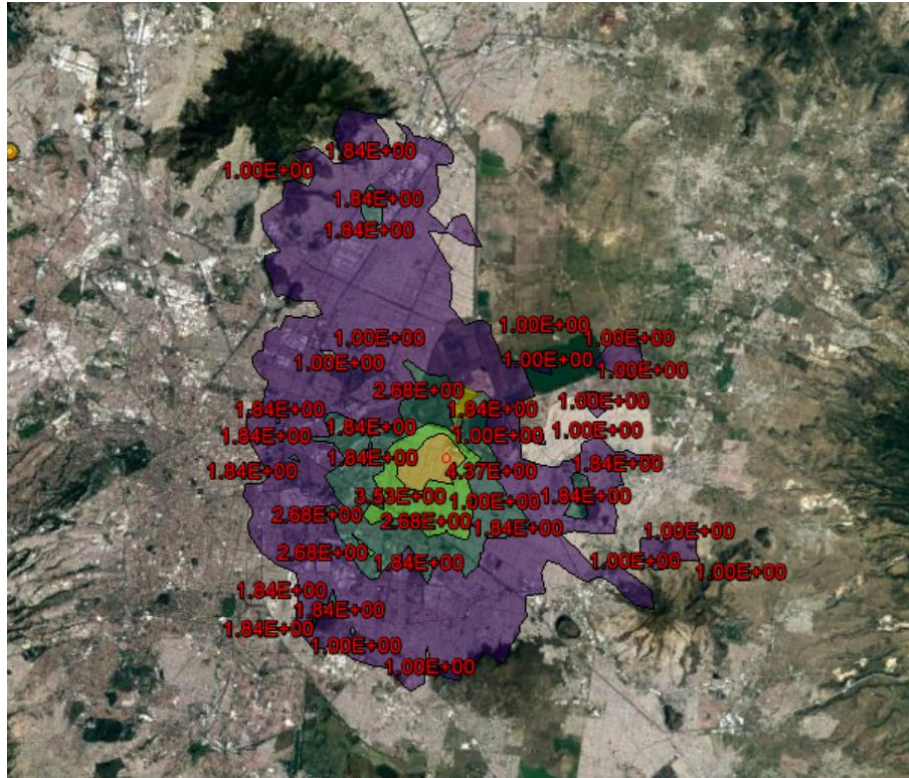




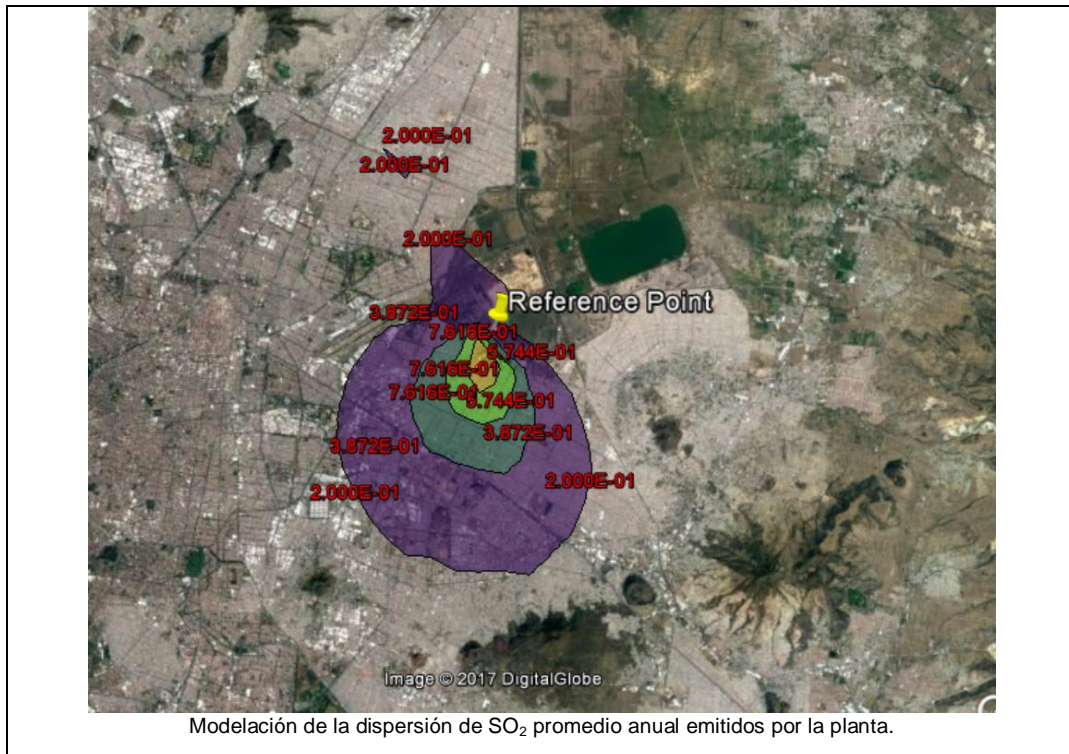
Modelación de la dispersión de PM₁₀ promedio 24 h emitidos por la planta.



Modelación de la dispersión de SO₂ máximo promedio 24 h emitidos por la planta.



Modelación de la dispersión de SO₂ segundo máximo anual como promedio móvil de 8 horas emitidos por la planta.



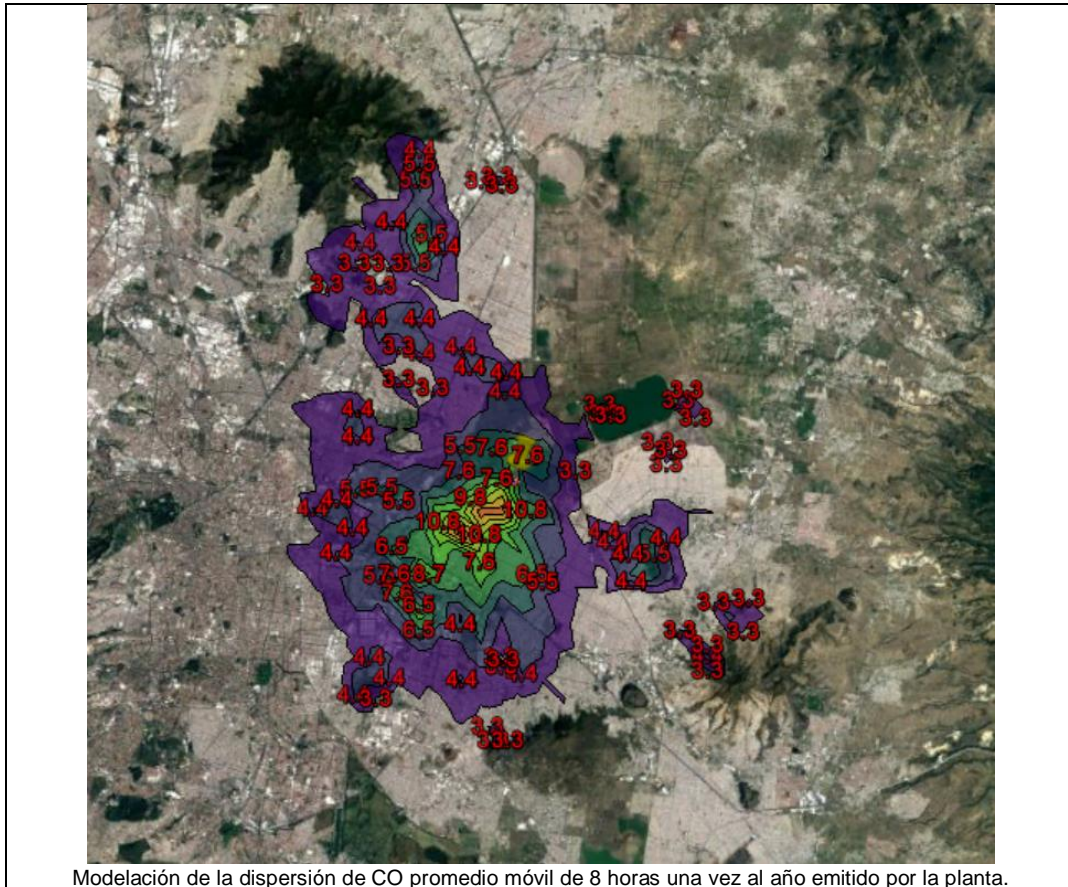


Figura VIII–6. Resultados obtenidos de la modelación de la dispersión de contaminantes emitidos por la operación de la planta considerando las máximas emisiones.

La dispersión de las emisiones de NO_2 obtenidas por el modelo, como parte de la operación del proyecto, y, la que a su vez se seleccionó como el SARA, se presenta en la Figura VIII–7. El área total resultante del sistema es de 63,663.75 ha, comprendiendo pequeñas áreas aisladas que quedaban en su alrededor para hacerlo un sistema continuo y cerrado.

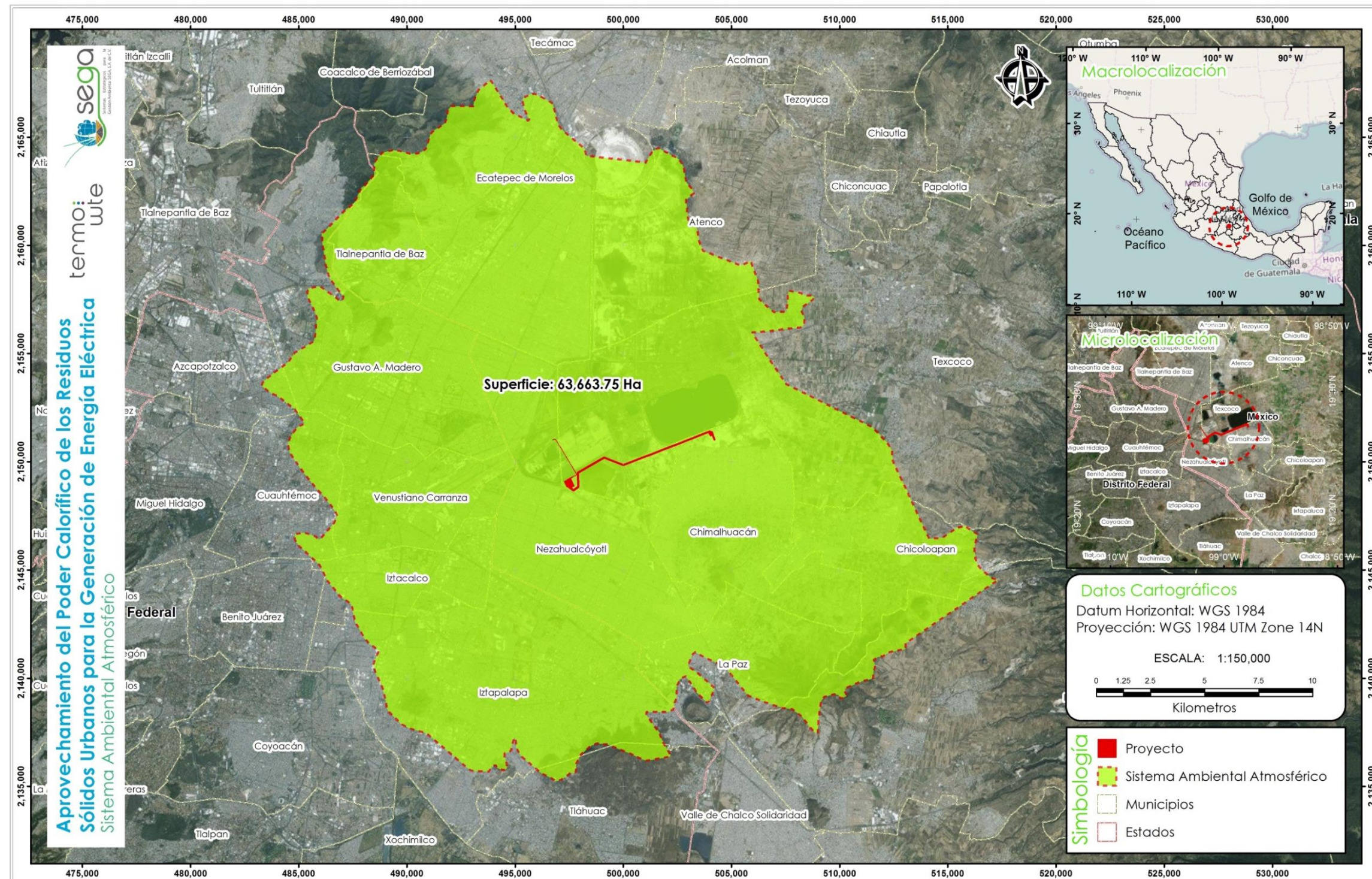


Figura VIII-7. Polígono del SARA definido para el proyecto de la Planta, delimitada por la dispersión de NO_2 en concentraciones mayores a 0.027 ppm ($50.76 \mu\text{g m}^{-3}$).

VIII.2 METODOLOGÍA IMPLEMENTADA PARA LA CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA Y DE LA CALIDAD DEL AIRE

VIII.2.1 Caracterización del clima

Para tener información detallada de los factores climáticos prevalecientes en el SAR delimitado para el proyecto, se revisó la información de las estaciones meteorológicas instaladas en los municipios del Estado de México y en las delegaciones de la Ciudad de México que conforman el SAR operadas por la CONAGUA-DGE y la CFE. Se obtuvo la información de las normales climatológicas del sistema meteorológico nacional en la página de la CONAGUA (http://smn1.conagua.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=182&tmpl=component). En este análisis también se incluyó información de estaciones meteorológicas que no estaban dentro del SAR delimitado para el proyecto, pero sí dentro de los municipios o delegaciones que están conformándolo dado que pueden considerarse valores aplicables a un área mayor que al sitio de donde se captura la información.

De la revisión realizada en la página de la CONAGUA, se tomó la información de 24 estaciones meteorológicas instaladas en los municipios de Texcoco (5), Atenco (1), Chimalhuacán (1), La Paz (1), Tlalnepantla (2), Ecatepec de Morelos (2); y en las delegaciones Iztacalco (3), Iztapalapa (2), Gustavo A. Madero (4) y Venustiano Carranza (3). Estas estaciones meteorológicas cuentan con información registrada para temperatura y precipitación de 31 y 34.6 años en promedio, respectivamente, para el periodo que va de 1951 al 2010.

La información obtenida de las normales climatológicas se analizó la información relacionada con la temperatura promedio mensual y anual y la precipitación promedio

mensual y total anual. Con estas variables se estimó, por estación meteorológica, la porcentaje de precipitación invernal, el coeficiente precipitación / temperatura y la oscilación térmica, información base para poder clasificar el clima de una región. Para este análisis se siguió la metodología descrita por García (2004).

Además de la información antes mencionada, también se obtuvo información relacionada con las temperaturas máximas y mínimas promedio mensuales, días con lluvia y evaporación.

VIII.2.2 Caracterización de la calidad del aire

Con la finalidad de conocer el comportamiento de la calidad del aire en el SARA definido para el proyecto, se analizó la información registrada en las estaciones de monitoreo ambiental que se encuentran dentro del área delimitada en la definición de este sistema regional delimitado para el proyecto. De acuerdo con el SARA definido para el proyecto y la ubicación de las estaciones de monitoreo ambiental, dentro de éste se ubican 13 estaciones; pero para nuestro análisis se decidió incluir, además, la estación de monitoreo de Acolman, como referencia de la calidad del aire en esa área fuera del SARA pero inmersa dentro del SAR (Tabla VIII-4). Cabe aclarar que no todas las estaciones monitorean la misma cantidad de contaminantes y el tiempo de registro de las concentraciones varía entre estaciones y entre contaminantes. Aunado a lo anterior, las estaciones LAA y TEC no registran información relacionada con los contaminantes para evaluar la calidad del aire según lo informado en la base de datos del Sistema de Monitoreo Ambiental disponible, página web <http://www.aire.cdmx.gob.mx/estadisticas-consultas/concentraciones/index.php>, de donde se obtuvo la información para caracterizar la calidad del aire del SARA.

Tabla VIII–4. Listado de estaciones de monitoreo ambiental y de contaminantes monitoreados por estación en el SARA definido para el proyecto.

Estación	Clave	Municipio/delegación	Contaminantes monitoreados
Acolman	ACO	Acolman	O ₃ , NO _x , NO ₂ , NO, CO, SO ₂ y PM ₁₀ .
Gustavo A. Madero	GAM	Gustavo A. Madero	O ₃ y PM _{2.5}
Iztacalco	IZT	Iztacalco	O ₃ , NO _x , NO ₂ , NO, CO, SO ₂ y PM ₁₀ .
Los Laureles	LLA	Ecatepec de Morelos	O ₃ , NO _x , NO ₂ , CO y SO ₂ .
La Presa	LPR	Tlalnepantla de Baz	O ₃ , NO _x , NO ₂ , CO, SO ₂ y PM ₁₀ .
Merced	MER	Venustiano Carranza	O ₃ , NO _x , NO ₂ , CO, SO ₂ , PM ₁₀ y PM _{2.5} .
Montecillos	MON	Texcoco	O ₃ , NO _x , NO ₂ , CO y SO ₂ .
Nezahualcóyotl	NEZ	Nezahualcóyotl	O ₃ , NO _x , NO ₂ , CO, SO ₂ y PM _{2.5} .
San Agustín	SAG	Ecatepec de Morelos	O ₃ , NO _x , NO ₂ , CO, SO ₂ , PM ₁₀ y PM _{2.5} .
San Juan de Aragón	SJA	Gustavo A. Madero	O ₃ , NO _x , NO ₂ , CO, SO ₂ y PM _{2.5} .
UAM - Iztapalapa	UIZ	Iztapalapa	O ₃ , NO _x , NO ₂ , CO, SO ₂ , PM ₁₀ y PM _{2.5} .
Xalostoc	XAL	Ecatepec de Morelos	O ₃ , NO _x , NO ₂ , NO, CO, SO ₂ , PM ₁₀ y PM _{2.5} .
Lab. Análisis Ambiental	LAA	Gustavo A. Madero	Climatología, depósito atmosférico y pH.
Cerro del Tepeyac	TEC	Gustavo A. Madero	Depósito atmosférico y pH.

Para la caracterización de la calidad del aire, se analizó la información registrada en las estaciones de monitoreo ambiental en el periodo 2005 – 2016 correspondiente a las concentraciones máximas diarias de los contaminantes monitoreados. Con la base de datos obtenida por estación, se estimaron los promedios mensuales por año de las concentraciones máximas diarias. En este caso y considerando que en las estaciones de monitoreo se encontraron datos perdidos, solo se estimaron los promedios mensuales cuando existían más de 10 días con información por mes, caso contrario se excluía del análisis mensual por considerarse poco representativo e incrementar el error en el análisis estadístico posterior.

Con los valores promedio mensuales de las concentraciones máximas diarias, se realizó la caracterización de la concentración de los contaminantes por estación de monitoreo, para tener una caracterización general de su concentración por áreas, y mensual, para caracterizar su comportamiento a través del tiempo.

Tomando en cuenta que el SARA implica una gran superficie (63,66.75 ha), en la que se pueden generar diferentes contaminantes, y que se encuentra ubicada en una zona con diversos flujos de viento que pueden influir en su dispersión, se realizó un análisis más preciso para identificar algún patrón de concentración (distribución) de éstos. Para ello, se efectuó un análisis multivariado considerando solamente la información de los contaminantes O₃, NO₂ y SO₂. El O₃ se incluyó por ser uno de los contaminantes que más ha influido históricamente en la activación de las contingencias ambientales en la zona metropolitana (Tabla IV–11), y el NO₂ y SO₂ por ser de los contaminantes que son monitoreados por un mayor número de estaciones, lo que ayuda a la comparación entre ellas

El análisis multivariado consistió de un análisis de componentes principales considerando las 12 estaciones de monitoreo con información de contaminantes y los promedios mensuales de los máximos diarios, usando el coeficiente de correlación de Pearson, y, considerando que una estación tenía datos perdidos (GAM), se utilizó el método de eliminación “pairwise”. Posteriormente, se llevó a cabo la agrupación de estaciones de monitoreo por características similares a través de un análisis clúster jerárquico con los cinco primeros factores del análisis de componente principales, en este primer análisis explicaron el 97.8% de la variabilidad, método Ward de aglomeración, distancia euclidiana y con truncamiento automático. Para este análisis se utilizó el programa estadístico XLSTAT 2017.

Del análisis de componentes principales resultó que los dos primeros factores explicaron el 84.02% de la variabilidad, donde tan solo el primer factor explicó el 63.37% (Figura VIII-8). Las estaciones que más influyeron en el primer factor fueron ACO (33.8%), MON (23.3%) y MER (15.4%); y, por otro lado, en el segundo factor fueron LLA (50.4%), UIZ (11.3%) e IZT (6.1%).

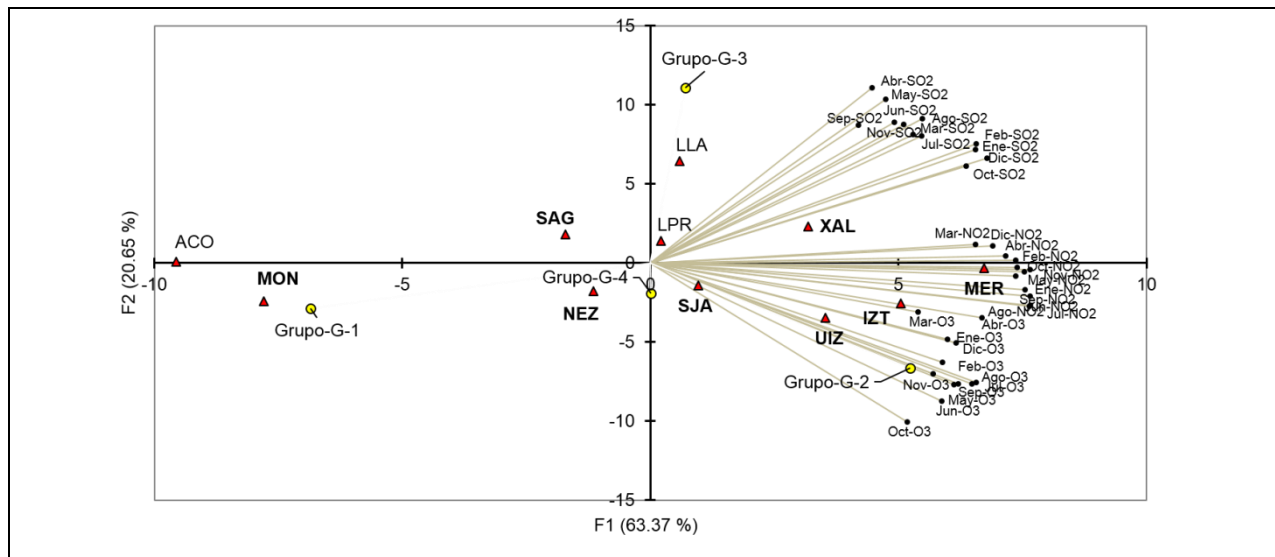


Figura VIII-8. Factores principales relacionando grupos, estaciones de monitoreo ambiental y registro de los contaminantes O₃, SO₂ y NO₂.

Por medio del análisis clúster jerárquico, se identificaron cuatro grupos, con diferencia entre grupos del 71.3% y dentro de grupo del 28.7% (Figura VIII-9). Los grupos quedaron conformados por las estaciones ACO y MON, grupo 1; IZT, MER y UIZ, grupo 2; LLA, SAG y XAL, grupo 3, y el grupo 4 por LPR, NEZ y SJA.

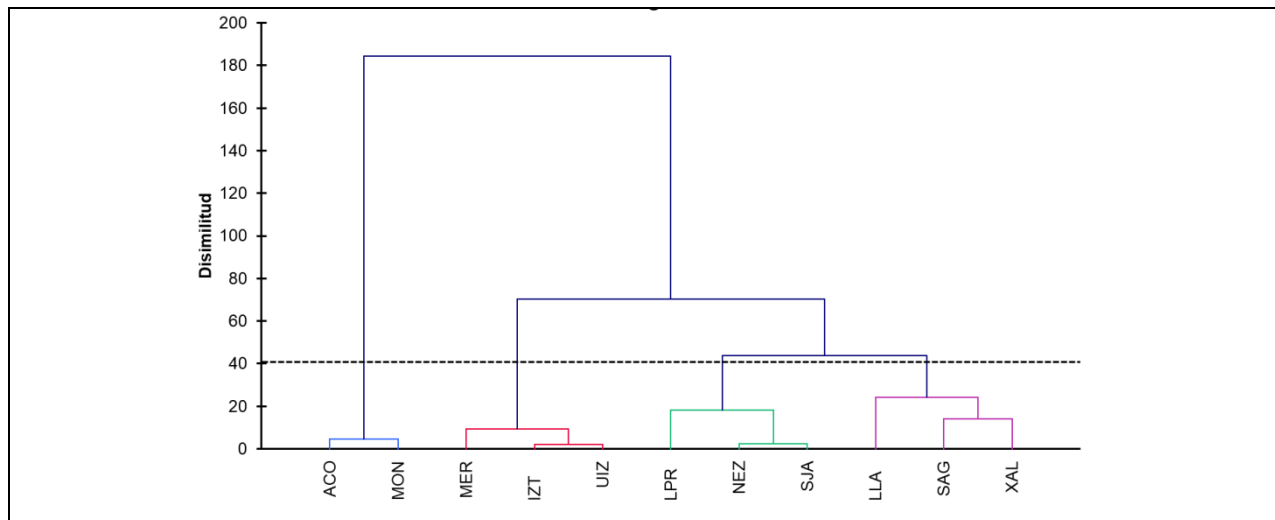


Figura VIII-9. Conformación de grupos del análisis clúster jerárquico con base a la concentración promedio mensual de los valores máximos diarios de los contaminantes O₃, SO₂ y NO₂.

VIII.2.3 Caracterización del ambiente sonoro

Para conocer el nivel acústico en el área donde se pretende construir la planta de aprovechamiento de poder calorífico de residuos, se efectuó la medición del ruido de fondo, es decir, el nivel sonoro que corresponde al ruido ambiental producido por todas las fuentes, sin la operación de la planta que se pretende construir y a considerarse como la línea base ambiental para este componente. Éste incluye las emisiones de ruido generadas por la operación del aeropuerto internacional Benito Juárez, incluyendo las actividades de despegue y aterrizaje de los aviones.

Para la realización de este trabajo se siguió la metodología establecida en la norma oficial mexicana NOM-081-SEMARNAT-1994. La medición del ruido de fondo realizada fue continua, tomándose un total de 88 puntos de medición, entre las 10:30 y las 13:00 horas. Éstos se ubicaron en torno al predio que se proyecta para alojar la fuente fija, a una distancia aproximada de 20 m de separación entre cada uno. El tiempo de medición fue de 2 minutos para cada punto, lo que corresponde a un tiempo total de 176 minutos de medición; donde el sonómetro realizó integraciones parciales del nivel sonoro continuo equivalente cada 5 segundos durante el tiempo de medición descrito de dos minutos. Asimismo, para cada punto de medición se obtuvieron simultáneamente los valores del nivel sonoro continuo equivalente empleando la característica de ponderación en frecuencia “A” y “C”. La característica de ponderación temporal reportada corresponde a respuesta “FAST”; determinándose adicionalmente los valores de los percentiles 10, 50 y 90 ponderados en “A” y, el micrófono del sonómetro se colocó a una altura de 1,4 m sobre el nivel del piso para la medición. Adicionalmente a los valores exigidos por la norma, para cada punto se obtuvo el Nivel Sonoro Continuo Equivalente ponderado en “C” y el espectro en función de la frecuencia.

Aunado a las mediciones de campo, se realizó una simulación del nivel de fondo a alcanza con la fuente fija en operación. Para este ejercicio se empleó el software de

modelación acústica CadnaA, versión 4.4, de la compañía DataKustik. Este paquete de modelación utiliza la norma industrial ISO 9613-2 (Acoustics- Attenuation of sound during propagation outdoors – Part 2. General method of calculation) para determinar la propagación del sonido. Asimismo, permite el cálculo del comportamiento acústico a partir de la contribución de múltiples fuentes de ruido, basando el procesamiento de datos en los niveles de presión acústica por bandas de octava, la consideración de múltiples reflexiones, la difracción producida por edificios, barreras y obstáculos y la absorción del terreno. Todo lo anterior, en conjunto, hace posible considerar las fuentes, primarias y secundarias, la geometría, la topografía y sus efectos en el modelo de la propagación del sonido.

Los resultados obtenidos, y su análisis e interpretación, en la caracterización de este componente ambiental se incluyen en el apartado IV.2.1.2, capítulo IV, de esta MIA-R.

VIII.2.4 Caracterización de suelos

VIII.2.4.1 Tipos de suelos

Con base en el análisis de las imágenes satelitales se identificaron dos zonas homogéneas del área del predio del proyecto; una de ellas cubierta con vegetación y la otra sin cobertura vegetal. Los tipos de suelo en las superficies requeridas para la ejecución del proyecto en cuestión se determinaron mediante la descripción de perfiles de suelo. Los sitios de muestreo, construido uno en cada una de las zonas diferenciadas del predio, y número de barrenaciones se determinaron de acuerdo a las zonas homogéneas en cuanto a cobertura vegetal encontradas mediante el análisis de las imágenes de satélite y verificación en campo.

En los perfiles de suelo construidos para la caracterización de los suelos en el predio del proyecto se tomaron muestras de suelo de cada uno de los estratos identificados

para sus análisis físico-químicos. Las muestras colectadas se prepararon de acuerdo a las especificaciones establecidas por Cuanalo (1981), para su posterior análisis en el laboratorio. Éstas se analizaron en el Laboratorio Central Universitario del Departamento de Suelos de la Universidad Autónoma Chapingo y los resultados entregados se incluyen en el Anexo IV.

Para la interpretación de los resultados se utilizó como referencia principal la norma oficial mexicana NOM-021-SEMARNAT 2000 Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis, así como artículos científicos publicados en el tema para la región.

VIII.2.4.2 Análisis de peligrosidad del suelo

Se realizó el muestreo del material de dragado dispuesto en el área del predio del proyecto y en su área aledaña para determinar su peligrosidad con base en la norma oficial mexicana NOM-052-SEMARNAT-2005, esto a finales de marzo de 2017. Para ello, se tomaron dos muestras aleatorias dentro del predio, una en el área con vegetación y la otra en el área sin vegetación, y dos más fuera del predio del proyecto donde también se ha dispuesto material dragado.

La toma de las muestras se efectuó por personal técnico especializado de “Laboratorios ABC Química, Investigación y Análisis, S.A. de C.V.” contratado para ello, mismo que cuenta con la acreditación de la Entidad Mexicana de Acreditación, A. C., para la rama de residuos No. R-0091-009/11. En cada uno de los cuatro puntos muestreados se tomó una muestra compuesta para su análisis, dicha muestra se conformó por la toma de tres muestras simples dentro un cuadrado de 1 m², ubicando los sitios de colecta de material al centro y laterales derecho e izquierdo del cuadrante, de donde se tomó el material de los primeros 30 cm del perfil. El material colectado de

los tres sitios de cada cuadrante se mezcló homogéneamente para tomar la muestra final de 1 kg de peso para ser analizada.

Para la interpretación de los resultados se utilizaron como parámetros los valores máximos límite definidos en la norma oficial mexicana NOM-052-SEMARNAT-2005, establece las características, procedimientos de identificación y la clasificación de los residuos peligrosos.

VIII.3. METODOLOGÍA IMPLEMENTADA PARA LA CARACTERIZACIÓN DEL MEDIO BIÓTICO

VIII.3.1 Metodología para la caracterización de la fauna silvestre

VIII.3.1.1 Trabajo de campo

Para conocer la condición de este componente ambiental, se realizó el trabajo de campo respectivo, el cual se llevó a cabo en el área del proyecto y en el SAR delimitado. El trabajo directo de campo tuvo una duración de 13 días efectivos, los cuales estuvieron distribuidos entre diciembre de 2016 y abril de 2017. El criterio principal para la selección y ubicación de los sitios de muestreo se fundamentó en el conocimiento práctico de los expertos en los diferentes grupos taxonómicos, bajo la primicia de asegurar una completa representatividad de los usos de suelo presentes en el SAR y de tener una duración estandarizada de los esfuerzos de muestreo en cada una de ellas.

Con el apoyo de binoculares, cámaras, lámparas y guías de campo especializadas sobre los distintos grupos de vertebrados, se realizaron recorridos diurnos y nocturnos, a pie, para la obtención de registros directos (visuales y capturas) e indirectos (cantos,

rastros de huellas, excretas, huesos, madrigueras, entre otros) de las especies de animales presentes. De manera simultánea se preparó un catálogo fotográfico para la posterior verificación, o en su caso, identificación de los registros visuales obtenidos en el campo. Por otra parte, mediante el uso de GPS Etrex Garmin, se georeferenció (en UTM) la ubicación de las especies listadas en la norma oficial mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. En la Figura VIII-10 se presentan fotografías que muestran las técnicas y equipo empleado en el trabajo de campo para la caracterización de este componente ambiental.

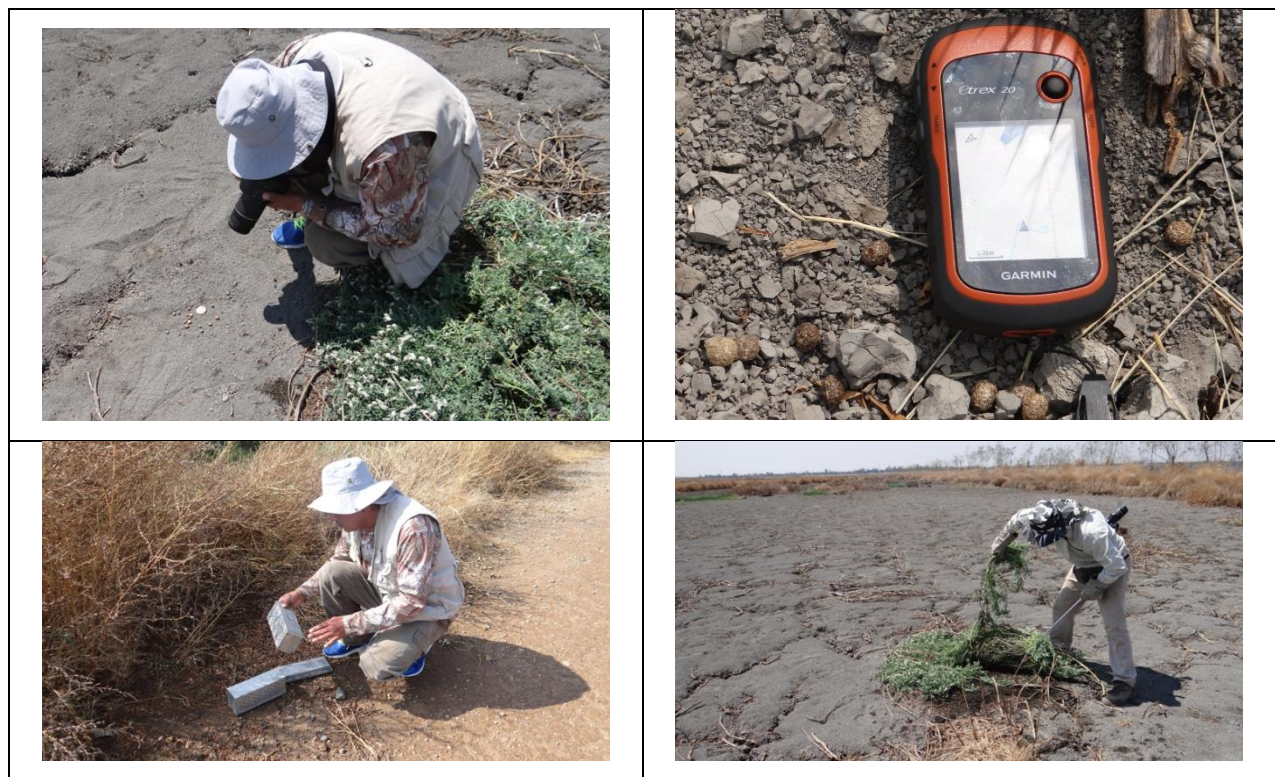


Figura VIII-10. Técnicas de campo aplicadas para la identificación de fauna silvestre presente en el área y SAR del proyecto.

A continuación se describen los métodos de campo empleados para el registro de los distintos grupos de vertebrados considerados en este estudio prospectivo.

Herpetofauna

La búsqueda de anfibios y reptiles en el área de estudio se realizó empleando un método de muestreo consistente en transectos aleatorios a pie, utilizando las técnicas convencionales de recolecta descritas por Casas-Andreu *et al.* (1991). Dichas técnicas consisten en realizar una búsqueda en todos los microhábitat en los que se pueden llegar a encontrar estos organismos: debajo de rocas o troncos secos, dentro de agujeros en la tierra, sobre el suelo, arbustos y árboles. Dado que a medio día las condiciones de temperatura provocan una disminución de la actividad de estas especies, los recorridos de búsqueda se realizaron en dos horarios, de 7:00 a 11:00 h y de 16:00 a 20:00 h.

Para llevar a cabo una adecuada determinación taxonómica de las especies, así como para obtener fotografías de los individuos observados, fue necesaria la captura de algunos de los organismos. El método de captura dependió esencialmente del organismo a recolectar, pudiéndose tomar directamente con la mano o con la ayuda de materiales como ganchos herpetológicos, pinzas de disección de 30 cm, sacos de manta y bolsas de plástico. Para cada uno de los ejemplares observados se tomaron los siguientes datos: nombre de la especie, fecha, coordenadas geográficas y tipo de vegetación en la que se encontró; además se fotografiaron algunas de las especies observadas en la zona de estudio.

La determinación taxonómica de todas las especies observadas en el sitio de muestreo, se realizó con la ayuda de literatura especializada y utilizando las claves taxonómicas de Flores-Villela *et al.* (1995).

Mastofauna

El muestreo de mamíferos se realizó mediante recorridos nocturnos de 1.5 km aproximadamente, en los cuales fue factible obtener registros directos de algunas especies, así como la ubicación de huellas y rastros que posteriormente fueron identificados con ayuda de literatura especializada (Aranda 2000, Ceballos y Oliva 2005) (Figura VIII-10).

Se utilizaron 40 trampas tipo Sherman para la captura de mamíferos pequeños siguiendo los métodos convencionales de colecta científica descritos por Romero-Almaraz *et al.* (2000). En cada área de muestreo se seleccionó una zona al azar donde se colocaron las trampas mediante el método de transecto en línea, a una distancia de 7 a 10 m de separación entre las trampas, mismas que fueron cebadas con avena.

Para el registro de mamíferos medianos y grandes se realizaron recorridos diurnos a lo largo de senderos naturales y brechas, con el fin de coleccionar e identificar rastros (huellas, excretas, pelo y cráneos) y además obtener observaciones directas.

Avifauna

El muestreo de la avifauna se llevó a cabo mediante registros visuales y auditivos; además se obtuvieron registros fotográficos (utilizando una Sony hv 200) que permitieron confirmar la identificación de algunas especies. Para la obtención de los datos de diversidad, se emplearon puntos de conteo intensivos (Ralph *et al.*, 1995), los cuales se situaron entre 70 y 100 m de distancia entre cada uno. El radio de cada punto fue de 25 m aproximadamente y el periodo de tiempo de observación e identificación por cantos fue de 10 minutos por punto muestral. Los puntos de conteo se llevaron a cabo en trazos definidos dentro del área de influencia del proyecto, las observaciones con ayuda de binoculares (7 X 35 UpClose G2 CELESTRON), los registros auditivos se

efectuaron entre las 7:00 y 10:30 h, y de 17:00 a 19:00 h, abarcando así los dos picos de mayor actividad de las aves.

Para la identificación de las aves, así como para determinar su estatus de residencia en la zona, se utilizaron las guías de campo de Howell (1995), Sibley (2000) y las de National Geographic Society (2008); los registros auditivos que también permitieron la identificación de algunas especies de aves fueron cotejados en la base de datos de Xenocanto (<http://www.xeno-canto.org/>). El endemismo se determinó con base en el trabajo de González-García y Gómez de Silva (2003), en tanto que para los criterios taxonómicos se utilizó el *checklist* del American Ornithologist's Union (1998) con sus respectivas actualizaciones.

VIII.3.1.2 Trabajo de gabinete

La información obtenida en campo se sistematizó en hojas de cálculo, siguiendo un orden sistemático y diferenciando entre las especies e individuos observados en cada día de trabajo. Posteriormente, para determinar la riqueza de especies esperadas en el área de estudio —totales y por cada grupo de vertebrados— se emplearon estimadores de riqueza, con base en el número de especies detectadas y en unidades de esfuerzo estandarizadas (días). Estos análisis se llevaron a cabo mediante el programa Species Accumulation vers. β (Díaz-Francés y Soberón 2005). Para determinar la abundancia de las especies se implementó un índice de frecuencia relativa, que consiste en determinar el número promedio de individuos de cada especie observados en un día de trabajo de campo y que se representa de manera porcentual con respecto al total de individuos de las diferentes especies observadas durante el tiempo total invertido en el trabajo de campo.

VIII.3.2 Metodología para la caracterización de la flora silvestre

VIII.3.2.1 Caracterización de la vegetación y usos de suelo en el SAR

Para determinar los diferentes usos de suelo y/o vegetación que se desarrollan en el SAR definido para el proyecto, se consideraron los siguientes pasos:

1. Revisión de información en el SAR definido para el Proyecto: utilizando el SAR que se determinó para el proyecto, se realizó una primera clasificación de usos de suelo y/o vegetación con base en la clasificación del Conjunto de datos vectoriales de recursos forestales escala 1:50,000, del Estado de México (2015). Esta clasificación fue ajustada, en el caso de la vegetación, de acuerdo al sistema nomenclatural de la vegetación de México propuesto por Miranda y Hernández (2014).
2. Recorridos: Apoyados de GPS Garmin etrex, se realizaron recorridos por el SAR para confirmar y determinar la existencia o no de diferentes asociaciones vegetales y usos de suelo.
3. Clasificación final: Cruzando los usos de suelo y/o vegetación, con los recorridos de campo y apoyados en una imagen de satélite de alta resolución se realizó una clasificación final de las asociaciones vegetales y los usos de suelo existentes en el SAR.

VIII.3.2.2 Metodología para la caracterización de la vegetación en el AI

Para caracterizar la vegetación y diferenciar los usos de suelo presentes en la superficie requerida para el desarrollo del proyecto, se consideraron los siguientes pasos:

1. Revisión de información: Una vez obtenido el uso de suelo y/o vegetación a nivel SAR que se determinó para el proyecto, se realizó una sobreposición de este uso de suelo con la superficie total del proyecto, para así obtener el uso de suelo y/o vegetación al interior del área del proyecto.
2. Recorridos: Una vez obtenidos los usos de suelo y/o vegetación al interior del área del proyecto, apoyados de equipo GPS Garmin etrex, se realizaron recorridos por el proyecto para confirmar y/o adecuar los usos de suelo identificados.
3. Levantamiento de sitios de muestreo: Finalmente se realizó la fase de campo (levantamiento de información ecológica), dirigidos sobre las superficies con cobertura vegetal.

Este trabajo se realizó considerando la superficie de cada uno de los componentes del proyecto: camino de acceso, el derecho de vía de la línea de evacuación, subestación y el predio para la planta, lo que en total arroja una superficie total de 43.98 ha.

En los estudios ecológicos, el diseño de muestreo es la parte que requiere mayor cuidado, ya que éste determina el éxito potencial de un experimento, y de éste depende el tipo de análisis e interpretación a realizarse. Para que un muestreo sea lo suficientemente representativo y confiable debe estar bien diseñado. Esto quiere decir que la muestra a tomarse debe considerar la mayor variabilidad existente en toda una población estadística. La representatividad está dada por el número de réplicas a tomarse en cuenta y por el conocimiento de los factores que pueden influir en una determinada variable (Mostacedo y Fredericksen, 2000).

Los muestreos con diseños solo se utilizan en investigaciones experimentales, y no en estudios descriptivos, donde el objetivo final es probar una hipótesis. Un experimento no se puede salvar si el muestreo no tiene un buen diseño; esto quiere decir que los diseños de muestreo deben ser anteriores y no posteriores. Además, el tipo de

muestreo y diseño determina el tipo de análisis estadístico (Mostacedo y Fredericksen, 2000).

Sin embargo, antes de pensar en el diseño y forma de muestreo, es importante hacer una diferenciación entre muestras y poblaciones. Una población es la unidad de la que se quiere obtener información. En cambio, una muestra es una parte elegida que representa un determinado porcentaje de la población y que es la que se utiliza para inferir sobre la población en general (Mostacedo y Fredericksen, 2000).

Existen algunos tipos de muestreo que son muy simples de utilizar, dentro de los que se pueden señalar los siguientes: muestreo aleatorio simple, muestreo aleatorio estratificado y muestreo sistemático (Mostacedo y Fredericksen, 2000). En este caso se decidió utilizar un muestreo aleatorio estratificado, el cual fue dirigido sobre aquellas superficies del proyecto cubiertas por vegetación, ya que es perfectamente aplicable por las siguientes razones:

1. Durante los recorridos que se hicieron por el área del proyecto, previo a la elección del diseño de muestreo, se pudo tener conocimiento de la información de los usos de suelo que se distribuyen en el mismo.
2. El utilizar una subclasificación de la población (asociaciones vegetales) permite obtener una mayor confiabilidad de los resultados.
3. Con la clasificación de usos de suelo y/o vegetación, el diseño también permite obtener información de aquellas superficies cubiertas por asociaciones vegetales, y permite descartar o no aplicar un esfuerzo de muestreo donde de antemano sabemos que no existe información que recopilar.
4. El hecho de ser aleatorio y considerar puntos de muestreo garantiza un menor error de muestreo, puesto que los sitios de muestreo están determinados previo al inicio de los trabajos de levantamiento de información en campo.

El tamaño y forma de sitio muestreado se adaptó considerando que en el área del proyecto solamente se desarrolla un solo estrato, para conferir un mayor tamaño de muestra y una mayor fiabilidad estadística, quedando como sigue:

- 1) Sitios circulares de 1,000 m² (17.84 m de radio), donde se muestrearon todos los individuos presentes en el sitio.
- 2) Los atributos que se consideraron fueron: nombre común y científico, especies presentes y número de individuos por especie.

Para el levantamiento de la información vegetal, se utilizaron formatos previamente elaborados donde se incluyó la información relacionada con los atributos arriba mencionados.

VIII.4 METODOLOGÍA PARA LA IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES ACUMULATIVOS Y RESIDUALES DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL

En el presente estudio la metodología empleada consideró tres niveles. En el primero se identificaron las potenciales interacciones proyecto-ambiente, para posteriormente realizar una caracterización preliminar que permitió el cribado de las mismas, seleccionando aquellas que requirieran de una valoración más detallada. En el segundo nivel se identificaron los principales impactos a través de una matriz de interacciones. Y, en el tercer y último nivel, se efectuó una evaluación de los impactos identificados mediante la utilización del método conocido como *Rapid Impact Assessment Matrix* (RIAM).

VIII.4.1 Identificación y caracterización de impactos

Para este primer nivel, se construyeron árboles de atributos para identificar identificaron todas las acciones a implementarse por elemento y etapa de desarrollo del proyecto, sin diferenciar si fueran o no potenciales generadoras de impactos ambientales. La Figura VIII-11 muestra el resultado de la elaboración de un árbol de actividades elaborado para el proyecto. A la par de la identificación de las acciones, se realizó un ejercicio similar solo que elaborando el árbol de los atributos ambientales potencialmente modificables o no, por factor y componente ambiental.

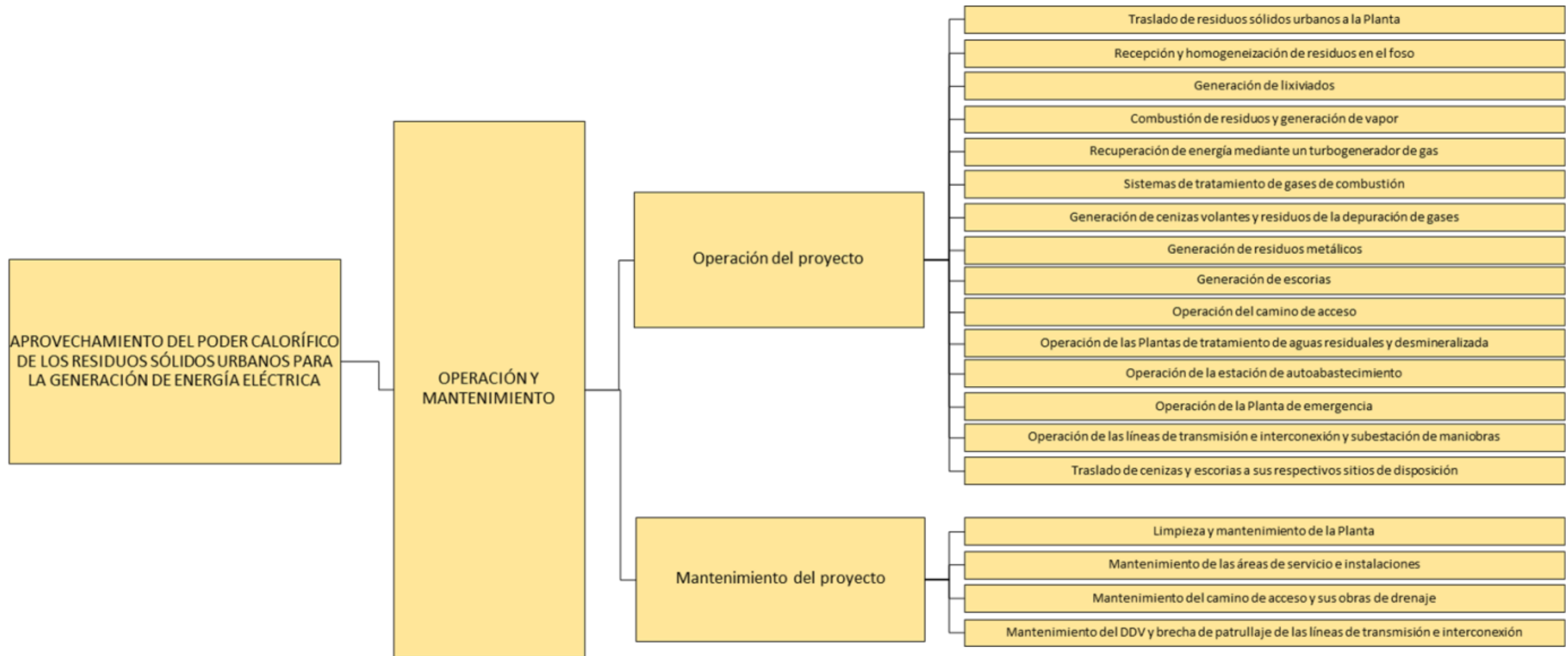


Figura VIII-11. Árbol de actividades del proyecto en la etapa de Operación y Mantenimiento.

VIII.4.2 Matriz de interacciones

En este apartado se identifican las relaciones causa-efecto entre las acciones y los factores señalados como relevantes en los dos puntos anteriores.

Cada relación causa-efecto identifica un impacto potencial cuya significación habrá que estimar después. Estas relaciones no son simples sino que frecuentemente hay una cadena de efectos primarios, secundarios, inducidos, etc. que arrancan en la acción y terminan en los seres vivos, en los bienes materiales y, en suma, en el hombre.

Como se mencionó anteriormente, la matriz se desarrolla con el objeto de establecer relaciones causa-efecto de acuerdo con las características particulares de cada proyecto. Para lograr establecer dichas relaciones, la matriz contiene en sus columnas las etapas del proyecto y sus principales obras o actividades, y en sus filas, los principales factores ambientales sobre los que puede incidir el proyecto y los principales efectos que podrían ejercerse sobre ellos.

Las etapas del proyecto y sus principales obras y actividades constituyen las **Actividades de Proyecto** en la matriz; mientras que los factores del medio susceptibles de recibir impactos se denominaron **Factores y Atributos Ambientales**.

Finalmente, en la matriz, los cruces o interacciones, se identifican exclusivamente con dos símbolos:

- A** Cuando el impacto esperado es adverso
- B** Cuando el impacto esperado es benéfico

En la matriz de interacciones no se califica ninguna otra característica de los posibles impactos, ya que esta tarea se reserva para las matrices de evaluación que se producen utilizando la metodología del RIAM, misma que se establece a continuación.

La Figura VIII–12 muestra la construcción parcial de la matriz de interacciones del proyecto, entre las actividades que pueden generar impactos y los factores y atributos ambientales que los recibirán. La matriz completa para su análisis se muestra completa y clara en el apartado V.3.2 del capítulo V de esta MIA-R.

Cabe aclarar que, en este primer nivel no se calificó ninguna otra característica de los posibles impactos, ya que esta tarea se reserva para las matrices de evaluación que se producen utilizando la metodología del RIAM, como se verá más adelante.

VIII.4.3 Evaluación de los impactos ambientales identificados

Para la evaluación de impactos se utilizó el método conocido como *Rapid Impact Assessment Matrix (RIAM)*, el cual es una herramienta desarrollada por *DHI Water & Environment*. Esta técnica permite tener una visión integral de la problemática ambiental, ya que en el modelo se incluyen todas las acciones propias para la ejecución del proyecto y los factores ambientales que estuvieron involucrados; sólo se consideraron interacciones relevantes.

El método intenta atacar los problemas de trabajar con juicios subjetivos, definiendo criterios y escalas contra los que estos juicios deben ser hechos, colocando los resultados en una matriz simple que permite tener siempre disponible los argumentos utilizados en el proceso.

El RIAM permite completa transparencia en las decisiones que se hacen en una evaluación de impacto ambiental. El método de investigación y evaluación es “holístico”; asimismo, este método es altamente flexible y de mucha utilidad, permitiendo que los resultados de las evaluaciones de actividades específicas puedan ser reevaluadas tiempo después.

El sistema está basado en asignar una puntuación a los elementos que componen el proyecto, contra criterios ya preestablecidos, y evaluar la puntuación final obtenida comparándola con rangos descriptivos de impactos positivos o negativos.

El RIAM es ideal para ser utilizado en proyectos de esta naturaleza porque permite que los datos de diferentes sectores sean analizados con los mismos criterios dentro de una matriz, permitiendo que se tenga una evaluación rápida y clara de los impactos.

El método está basado en la definición estándar de los criterios de importancia de evaluación, a la vez que presenta valores semicuantitativos para cada uno de estos criterios, de manera que se obtiene un resultado preciso e independiente para cada condición.

Los criterios de importancia de evaluación pueden caer en dos grupos:

(A) Criterios que son de importancia para la condición y que cada uno de ellos individualmente puede cambiar el resultado obtenido.

(B) Criterios que son de valor para la situación pero que individualmente no son capaces de cambiar el resultado obtenido.

El valor que le corresponde a cada uno de los componentes se obtiene siguiendo un algoritmo de sencillas operaciones:

$$(a1) * (a2) * \dots (aN) = aT$$

$$(b1) + (b2) + (b3) + \dots (bN) = bT$$

$$(aT) * (bT) = ES$$

Donde:

(a1) a (aN) son las puntuaciones para los criterios individuales del grupo (A).

(b1) a (bN) son las puntuaciones para los criterios individuales del grupo (B).

aT es la multiplicación de todos los resultados del grupo (A).

bT es la multiplicación de todos los resultados del grupo (B).

ES es la puntuación de evaluación de esa condición.

Criterios de importancia para la evaluación

En el grupo (A) se utiliza una escala que puede ir del -5 al 5, según los impactos sean positivos o negativos. El cero significa que no hay cambio en la condición o no tiene importancia.

Para el grupo (B) la escala es distinta y no se utiliza el cero.

Por tanto, se deben definir los criterios para cada uno de los dos grupos (A y B), basados en condiciones fundamentales que pueden ser afectadas con el cambio y que sean aplicables a todo tipo de proyectos. Los criterios iniciales que han sido definidos son:

Grupo (A)

Importancia de la Condición (A1)

Se evalúa contra las fronteras espaciales o contra los intereses humanos que afectaría. La escala se define como:

- 4 = importancia nacional/ intereses internacionales.
- 3 = importancia regional/ intereses nacionales.
- 2 = importancia en las áreas circundantes a la localidad.
- 1 = importancia únicamente en la localidad.
- 0 = no tiene importancia.

Para el caso del presente proyecto —que es evaluado mediante una Manifestación de Impacto Ambiental, modalidad Regional— la escala del *Criterio A1* ha sido ligeramente modificada, adaptándola a las circunstancias del proyecto y tipo de estudio como se describe a continuación:

- 4 = importancia / intereses nacionales.
- 3 = importancia regional (dentro de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México; definida ésta con base en lo establecido en la NOM-043-SEMARNAT-1993).
- 2 = importancia en las áreas circundantes al predio (dentro del SAR delimitado)
- 1 = importancia únicamente en la condición local (dentro del Área del Proyecto, que corresponde a las 43.98 ha de desplante del proyecto en su conjunto).

0 = no tiene importancia

Magnitud del Cambio/Efecto (A2)

La magnitud se define como una medida de la escala de beneficio/des-beneficio de un impacto o condición:

+3 = mayor beneficio positivo.

+2 = mejora significativa del *status quo*.

+1 = mejora del *status quo*.

0 = no hay cambio/*status quo*.

-1 = cambio negativo del *status quo*.

-2 = significativo cambio negativo o des-beneficio.

-3 = mayor des-beneficio o cambio negativo.

Grupo (B)

Permanencia (B1)

La permanencia define si una condición es temporal o permanente, y debe ser visto únicamente desde el punto de vista tiempo.

1 = no cambio/no aplica.

2 = temporal.

3 = permanente.

Reversibilidad (B2)

Define si una condición puede ser cambiada y es una medida sobre el control que se tiene del efecto de la condición. No debe ser confundida o equiparada con la temporalidad:

1 = no cambio/no aplica

2 = reversible

3 = irreversible

Acumulación (B3)

Es una medida de si el efecto va a tener un solo impacto, o si se presentará un efecto de acumulación con el tiempo, o habrá un efecto de sinergia con otras condiciones. No debe ser confundido con una situación permanente/irreversible.

1 = no cambio/no aplica.

2 = no acumulativo/singular.

3 = acumulativo/sinérgico.

Componentes de evaluación

Además de los criterios de importancia, el sistema requiere de componentes específicos de evaluación. Los componentes serán las incidencias sobre los factores ambientales que se dividen en cuatro categorías como sigue:

Físico/Químico (FQ)

Engloba todos los aspectos físicos y químicos del ambiente, incluyendo los recursos naturales no renovables (no biológicos) y la degradación del ambiente físico por contaminación.

Biológico/Ecológico (BE)

Engloba todos los aspectos biológicos del medio ambiente, incluyendo los recursos naturales renovables, la conservación de la biodiversidad, interacciones entre especies y contaminación de la biósfera.

Sociológico/Cultural (SC)

Engloba todos los aspectos humanos del medio ambiente, incluyendo condiciones sociales que afectan a los individuos y a las comunidades; junto con aspectos culturales, incluyendo la herencia cultural y el desarrollo humano.

Económico/Operacional (EO)

Permite identificar de una manera cualitativa las consecuencias económicas la realización del proyecto y del cambio ambiental, tanto temporal como permanente, así como la complejidad del manejo del proyecto dentro del contexto de las actividades del proyecto.

Interpretación de los resultados

La aplicación de la técnica semicuantativa descrita, permite finalmente obtener un valor “ES”, también denominada “Puntuación Ambiental” (Tabla VIII–5). Esa puntuación, según el método, permite clasificar a los impactos o componentes (mediante rangos de valores alfabéticos) en 5 categorías positivas, 5 negativas y una donde no existe variación en el estado actual.

Tabla VIII– 5. Escala de valores y clasificación de los impactos ambientales Rapid Impact Assessment Matrix aplicada en la evaluación de los impactos ambientales del proyecto.

Puntuación Ambiental (ES)	Rango de Valores Alfabético (RB)	Descripción del rango
108 a 72	E	Mayor impacto positivo
71 a 36	D	Alto impacto positivo
35 a 19	C	Impacto positivo significativo
10 a 18	B	Impacto positivo
1 a 9	A	Bajo impacto positivo
0	N	<i>Status quo</i> / No aplicable
-1 a -9	-A	Bajo impacto negativo
-10 a -18	-B	Impacto negativo
-19 a -35	-C	Impacto negativo significativo
-36 a -71	-D	Alto impacto negativo
-72 a -108	-E	Mayor impacto negativo

Finalmente esta técnica permite obtener un valor para cada impacto detectado, y determinar cuáles resultan ser los más críticos o preocupantes para centrar sobre ellos las principales medidas de mitigación del proyecto, que para el caso de una MIA-R se referirán a aquellos considerados como **Acumulativos y Residuales**.

BIBLIOGRAFÍA

- American Ornithologists' Union. (1998). Check-list of North American birds. 7th ed. American Ornithologists' Union, Washington, D.C. 829 p.
- Aranda M. 2000. Huellas y otros rastros de los mamíferos medianos de México. CONABIO. Instituto de Ecología A. C. 212 pp.
- Arizmendi, Ma. y V. L. Márquez, 2000. Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves en México. 2000, 440 pp.
- Arpacik, A., Sari, A., Gündogdu, E., y Baskaya, S., 2016. Effects of roads on wildlife in Azdavay / Kartdag wildlife reserve area. 1st International Symposium of forest Engineering and Technologies (FETEC2016). Bursa, Turquía.
- Arriaga C., L., Espinoza-Rodríguez, J. M., Aguilar-Zúñiga, C., Martínez-Romero, E., Gómez-Mendoza, L., y Loa L., E., 2000. Regiones Terrestres Prioritarias de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 609 p.
- Avendaño M., J.C. 2011. Producción y Conservación de forrajes para la producción de leche y carne. I Congreso ganadero virbac bovinos carne. In: <http://revistaganadero.com/app/webroot/doctos/Ponencia%20MC>. Consultada: Enero, 2012.
- Barker, F. K., Vandergon, A. J. y Lanyon, S. M. 2008. Species status of the Red-shouldered Blackbird (*Agelaius assimilis*): implications for ecological, morphological and behavioral evolution in *Agelaius*. *The Auk* 125(1):87-94
- Barrett, B. S., y Raga, G. B., 2016. Variability of Winter and summer surface ozone in Mexico City on the intraseasonal time scale. *Atmos. Chem. Phys. Discuss.* doi:10.5194.
- Berlanga, H., Gómez de Silva, H., Vargas-Canales V. M., Rodríguez-Contreras, V., Sánchez-González. L. A., Ortega-Álvarez, R. y L. Calderón-Parra, 2015. Aves de México: Lista actualizada de especies y nombres comunes. CONABIO, México, D.F.
- Berlanga, H., Kennedy, J. A., Rich, T. D., Arizmendi, M. C., Beardmore, C. J., Blancher, P. J., Butcher, G. S., Couturier, A. R., Dayer, A. A., Demarest, D. W., Easton,

- W. E., Gustafson, M., Iñigo-Elias, E., Krebs, E. A, Panjabi, A. O., Rodríguez-Contreras, V., Rosenberg, J. M., Ruth, J. M., Santana-Castellón, E., Ma Vidal, R. y T. Will. 2010. Conservando a nuestras aves compartidas: La visión trinacional de Compañeros en Vuelo para la conservación de las aves terrestres. Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, New York, USA, 49 pp.
- Bowles, A. E., 1995. Responses of wildlife to noise. En: Wildlife and recreationists: coexistence through management and research. Richar L. Knight y Kevin J. Gutzwiller Editores. 371 p.
- Calderón de R, G., Rzedowski, J., y colaboradores 2005. Flora fanerogámica del Valle de México. 2a. ed., 1a reimp., Instituto de Ecología, A.C. y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Pátzcuaro, Michoacán. 1406 p.
- Calvert, A. M., C. A. Bishop, R. D. Elliot, E. A. Krebs, T. M. Kydd, C. S. Machtans, y G. J. Robertson. 2013. A synthesis of human-related avian mortality in Canada. Avian Conservation and Ecology 8(2): 11. <http://dx.doi.org/10.5751/ACE-00581-080211>.
- Casas Andreu, G., Valenzuela-López, G., y Ramírez-Bautista, A., 1991. Como hacer una colección de Anfibios y Reptiles. Cuadernos del Instituto de Biología 10. Univ. Nac. Aut. Méx. 68 pp.
- Ceballos, G., y Oliva, G., 2005. Los mamíferos silvestres de México. Conabio -Fondo de Cultura Económica, México.
- CENAPRED, 2001a. Diagnóstico de peligros e identificación de riesgos de desastres en México. Atlas nacional de riesgos de la república mexicana. En: <http://www.cenapred.unam.mx/es/DocumentosPublicos/PDF/SerieEspecial/diagnostico.pdf>. Consultado: Abril, 2017.
- CENAPRED, 2001b. Serie fascículos: Heladas. Secretaría de Gobernación. En: <http://www.cenapred.unam.mx/es/DocumentosPublicos/PDF/SerieFasciculos/heladas.pdf>. Consultado: Abril, 2017.
- Challenger, A., 1998. Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México. Pasado, presente y futuro. Editores: Conabio, Instituto de Biología UNAM, Agrupación Sierra Madre, S.C. 847 p.

- Chávez A., J. M., 2008. Atlas multidisciplinario y de riesgo geotécnico de la zona conurbada al norponiente del Valle de México. En: [http://www.ai.org.mx/ai/archivos/coloquios/5/Atlas Multidisciplinario y de Riesgo Geotecnico de la Zona Conurbada.pdf](http://www.ai.org.mx/ai/archivos/coloquios/5/Atlas_Multidisciplinario_y_de_Riesgo_Geotecnico_de_la_Zona_Conurbada.pdf). Consultada: Marzo, 2017.
- Chesser, R. T., Burns, J. K., Cicero, C., Dunn, J. L. Kratter, A. W., Lovette, I. J., Rasmussen P. C., Remsen Jr, J. V., Rising, J. D., Stotz, D. F. & K. Winker. (2016). Fifty-seventh Supplement to the American Ornithologists' Union Checklist of North American Birds. *The Auk*, 133: 544-560
- CIDAC-COPARMEX. 2014. Diagnóstico de la situación energética en el Distrito Federal: Retos, pendientes y potencialidades.
- Colon-Quezada, D. 2012. Variación genética poblacional del Pato Mexicano (*Anas diazi*), Tesis de Maestría, Instituto de Biología, UNAM, Ciudad de México.
- CONABIO, 2002. Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICAS), conabioweb.conabio.gob.mx/aicas/doctos/aicasmapa.html
- CONAGUA 2015. Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Texcoco (1507), Estado de México. Diario Oficial de la Federación, 20 de abril de 2015.
- CONAGUA, 2002a. Determinación de la disponibilidad de agua en el acuífero Texcoco, Estado de México. En: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/103138/DR_1507.pdf. Consultado: Marzo, 2017.
- CONAGUA, 2002b. Determinación de la disponibilidad de agua en el acuífero Cuautitlán-Pachuca, Estados de México e Hidalgo. En: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/103139/DR_1508.pdf. Consultado: Marzo, 2017.
- CONAGUA, 2015. Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Zona Metropolitana de la Cd. de México (0901), Distrito Federal. Diario Oficial de la Federación. 28 p.
- CONAPO, 2012. Índice de intensidad migratoria México – Estados Unidos 2010: Anexo B Índices de intensidad migratoria México – Estados Unidos por entidad federativa y municipio. En:

http://www.conapo.gob.mx/swb/CONAPO/Indices_de_intensidad_migratoria_Mexico-Estados_Unidos_2010. Consultada: Mayo, 2017.

Consejo Consultivo del Agua, A.C. (2017). Consulta en línea disponible en: <http://www.aguas.org.mx/sitio/index.php>

Consejo Nacional de Población, Fundación BBVA Bancomer y BBVA Research, 2012. Anuario de migración y remesas México 2013. 1^{ra}. Edición. México. 111 p.

Consejo Nacional de Población, Fundación BBVA Bancomer y BBVA Research, 2015. Anuario de migración y remesas, México 2016. CONAPO-Fundación BBVA Bancomer-BBVA Research, 1^{ra}. Edición. México. 160 p.

Cortez-Arriola, J., Groot, C.J., Améndola M., R.D., Scholberg, J.M.S., Mariscal A., D. V., Tittonell. P., and Rossing, W.A.H., 2014. Resource use efficiency and farm productivity gaps of smallholder dairy farming in North-west Michoacán, Mexico. *Agricultural Systems* 126: 15 – 24.

Cuanalo de la C., H., 1981. Manual para la descripción de perfiles de suelo en el campo. 2^a edición. Colegio de Posgraduados. Chapingo, Edo. de México. 40 p.

De Lucas, M.; Janss, G.F.E.; Ferrer, M. (Ed.), 2007. Birds and wind farms: risk assessment and mitigation. Quercus: Madrid. ISBN 978-84-87610-18-9. 275 pp.

de Sucre-Medrano, A. E., Cervantes-Zamudio, O., Ramírez-Bastida, P. y S. Gómez del Ángel. 2011. Notas sobre la biología reproductora del chorlo nevado (*Charadrius nivosus*) en el lago de Texcoco, México. *Huitzil* 12, 32–38

de Sucre-Medrano, A. E., P. Ramírez-Bastida, H. Gómez-de Silva y S. Ramírez-Varela. 2009. Aves, In: La diversidad biológica del Estado de México: estudio de estado, G. Ceballos, R. List, G. Garduño, R. López, M. Quintanar, E. Collado y J. E. San Román (comps.). Conabio, Gobierno del Estado de México. p. 131-144

Demant, A., 1978. Características del Eje Neovolcánico Transmexicano y sus problemas de interpretación. *Revista Instituto de Geología* 2 (2): 172 – 187.

DHI Water y Environment. 2011. RIAM V. Basic © An Environmental Impact Assessment tool. Consulta en línea disponible en: <http://www.dhigroup.com/SolutionSoftware/RIAM.aspx>

- Díaz-Francés, E., y Soberón, J., 2005. Statistical estimation and model selection of species accumulation functions. *Conservation biology* 19: 569 – 574.
- Ducks Unlimited, 2017. Consultado en línea el 18 de Junio de 2017, <http://www.ducks.org/conservation/where-ducks-unlimited-works/waterfowl-migration-flyways>
- Eava, J., Lehtikoinen, E. y J. Nurmi, 1994. Effects of ectoparasites on breeding success of Great Tits (*Parus major*) and Pied Flycatchers (*Ficedula hypoleuca*) in a heavy metal pollution gradient. *Canadian Journal of Zoology*, 72:624-635
- Eeva, T., Lehtikoinen, E. y M. Ronka, 1998. Air pollution fades the plumage of the Great Tit. *Functional Ecology* 12:607-612
- Erickson, W. P., G. D. Johnson, Y Young, D. P. Jr. 2005. A summary and comparison of bird mortality from anthropogenic causes with an emphasis on collisions. In *Bird Conservation Implementation and Integration in the Americas: Proceedings of the Third International Partners in Flight Conference* (C. J. Ralph and T. D. Rich, Editors). USDA Forest Service General Technical Report PSW-GTR-191, pp.1029–1042
- Espinosa G., F. J., y Sarukhán, J., 1997. Manual de malezas del Valle de México. Claves, descripciones e ilustraciones. Universidad Nacional Autónoma de México. Fondo de Cultura Económica. México, D.F.
- FAOSTAT. 2017. FAO statistical databases. En: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/OA>. Consultado: Mayo, 2017.
- Ferrari, L., Orozco-Esquivel, T., Manea, V., y Manea, M., 2012. The dynamic history of the Tans-Mexican Volcanic Belt and the Mexico subduction zone. *Tectonophysics* 522 – 523: 122 – 149.
- Flores-Villela, O., y Gerez, P., 1994. Biodiversidad y conservación en México: vertebrados, vegetación y uso de suelo. CONABIO-UNAM, México, 220 pp.
- Francis, C. D., Ortega, C. P., y Cruz, A., 2009. Noise pollution changes avian communities and species interactions. *Current Biology* 19: 1415 – 1419 p.
- Francis, C. D., y Barber, J. R., 2013. A framework for understanding noise impacts on wildlife: an urgent conservation priority. *Front Ecol Environ* 11 (6): 305 – 313 p.

- Galán H., E., y Romero B., A., 2008. Contaminación de suelos por metales pesados. Revista de la Sociedad Española de Mineralogía Maca 10: 48 – 60.
- Galindo C., E., Otazo S., E. M., Reyes G., L. R., Arellano I., S. M., Gordillo M., A., González R., C. A., 2010. Balance hídrico y afectaciones a la recarga para el año 2021 en el acuífero Cuautitlán Pachuca. GeoFocus (Informes y comentarios) 10: 65 – 90.
- García, E., 2004. Modificación al sistema de clasificación climática de Köppen: Para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. Universidad Nacional Autónoma de México. 90 p.
- Gómez de Silva, H. 2001. Reglas de ensamble generales en las comunidades de aves. Tesis de Doctorado, Instituto de Ecología, UNAM, Ciudad de México.
- Gómez del Ángel, S., Palacios-Castro, E. y A. E. De Sucre-Medrano, 2015. Forster's Tern (*Sterna forsteri*) breeding inland near Mexico City, Mexico. Waterbirds 38(4):427-430
- Gómez O., D., 1999. Evaluación del Impacto Ambiental: Un instrumento preventivo para la gestión ambiental. Ediciones Mundi-Prensa. Editorial Agrícola Española, S.A. España.
- Gómez Orea, D. 2003. Evaluación de impacto ambiental: un instrumento preventivo para la gestión ambiental. 2a ed. Mundi-Prensa, Madrid. 749 pp.
- Gómez-Tuena, A., Orozco-Esquivel, M. T., y Ferrari, L., 2005. Petrogénesis ígneas de la Faja Volcánica Transmexicana. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana Tomo LVII (3): 227 – 283.
- González T., E. A., Morán Z., D. J., Mori, L., y Martiny, B. M., 2015. Revisión de los últimos eventos magmáticos del Cenozoico del sector norte – central de la Sierra Madre del Sur y su posible conexión con el suelo profundo de la Cuenca de México. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana 67 (2): 285 – 297.
- González–García, F. y H. Gómez de Silva, H., 2003. Especies endémicas: riqueza, patrones de distribución y retos para su conservación. En Conservación de aves: experiencias en México, H. Gómez de Silva y A. Oliveras de Ita. (eds.). CIPAMEX/CONABIO/NFWF, México, D. F. 150 – 194 p.

- González-García, F. y H. Gómez de Silva. 2002. Especies endémicas: riqueza, patrones de distribución y retos para su conservación. En: Gómez de Silva, H. y A. Oliveras de Ita. (Eds). Conservación de aves: experiencias en México. CIPAMEX, México, D. F.
- Graveland, J. 1990. Effects of acid precipitation on reproduction in birds. *Experientia* (Basel), 46:962-970
- Gutiérrez C., M. del C., y Ortiz S., C. A., 1992. Caracterización de los suelos antropogénicos con problemas de labranza en el ex-lago de Texcoco. *Agrociencia* Vol. 3 (2): 29 – 47.
- Hernández C., M. G., 2013. Hidrología de los ríos del oriente del Valle de México y funcionamiento hidráulico en conjunto con el lago de Texcoco. Tesis para obtener el grado de especialista en hidráulica. Universidad Nacional Autónoma de México. 112 p.
- Hornfieldt, B. y N. E. I. Nyholm, 1996. Breeding performance of Tengmaln's Owl in a heavy metal pollution gradient. *Journal of Applied Ecology* 33:377-386
- Howell, S. N. G. y S. Webb, 1995. A guide to the birds of Mexico and Northern Central America. Oxford University Press, 851 pp
- Howell, S.N.G. 1995. A bird-finding guide to Mexico. Cornell University Press. Ithaca, Nueva York, EUA.
- IARC (International Agency for Research on Cancer). 1997. Polychlorinated dibenzo-para-dioxins and polychlorinated dibenzofurans. IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Vol. 69. Lyon: International Agency for Research on Cancer, 1997. ISBN 92 8321269 X.
- INEGI, 2001. Síntesis de información geográfica del Estado de México. En: internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod-serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/historicos/2014. Consultada: 28 de marzo de 2017.
- INEGI, 2016a. Panorama sociodemográfico de Ciudad de México 2015. Aguascalientes, México. En: <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/encuestas/hogares/especiales/ei2015/panorama/presentacion.aspx>. Consultada: Mayo, 2017.

- INEGI, 2016b. Panorama sociodemográfico de Estado de México 2015. Aguascalientes, México. En: <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/encuestas/hogares/especiales/ei2015/panorama/presentacion.aspx>. Consultada: Mayo, 2017.
- INEGI, 2016c. Panorama sociodemográfico de México 2015. Aguascalientes, México. En: <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/encuestas/hogares/especiales/ei2015/panorama/presentacion.aspx>. Consultada: Mayo, 2017.
- IUSS Grupo de Trabajo WRB, 2007. Base Referencial Mundial del Recurso Suelo. Primera actualización 2007. Informes sobre Recursos Mundiales de Suelos No. 103. FAO, Roma. 117 p.
- Jáuregui O., E., 2000. El Clima de la Ciudad de México. Temas Selectos de Geografía de México. Instituto de Geografía-UNAM. Plaza y Valdés-Editores. México. 131 p.
- Jenny, H., 1994. Factors of soil formation: A system of quantitative pedology. Dover Publication, INC. New Yor, U.S.A.
- Kroodsma, D. y D. Brewer. 2017. Marsh Wren (*Cistothorus palustris*). In: del Hoyo, J., Elliot, A., Sargatal, J., Christie, D. A. y de Juana, E. (eds). Handbook of the Birds of the World Alive. Lynx Edicions, Barcelona (retrieved from <http://www.hbw.com/node/58118> on 18 June 2017).
- Lara G., F., 2001. Informe Climatológico Ambiental del Valle de México 2006. Gobierno del Distrito Federal. En: http://www.aire.cdmx.gob.mx/descargas/publicaciones/gestion-ambiental-aire-memoria-documental-2001-2006/descargas/informe_climatologico_ambiental_cuenca_valle_mexico_2001.pdf. Consultado: Marzo, 2017.
- Li, Z., y Fang, H., 2016. Impacts of climate change on water erosion: A review. Earth-Science Reviews 163: 94 – 117.
- Lovett, R. A. 2012. How birds are used to monitor pollution. Nature, doi:10.1038/nature.2012.11848
- Magaña, V., y Caetano, E., 2007. Identificación de cuencas atmosféricas en México. Dirección General de Investigación sobre la Contaminación Urbana y

Regional (DGICUR) y Dirección de Investigación sobre la Calidad del Aire (DICA). INE-UNAM. En: http://www.inecc.gob.mx/descargas/calaire/2007_inf_cuencas.pdf. Consultado: Marzo, 2017.

Magurran, A. E., 1988. Ecological diversity and its measurement. Princeton University Press.

Manzano Fischer, P.R. List, J.L. Cartron, R. Sierra y E. Ponce. 2007. Electrocutación de aves en líneas de distribución de energía eléctrica den México. Biodiversitas 72: 11-15.

Martínez, M. A., De la Torre, A., Fabrellas, R. B., Sanz, C. P., Navarro, I. Ruíz, M. L. y M. A. Concejero. 2016. Tecno ambiente: Revista profesional de tecnología y equipamiento de ingeniería ambiental, ISSN1133-4665, Año nº 16, Nº 163, 2006, Págs.40-44.

Mestre S., V., S/F. Contaminación por ruido. Escuela de Organización Industrial. En: <https://www.eoi.es/es/file/18609/download?token=mNmUGNpP>. Consultado: Abril, 2017.

Mimún, M. F. 2015. Evaluación de los impactos ambientales de una incineradora de residuos sólidos urbanos con recuperación de energía mediante el análisis de ciclo de vida. Tesis doctoral. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial. Universidad de Málaga, España.

Miranda, F. y Hernández-X, E., 2014. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. Fondo de Cultura Económica y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. D.F., México.

MMA. (Ministerio de Medio Ambiente). 2011. Mejores Técnicas Disponibles de referencia europea para Incineración de Residuos. Documento BREF. ISBN: 978-84-491-1147-1.

Morrison, M. L. 1986. Bird populations as indicators of environmental change. Current Ornithology 3:429-451

Mostacedo, B., y Fredericksen, T. S., 2000. Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal. BOLFOS. Santa Cruz, Bolivia. 87 p.

Mostacedo, B., y Fredericksen, T. S., 2000. Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal. BOLFOS. Santa Cruz, Bolivia. 87 p.

- Muciño, D., 2001. Sistemas integrados de tratamiento y uso de aguas residuales en América Latina: Realidad y Potencial. Estudio General de caso lago de Texcoco, México. En: <http://www.bvsde.paho.org/bvsaar/e/proyecto/generales/casos/textcoco.pdf>. Consultada: Marzo, 2017.
- Navarro, A. G., Peterson, A. T., and A. Gordillo-Martínez, 2003. Museums working together: The Atlas of the Birds of Mexico. In Collar, N., Fisher, C., and Feare, C. (Eds.), Why museums matter: avian archives in an age of extinction. Bulletin British Ornithologists' Club Supplement 123A. Pp. 207- 225.
- Navarro-Sigüenza, A. G. y A. T. Peterson, 2004. An alternative species taxonomy of the birds of Mexico. Biota Neotropica 4(2):1-32
- Navarro-Sigüenza, A. G., Rebón-Gallardo, Ma. F., Gordillo-Martínez, Peterson, A. T., Berlanga-García, H. y L. A. Sánchez-González. 2013. Biodiversidad de Aves de México. Revista Mexicana de Biodiversidad 84:1-18
- OECD, 2010. Education at a glance 2010. OECD Publishing, Paris. En: http://www.oecd-ilibrary.org/education/education-at-a-glance_19991487. Consultado: Mayo, 2017.
- OECD, 2016. Education at a glance 2016. OECD Publishing, Paris. En: http://www.oecd-ilibrary.org/education/education-at-a-glance_19991487. Consultado: Mayo, 2017.
- OMS, 2006. Guías para la calidad del agua potable: Primer apéndice a la Tercera Edición. En: http://who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_full_lowsres.pdf?ua=1. Consultada: Abril, 2017.
- Organización Mundial de la Salud. 2014. Las dioxinas y sus efectos en la salud humana. Nota descriptiva N°225. <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs225/es/>
- Pastakia, C. 1998. The Rapid Impact Assessment Matrix (RIAM). A new tool for environmental tool assessment, In: Kurt Jensen (ed), Environmental Assessment Matrix (RIAM), Oslon y Oslon, Fredensborg, Denmark.

- Patten, M. A. y C. L. Pruett. 2009. The Song Sparrow, *Melospiza melodia*, as a ring species: patterns of geographic variation, a revisión of subspecies, and implications for speciation. *Systematics and Biodiversity* 7(1):33-62
- Peakall, D. 1992. *Animal Biomarkers as Pollution Indicators*, Chapman & Hall, London
- Pérez L., J. M., 2011. Manual para determinar la calidad del agua para riego agrícola. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Veracruzana. 41 p.
- Peris, S. J., y Pescador, M., 2004. Effects of traffic noise on passerine populations in mediterranean wooden pastures. *Applied Acoustics* 65: 357 – 366 p.
- Peterson, T. A. y A. Navarro-Sigüenza. 2006. Hundred-year changes in the Avifauna of Valley of Mexico, Distrito Federal, México. *Huitzil* 7:4-14
- Prüss-Üstün, A., y Corvalán, C., 2006. Ambientes saludables y prevención de enfermedades: Hacia una estimación de la carga de morbilidad atribuible al medio ambiente. Organización Mundial de la Salud. En: http://www.who.int/quantifying_ehimpacts/publications/previsdisexecsumsp.pdf . Consultado: Mayo, 2017.
- Ramamoorthy, T. P., Bye, R., Lot, A., y Fa, J., 1998. Diversidad biológica de México: orígenes y distribución. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F. p. 129- 145.
- Raph, C. J., Sauer, J. R., y Droege, S., 1995. Monitoring bird populations by point counts. Gen. Tech. Report PSW-GTR-149. USDA Forest Service. Albany, CA. 187 pp.
- Renard, K. G., Foster, G. R., Weesies, G. A., McCool, D. K., y Yoder, D. C., 1997. Predicting soil erosion by water: A guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE). USDA, Agriculture Handbook Number 703. 384 p.
- Reyes J., I., 2014. Una ojeada a la clasificación del suelo. *Contactos* 91: 30 – 40.
- Robbins, M. B y A. S. Nyári, Canada to Tierra del Fuego: species limits and historical biogeography of the Sedge Wren (*Cistothorus platensis*). Unpublished

- Rzedowski, G. C. de y Rzedowski, J., 2001. Flora fanerogámica del Valle de México. 2a ed. Instituto de Ecología y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Pátzcuaro, Michoacán, México.
- Sánchez Gelabert, J. I.; Núñez Navarro, E.; Navalón Madrigal, P.; Valor Herencia, I., 2008. "Compuestos orgánicos persistentes en la región de Murcia (i): pesticidas organoclorados- PCBs - dioxinas y furanos". Dep. Legal: MU-2.208-2008. I.S.B.N.: 978-84-691-6378-8.
- Scheuhammer, A. M. 1987. The chronic toxicity of aluminium, cadmium, mercury, and lead in birds: A review. *Environmental Pollution* 46:263-295
- Secretaría de Medio Ambiente del Distrito Federal, 2015. Calidad del aire en la Ciudad de México: informe 2014. Dirección General de Gestión de la Calidad del Aire, Dirección de Monitoreo Atmosférico. México, D.F. 120 p.
- Segura C., M. A., Gutiérrez C., M. del C., Ortiz S., C. A., y Gómez D., D. J., 2000. Suelos arcillosos de la zona oriente del Estado de México. *Terra* 18 (1): 35 – 44.
- SEMARNAT-CONAGUA, 2012a. Programa hídrico regional visión 2030. Región Hidrológica-Administrativa XIII Aguas del Valle de México. 227 p.
- SEMARNAT-CONAGUA, 2012b. Estadísticas del agua de la Región Hidrológica-Administrativa XIII. En: <https://www.agua.org.mx/.../2607-estadisticas-del-agua-de-la-region-hidrologico-adminitrativa...> Consultado: Abril, 2017.
- SEMARNAT-CONAGUA, 2015. Atlas del agua en México 2015. Comisión Nacional del Agua. 135 p.
- Sibley, D.A., 2000. The Sibley guide to birds. Alfred A. Knopf. Nueva York, EUA.
- TAAF 2017. Estudio Hidrológico para Recolección y Disposición de Aguas Pluviales en el Centro de Gestión Integral de Residuos Sólidos de la Ciudad de México. Marzo de 2017.
- Tagore, R., 2008. Características edafológicas, fisiográficas, climáticas e hidrográficas de México. En: http://www.inegi.org.mx/inegi/spc/doc/internet/1-geografiademexico/manual_carac_eda_fis_vs_enero_29_2008.pdf. Consultado: Abril, 2017.

- Tépach M., R., 2015. El flujo migratorio internacional de México hacia los Estados Unidos y la captación interna de las remesas familiares, 2000 – 2015. Dirección General de Servicios de Documentación, Información y Análisis de la Cámara de Diputados. En: <http://www.diputados.gob.mx/sedia/sia/se/SAE-ISS-07-15.pdf>. Consultado: Abril, 2017.
- UN (United Nations), 2006. World urbanization prospects: The 2005 revision. Department of Economic and Social Affairs, Population Division. United Nations, New York. 196 p.
- Valles-Rosales, E. 1986. Estudio de algunos aspectos de la ecología de las aves de ribera en el ExLago de Texcoco. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM, Ciudad de México.
- Villaseñor R., J. L., y Espinosa G., F. J., 1998. Catálogo de malezas de México. Universidad Nacional Autónoma de México. Consejo Nacional Consultivo Fitosanitario. Fondo de Cultura Económica. México, D.F.
- Von Bertalanffy, Ludwig. 1987. Teoría General de los Sistemas. En: http://www.cime.cl/archivos/ILI260/4958_tgsbertalanffy.pdf. Consultado: Marzo, 2017.
- WHO, 1999. Guidelines for community noise. Geneva. En: <http://whqlibdoc.who.int/hq/1999/a68672.pdf>. Consultado: Abril, 2017.
- WHO/UNEP, 1992. Urban air pollution in megacities of the world. World Health Organization – United Nations Environment Programme. Blackweel, Oxford. 230 p.
- World Health Organization Regional Office for Europe. 2007. Population health and waste management: scientific data and policy options. Report o f a WHO workshop Rome, Italy, 29-30 March 2007.
- Xix A., G. R., 2010. Estado actual y futuro de la cartografía de suelos en México. 1^{er} Taller latinoamericano global Globalsoilmap.net. Consultado en: http://eusoils.jrc.ec.europa.eu/Library/Maps/LatinAmerica_Atlas/Meeting2010/08Sep/9_Mexico.pdf.