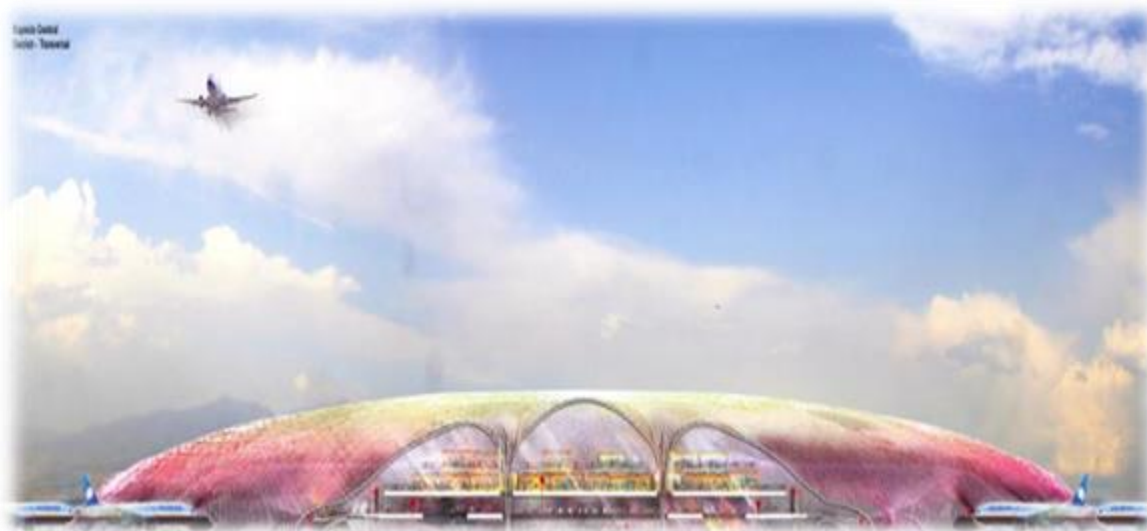


## PLAN DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA

### NUEVO AEROPUERTO INTERNACIONAL DE LA CIUDAD DE MÉXICO



## ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
II.	OBJETIVOS .....	2
III.	METAS .....	3
IV.	ALCANCES .....	4
V.	PROYECTO .....	5
VI.	PROGRAMA DE ACTIVIDADES .....	24
VII.	NOTAS GENERALES .....	32
IX.	BIBLIOGRAFÍA.....	33

## I. INTRODUCCIÓN

Una parte sustancial del proyecto "Nuevo Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México" (Proyecto) son las actividades encaminadas a la restauración ecológica del predio, la cual se define como el proceso de recuperar integralmente un ecosistema que se encuentra parcial o totalmente degradado, en cuanto a su estructura vegetal, composición de especies, funcionalidad y autosuficiencia, hasta llevarlo a condiciones semejantes a las presentadas originalmente (Bradshaw 1987, Ewel 1987, Jordan III et al. 1987, Meffé y Carroll 1996).

Para cumplir con lo anterior se abordan las consideraciones necesarias para una estrategia de restauración activa, que incluye planes de seguimiento y desarrollo de indicadores, los cuales se abordan desde un enfoque multidisciplinario con el fin de evitar la pérdida de biodiversidad y de los servicios ambientales que derivan del ecosistema. Esto se logra integrando las perspectivas ecológica, social y económica, para garantizar la permanencia y estabilidad a largo plazo de los procesos ecológicos y evolutivos.

Toda vez que el Proyecto y la planeación de desarrollo en la zona Oriente de la Ciudad de México aún no se concluye, se definió el área de restauración ecológica en función de las áreas de amortiguamiento que no se verán afectadas por las instalaciones o edificaciones del Nuevo Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México (NAICM), las cuales se ubicaron mediante georreferenciación en Google Earth.

Es importante mencionar que este Plan forma parte integral del Plan de Manejo Ambiental del proyecto "Nuevo Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México".

## II. OBJETIVOS

### II.1 Objetivo General

Implementar un Plan de Restauración Ecológica que oriente y promueva la recuperación y rehabilitación de zonas que puedan verse afectadas por el desarrollo del proyecto "Nuevo Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México", con el fin de lograr una distribución equitativa de beneficios, conservando la biodiversidad biológica y la sostenibilidad y mantenimiento de bienes y servicios ambientales.

### II.2 Objetivos Específicos

1. Realizar un Diagnóstico que integre los aspectos bióticos, socioeconómicos, y culturales de la superficie que ocupará el NAICM con la finalidad de identificar los procesos ecológicos críticos.
2. Identificar, a nivel general, el estado actual de los recursos, agua, aire, fauna y flora del área en estudio.
3. Establecer el origen y el grado de los impactos ambientales identificados en el área.
4. Recopilar la información para el ecosistema en cuestión, previa a la alteración que se haya generado.
5. Realizar una descripción detallada de la composición de especies y la estructura vegetal de las áreas mejor conservadas del ecosistema en cuestión, o de los remanentes que conserven una mayor semejanza con las áreas afectadas.
6. Identificar las variables indicadores de la recuperación del ecosistema.
7. Para el monitoreo de la restauración ecológica del ecosistema se conformará un equipo de trabajo con especialistas de instancias gubernamentales así como asociaciones que cuenten con los conocimientos y la experiencia necesarias al haber trabajado en el Ex-Lago de Texcoco.

### **III. METAS**

1. Recuperar integralmente el ecosistema que se encuentra parcial o totalmente degradado en cuanto a su estructura vegetal, composición de especies, funcionalidad y autosuficiencia, hasta llevarlo a condiciones semejantes a las presentadas originalmente.
2. Asistir el recubrimiento vegetal y el manejo de la integridad biológica en el contexto regional e histórico y en las prácticas culturales sostenibles.

#### **IV. ALCANCES**

Desarrollar un Plan de Restauración Ecológica que contenga:

1. El diagnóstico que integre los aspectos bióticos, socioeconómicos, y culturales del área que ocupará el nuevo aeropuerto de la Ciudad de México con la finalidad de definir el grado de modificación que sufrieron las características intrínsecas del ecosistema como su elasticidad, resiliencia, resistencia, fragilidad, la composición de especies, estructura y funcionalidad entre otras.
2. La técnica o técnicas para llevar a cabo la restauración ecológica del área.
3. El requerimiento de personal para el desarrollo de las técnicas de restauración, y
4. La calendarización de las actividades a realizar.

## V. PROYECTO

### Ubicación del Proyecto

El proyecto denominado "Nuevo Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México" que Grupo Aeroportuario de la Ciudad de México, S. A. de C.V. (GACM) pretende llevar a cabo, tiene como objetivo principal la creación de un nuevo aeropuerto, en los municipios de Texcoco y Atenco, Estado de México. Limitando al Norte por el depósito de evaporación solar "El Caracol", al Sur por la carretera Peñón Texcoco, al Este por tierras de cultivo, y al Oeste por áreas urbanizadas del municipio de Ecatepec de Morelos (Figura 1 y Figura 2).

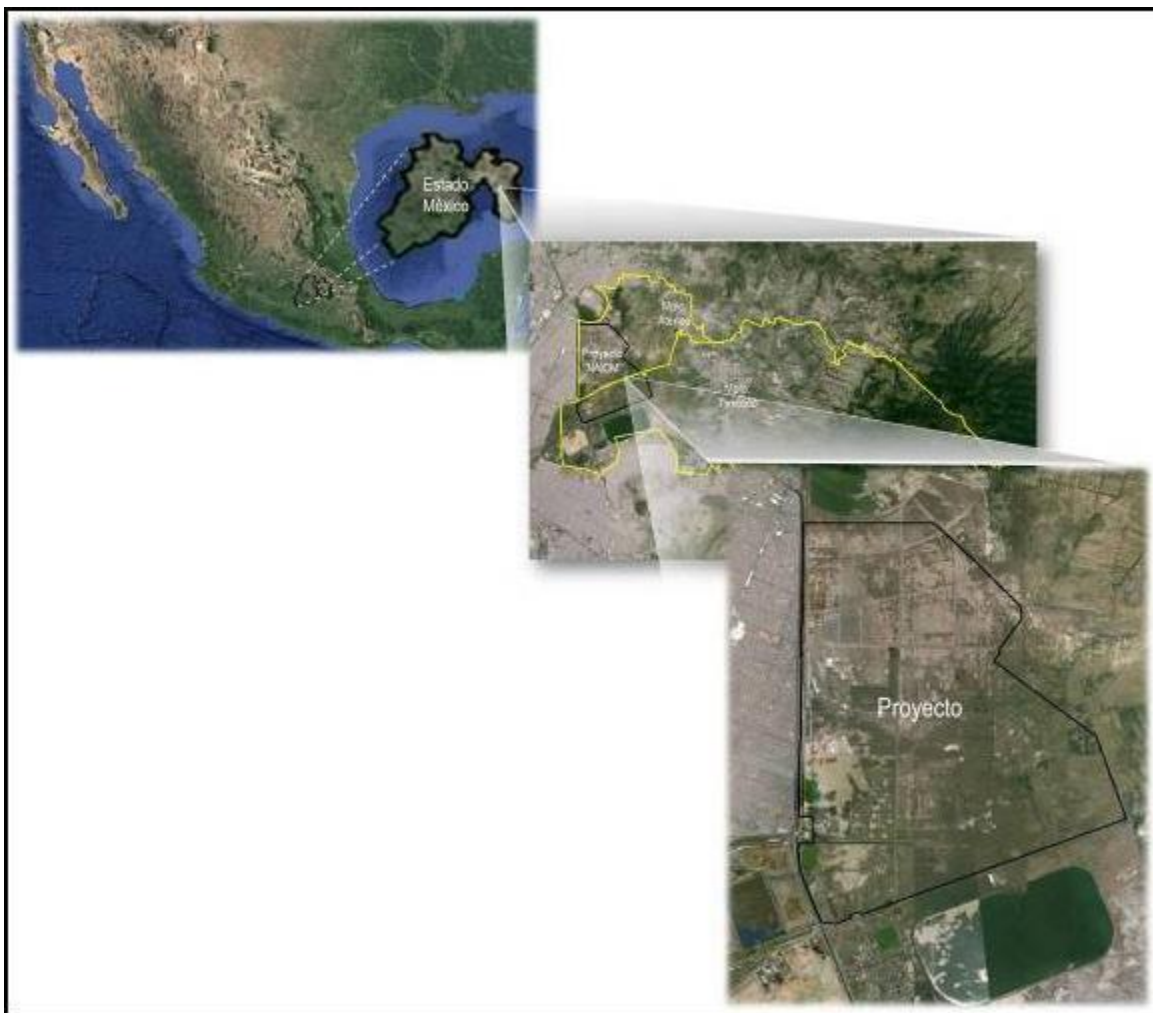


Figura 1. Representación gráfica del predio del Proyecto.



Figura 2. Croquis de ubicación del Proyecto y sus colindancias.

A continuación se describen las características abióticas del área del Proyecto, para evaluar su estado actual.





- Evitar en medida de lo posible verter agua tratada en los cuerpos de agua, en caso de ocurrir verificar que la calidad del agua tratada cumpla con los parámetros establecidos en la normatividad ambiental aplicable.
- Contar con un plan de contingencias para los cuerpos de agua presentes en la zona, considerando principalmente accidentes como derrames de hidrocarburos y otras sustancias, eutroficación, fugas de agua, etc.

## Hidrología Subterránea

Los acuíferos donde se encuentra el predio del Proyecto son dos, Texcoco y el de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, en éstos el desarrollo del Proyecto podría tener algún tipo de influencia, directa o indirecta.



Figura 4. Ubicación del Proyecto en referencia a la hidrología subterránea.

## Clima

La determinación del clima se hizo en base a clasificación de Köppen, modificada por E. García, para el predio del Proyecto se define un clima Semiárido en 1,155.16 Ha, el resto de las hectáreas 3,276.00 presentan un clima templado.

El clima semiárido se caracteriza debido a que al comenzar la estación de lluvias, la insolación disminuye, los días son más frescos y se mantienen temperaturas máximas entre 26 y 29°C de julio a octubre; mientras que en la estación fría, la temperatura máxima varía de 26 a 28°C. Durante la estación lluviosa, las temperaturas mínimas oscilan entre 7 y 10°C.

La temperatura media anual es de 14 a 16°C Las temperaturas más bajas se presentan en invierno de 4 a 8°C en el centro de la Ciudad de México y de -3 a -5° C en el área del humedal. La temperatura media anual del decenio pasado fue de 15.3°C con una variación de 6.4°C, siendo el valor más bajo para el mes de enero de 11.6°C y la media más baja en junio con 18.0°C. Las temperaturas mínimas extremas tuvieron un promedio de 18°C, presentándose la más baja en enero con 10°C y la más alta en julio con 38°C. No obstante que se registran bajas temperaturas en el área, se observa la llegada de aves migratorias provenientes del Norte durante los meses invernales.

BS1kw.- Semiárido, templado, temperatura media anual entre 12°C y 18°C, temperatura del mes más frío entre -3°C y 18°C, temperatura del mes más caliente menor de 22°C. Lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual.

En la poligonal del Proyecto se puede identificar un microclima variante del BS1Kw:

BS1Kw(w)(1'), Semiseco con verano fresco (temperatura media del mes más caliente inferior a 18°C) y lluvioso, e invierno con total de lluvia menor del 5% del total anual. La temperatura media anual es de 16.1°C, con una variación de 6.4°C; la media más baja se registra durante el mes de enero, con 11.6°C, y la media más alta en el mes de junio, con 18°C. Las temperaturas máximas extremas son de 28°C la más baja durante diciembre, y de 36°C la más alta durante abril, con una variación de 8°C.

Con base en los datos reportados para el periodo 1967 – 1996 por la estación meteorológica ubicada en el campamento central de la Comisión del Lago de Texcoco, la precipitación media anual es de 544.2 mm, con una precipitación anual máxima de 697.3 mm y una mínima de 432.1 mm. Existe un periodo definido de lluvias que comprende de finales de mayo a principios de octubre, siendo julio el mes más lluvioso y febrero el mes más seco; la precipitación en términos de porcentaje se distribuye en un 87% para el periodo lluviosos y 12.2 % para el periodo seco. Esta precipitación se presenta generalmente de tipo torrencial.

También se presenta en el predio el clima Templado subhúmedo C(wo):

C(wo).- Templado, subhúmedo, temperatura media anual entre 12°C y 18°C, temperatura del mes más frío entre -3°C y 18°C y temperatura del mes más caliente

bajo 22°C. Precipitación en el mes más seco menor de 40 mm; lluvias de verano con índice P/T menor de 43.2 y porcentaje de precipitación invernal del 5% al 10.2% del total anual.

Las características comunes que presentan este clima son: las lluvias en verano, con una temperatura media anual de 12 °C, una máxima de 18°C y la mínima de entre -3.4 y 18°C. Las lluvias acontecen generalmente en verano; la precipitación pluvial del mes más seco, menor de 40 mm, con lluvias en verano con índice P/T menor de 43.2% y porcentaje de precipitación invernal del 5% al 10.2% del total anual; el promedio anual de lluvias es de 121 días. Las heladas son variables y cuando suceden es entre los meses de noviembre a febrero; los vientos se presentan en los meses de febrero y marzo, de Norte a Este, y durante la primavera de Sur a Norte.

La altitud promedio es de 2,240 msnm en los meses de marzo, abril, mayo, junio y julio se tienen cambios muy variables de temperatura, siendo la mínima de 7°C en invierno.

### **Socioeconómico**

En el análisis socioeconómico se delimitaron las Áreas de Influencia del Proyecto mediante las líneas isócronas de traslado, considerando a la ZMCM como el centro debido a que es la principal zona a la que se le brindarán los servicios.

Del análisis se obtuvieron diferentes diámetros en función al tiempo de traslado, la primer línea (color amarillo) delimita los recorridos de 40 min. hacia y desde la poligonal del Proyecto, en la cual se genera hasta el 80% de la demanda del Proyecto en las fases de Operación y Mantenimiento. En la línea subsecuente de color azul el traslado es de una hora y es donde se ubica el 20% restante.

Con lo cual se determina que los impactos sociales y económicos serán de carácter inmediato para el área dentro del área amarilla, debido a la generación de mano de obra, uso y/o adquisición de bienes y servicios locales, construcción de mejores vías de comunicación e infraestructura. Los principales impactos para el resto de las zonas de influencia los principales impactos serán el impulso a mercados locales, el comercio, turismo y servicios de apoyo necesarios para la operación aeronáutica.

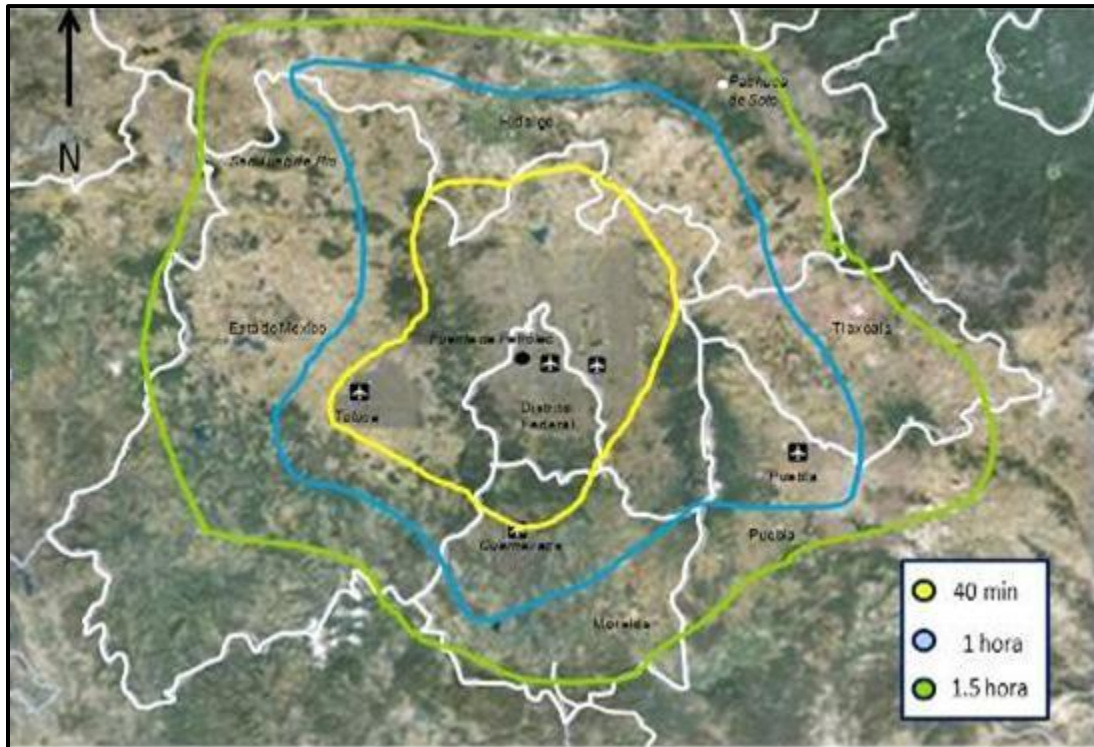


Figura 5. Diámetros de recorrido hacia el Proyecto.

Con el análisis del tiempo de traslado, se identificaron también el resto de los municipios a los que se le brindarán servicios con el Proyecto que son los municipios colindantes con la poligonal del Proyecto (Ecatepec, Atenco, Texcoco, Nezahualcóyotl y Chimalhuacán) y los adyacentes a estos (Tezoyuca, Acolman, Chiautla, Chicoloapán, La Paz).



Figura 6. Municipios adyacentes a la poligonal del Proyecto.

De igual manera se describen las características bióticas del área del Proyecto:

## Flora

La flora se encuentra delimitada conforme a los límites naturales donde se ubica el Proyecto. Estos límites se deben a la presencia del tipo de suelos lacustre, aluvial y sedimentario principalmente, lo que da lugar a usos de suelo para la agricultura de temporal y riego; además de pastizal halófilo e inducido, adaptados a condiciones de salinidad en los suelos

En la actualidad gran parte del área que anteriormente estaba desnuda ha sido paulatinamente cubierta con pasto cultivado, lo que ha sido posible gracias a las características particulares de este pasto que lo hace altamente tolerante a las condiciones de salinidad que prevalece en el área. Más de las tres cuartas partes del área es total o parcialmente cubierta con este pasto salado (Llerena 1978).

De igual forma la riqueza florística del predio actualmente está representada por cinco especies dominantes: *Tamarix chinensis* y *Tamarix aphylla* que principalmente integran el estrato arbóreo y arbustivo y *Distichlis spicata*, *Eragrostis obtusiflora* y *Hordeum jubatum*, que forman grandes extensiones de pastizal halófilo. Para determinar lo anterior se realizó un inventario de las comunidades vegetales del área del Proyecto, en total se identificaron 24 especies, en la siguiente tabla se presenta el listado:

**Tabla 1. Listado de especies presentes en el predio del Proyecto.**

Familia	Genero	Especie	Forma de vida
Fabaceae	<i>Eysenhardtia</i>	<i>polystachya</i>	Arbusto
Solanaceae	<i>Nicotiana</i>	<i>glauca</i>	Arbusto
Euphorbiaceae	<i>Ricinus</i>	<i>communis</i>	Arbusto
Asteraceae	<i>Gnaphalium</i>	<i>chartaceum</i>	Hierba
Poaceae	<i>Melinis</i>	<i>repens</i>	Pasto
Poaceae	<i>Distichlis</i>	<i>spicata</i>	Pasto
Poaceae	<i>Eragrostis</i>	<i>obtusiflora</i>	Pasto
Solanaceae	<i>Solanum</i>	<i>nigrum</i>	Hierba
Papaveraceae	<i>Argemone</i>	<i>mexicana</i>	Hierba
Cactaceae	<i>Opuntia</i>	<i>sp</i>	Arbustivas
Anacardiaceae	<i>Schinus</i>	<i>molle</i>	Árbol
Tamaricaceae	<i>Tamarix</i>	<i>aphylla</i>	Árbol
Tamaricaceae	<i>Tamarix</i>	<i>chinensis</i>	Árbol
Malvaceae	<i>Anoda</i>	<i>cristata</i>	Hierba
Asteraceae	<i>Sonchus</i>	<i>oleraceus</i>	Hierba
Asteraceae	<i>Bidens</i>	<i>alba</i>	Hierba
Polygonaceae	<i>Rumex</i>	<i>crispus</i>	Hierba
Casuarinaceae	<i>Casuarina</i>	<i>equisetifolia</i>	Árbol
Poaceae	<i>Hordeum</i>	<i>jubatum</i>	Pasto
Chenopodiaceae	<i>Chenopodium</i>	<i>fremontii</i>	Hierba
Amaranthaceae	<i>Amaranthus</i>	<i>sp</i>	Hierba
Brassicaceae	<i>Lepidium</i>	<i>virginicum</i>	Hierba
Phytolaccaceae	<i>Phytolacca</i>	<i>icosandra</i>	Hierba
Chenopodiaceae	<i>Suaeda</i>	<i>nigra</i>	Hierba

De las especies mencionadas anteriormente se valorará su rescate y reubicación según lo establecido en el "Programa de Rescate de Flora del Nuevo Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México", el cual establece una serie de metodologías para asegurar la preservación de la flora.

De manera contingente con los diversos programas concebidos para el manejo y control ambiental que se tienen para la zona, se implementarán las siguientes acciones para conservar el balance con el ecosistema, a fin de evitar la pérdida de servicios ambientales y asegurar el equilibrio dinámico con los ecosistemas naturales en donde se inserta:

- Conservación de la vegetación representante de los diversos hábitats del ecosistema lacustre y zonas aledañas.
- Manejo y control de las especies exóticas, para evitar su introducción y la competencia por los recursos.
- Restaurar con vegetación nativa del ecosistema, atendiendo a las necesidades de la zona.

### Uso de Suelo y Vegetación

Para la determinación del uso de suelo y vegetación se realizó un recorrido físico del predio. Pero debido a las condiciones de éste únicamente se estimaron las superficies por tipo de vegetación, cuerpos de agua, caminos internos y obras civiles; los datos se obtuvieron mediante Google Earth, con la imagen de satélite del mes de Septiembre del 2013. Los resultados se muestran en la siguiente tabla.

**Tabla 2. Uso de suelo y tipo de vegetación del predio del Proyecto.**

Uso de Suelo y Vegetación	Superficie (ha)	Porcentaje (%)
Pastizales inducidos	2,267.20	51.16
Pastizal halófilo	240.75	5.43
Cuerpos de agua y zona inundable	1,862.64	42.04
Caminos internos (terracería y asfaltados)	51.84	1.17
Obras civiles	8.72	0.20
<b>Totales</b>	<b>4,431.16</b>	<b>100.00</b>

En base a lo anterior se realizará únicamente el cambio de uso de suelo forestal de Pastizal halófilo de 240.75 ha, que representan el 5.43% del área total del Proyecto.

Lo anterior se confirmó con el mapa de usos de suelo y vegetación de INEGI a nivel del predio del Proyecto, representado en la siguiente figura.



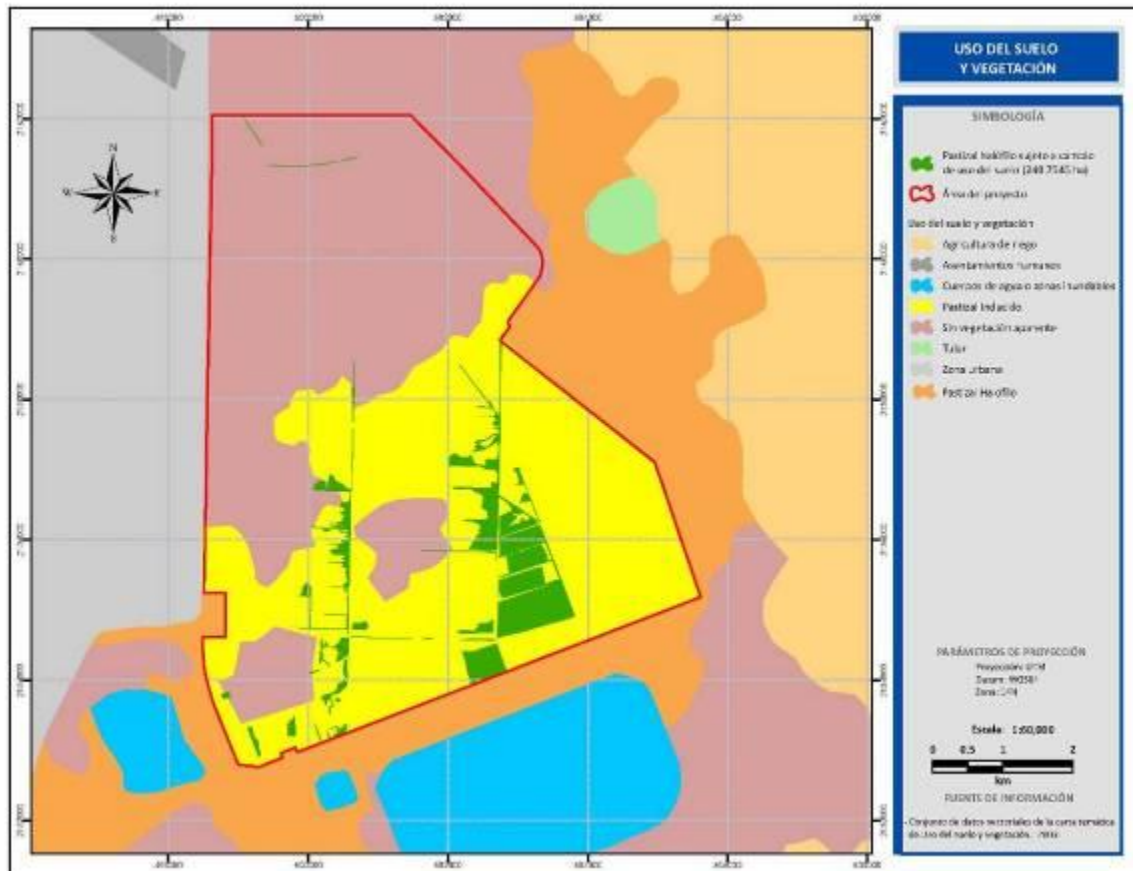


Figura 7. Uso de suelo y vegetación del Proyecto.

El cambio de uso de suelo puede ocasionar un desequilibrio ecológico, por lo cual al concluir las obras y actividades de las etapas contempladas para el proyecto del NAICM se tienen contempladas las siguientes acciones para la restauración del suelo:

- Retiro de cualquier material presente en la zona de carácter peligroso y no peligroso.
- Nivelación del suelo a las condiciones que presentaba antes de su intervención.
- Descompactación del terreno que permita el desarrollo y arraigo de especies vegetales.
- Evaluar la viabilidad de la implementación de drenes para disminuir las sales y conducir los escurrimientos a zonas con las características necesarias para desarrollar humedales.
- Instalación y mantenimiento permanente de sistemas de irrigación para reducir la salinidad del suelo.
- Para permitir la reinvasión de la flora, se desarrollará un manejo del suelo, donde se incluya la implementación de fertilizantes orgánicos y demás elementos que se consideren necesarios.

## Fauna

Para el estudio de fauna se consideró primeramente el caso de los mamíferos, reptiles y anfibios, los cuales delimitan su área de dispersión principalmente por la vegetación presente en el área, y por las barreras físicas antropogénicas (vialidades, zonas agrícolas e industriales) o naturales (vegetación, pendiente, erosión).

Con base en lo anterior y en la metodología sugerida por Chivirí 2006, Lips y Reaser 1999, se realizaron "unidades de muestreo" (Figura 8) a partir de estas se identificaron transectos en banda que delimitaron el radio de un kilómetro de largo por 15 metros de ancho, donde se llevó a cabo una revisión exhaustiva. En la cual se realizó registro de datos de campo con las tomas de fotografías, observación de huellas, excretas y mudas de piel de reptiles o cantos de anfibios.

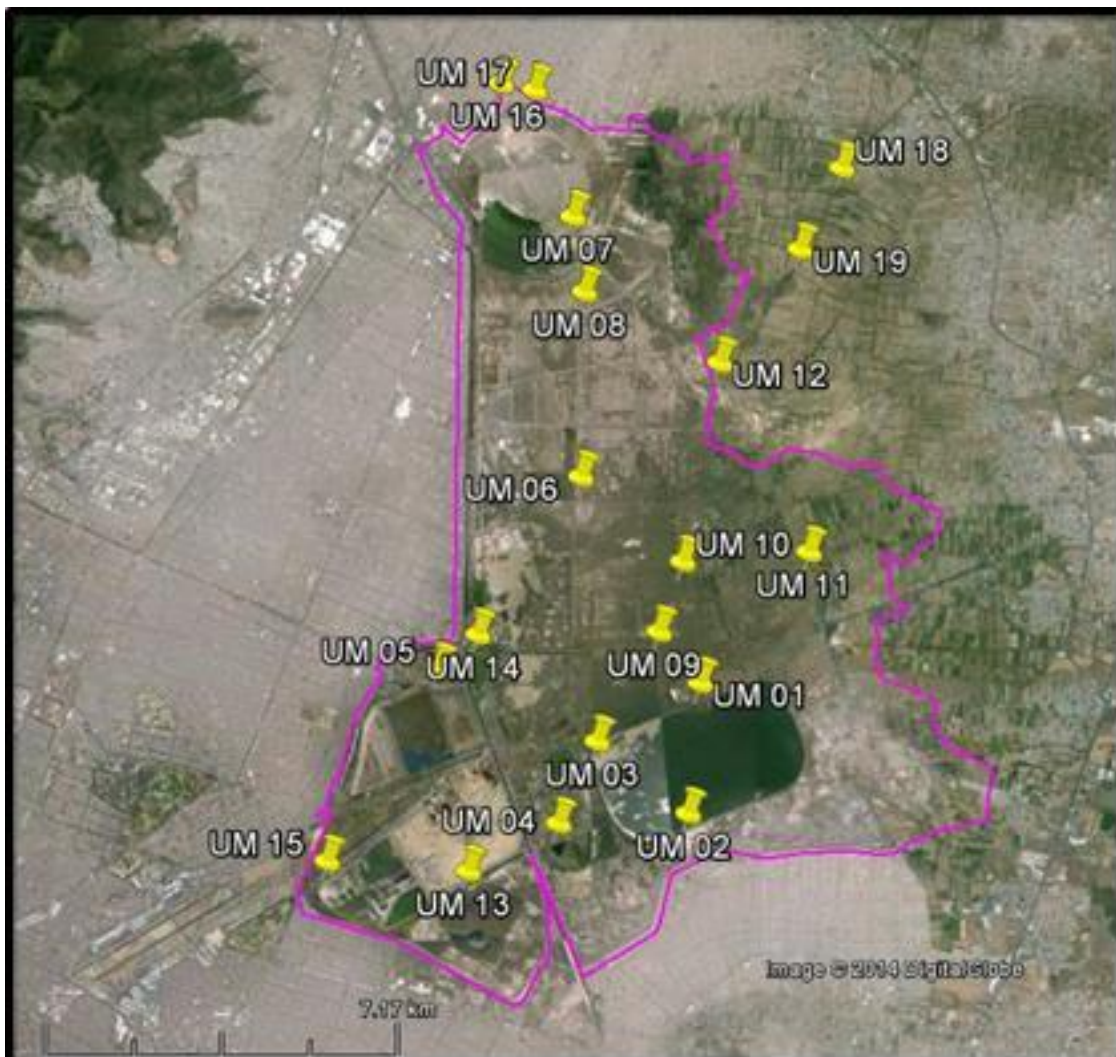


Figura 8. Ubicación de los puntos de muestreo de la fauna.

En el muestreo se identificaron cinco especies de mamíferos, dos lepóridos reportados para el área: *Lepus californicus* (liebre cola negra) y *Sylvilagus floridanus* (conejo castellano), dos pequeños roedores: *Peromyscus maniculatus* (ratón de patas blancas) y *Microtus mexicanus* (meteorito mexicano) y *Canis lupus familiaris* (perro doméstico) representado por al menos cinco manadas de perros ferales con seis a ocho individuos cada una.

En cuanto a reptiles identificados en campo fueron: *Sceloporus scalaris*, *Sceloporus grammicus*, *Pituophis deppei* y *Thamnophis eques*, de las cuales de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 que establece las especies de flora y fauna con categoría de riesgo, *Sceloporus grammicus* se encuentra bajo el estatus sujeta a Protección Especial, mientras que *Thamnophis eques* y *Pituophis deppei* bajo la categoría de amenazada, conforme a la lista roja o libro rojo International Union for Conservation of Nature (UICN), *Sceloporus spinosus* como cuarta especie se encuentra bajo el estatus de preocupación menor.

Además se comprobó la existencia de 5 especies de anfibios, *Anaxyrus compactilis* (sapo), *Hyla eximia* (rana), *Lithobates pipiens* (rana), *Spea multiplicata* (sapo falso) y *Lithobates montezumae* (rana).

Para la fauna presente en el área del Proyecto se realizará un "Programa de Rescate y Reubicación de Fauna del Proyecto del NAICM" el cual establece una serie de acciones y metodologías para preservar la estabilidad poblacional regional de las especies clasificadas bajo alguna categoría de protección por parte de organismos internacionales, así como aquellas especies de importancia local o regional, cuyo bienestar se vea amenazado por la realización de obras o actividades propias del Proyecto.

### Ornitofauna

En cuanto a las aves debido a la amplia distribución y a los requerimientos de hábitat de las especies presentes en el Ex-Lago de Texcoco se amplió la zona de su estudio a los espejos colindantes de agua del Valle de México; Lago de Texcoco, Parque Ecológico Xochimilco, Ciénega de Tláhuac, Presa de Guadalupe, Presa Zumpango y Presa Cuevillas, denominando en su conjunto a estos espejos de agua como "Área de Influencia para el grupo de las Aves" (AI-Av) (Figura 9), las cuales constituyen sitios de refugio, reproducción o alimentación de especies acuáticas y terrestres, residentes y migratorias.



Figura 9. Área de influencia para el grupo de las aves (AI-Av).

Para el muestreo se realizaron cinco conteos en total, dos durante el mes de noviembre (días 21 y 25), dos en diciembre (días 10 y 23) de 2013 y uno en enero (día 9) de 2014. Los cinco conteos se realizaron en Texcoco y los últimos tres en los cuerpos de agua considerados dentro del AI-Av.

En los muestreos se comprobó la existencia de 4 especies que se encuentran bajo régimen de protección por la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, *Lithobates montezumae*, *Sceloporus grammicus* y *Falco peregrinus alba* bajo el estatus de Protección especial, y *Pituophis deppei* como especie amenazada.

En el CITES se encuentran *Buteo jamaicensis*, *Caracara cheriway*, *Falco peregrinus alba* y *Tyto alba*, todas éstas especies dentro del Apéndice II.

Y en total de las 14 especies de aves reportadas en los muestreos, 13 se encuentran bajo preocupación menor en el IUCN (10 en la categoría Least Concern).

Cabe señalar que la avifauna no será rescatada debido a que es fauna móvil la cual se aleja del área del Proyecto hacia zonas cercanas de hábitats similares. Aunado a que capturar aves es una labor difícil y prolongada, que además somete al individuo a un alto nivel de estrés, con riesgo a lesiones o inclusive la muerte. Sin embargo en caso de encontrar algún sitio de anidación, se dejará que la especie cumpla con el ciclo reproductivo para posteriormente reubicar las crías y aunada a esta medida se realizará un "Plan de Acciones y Monitoreo de Conservación de Aves".

La cantidad de aves reportada en muestreos es baja considerando los registros de la CONABIO, los cuales indican que en la zona de humedales del ex Lago de Texcoco la diversidad de aves registradas es de 134, de las cuales 74 son de ambientes acuáticos, estando amenazadas por la pérdida de hábitat e introducción de especies exóticas ([http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/rhp\\_068.html](http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/rhp_068.html)).

Uno de los elementos necesarios para que la fauna converja es la presencia de vegetación,

La presencia y distribución de la fauna está delimitada por la convergencia de la vegetación, la cual provee las condiciones necesarias para el desarrollo de la fauna (alimento, refugio, etc.). Tomando en consideración esta relación directa, el presente proyecto proporciona las condiciones necesarias para la repoblación de los grupos taxonómicos de fauna silvestre presentes en la zona.

### **Evaluación histórica del Ecosistema**

Con el objeto de tener una reconstrucción histórica del predio y aplicando la teoría de los sistemas complejos socio-ecológicos (Folke et al. 2002). Se demuestra con el ciclo adaptativo de renovación que el Lago de Texcoco como sistema lacustre perdió su capacidad de resiliencia y gradualmente se convirtió en el actual uso de suelo de pastizal inducido o sin vegetación aparente.

#### **Primer Fase Siglo XVI-XVII**

En el primer tercio de este siglo el lago de Texcoco llegaba hasta la capital de la Ciudad de México, por el Oeste estaba cercano a Azcapotzalco, y por el Sur hasta bañar el pie de las lomas de Atlacoloáyan (Tacubaya) (Orozco y Berna, 1864).

En el periodo de la conquista española en 1555, el español Francisco Gudiel presentó un proyecto para el desagüe general del Valle de México con el objetivo de utilizar las aguas para los regadíos y la navegación.

En el año de 1607 el virrey Luis de Velasco inauguró trabajos para desaguar las áreas de Ecatepec, Huehuetoca y Nochistongo. Y en el año de 1613, fue enviado de España el holandés Adrián Boot, técnico en el desagüe de lagunas, sin embargo las inundaciones siguieron sin que se lograra el objetivo de proteger a la Ciudad de México en este aspecto.

## Segunda Fase Siglo XIX

En 1840 se advirtió que la deforestación aunada a la salinidad y el drenaje artificial romperían el equilibrio ecológico e hidráulico.

En las décadas de 1850 y 1860 el ingeniero Francisco de Garay participó en el desagüe general de la cuenca de México a través del llamado gran canal y el túnel de Tequixquiac.

En 1895 el Instituto Médico Nacional es el encargado de realizar uno de los primeros análisis completos (químicos, bacteriológicos, meteorológicos y de salubridad) al Lago de Texcoco para definir la viabilidad de la desecación del mismo, así como las implicaciones que este tendría en la higiene de la Ciudad de México. (Altamirano, 1895).

El análisis fue realizado con datos desde 1860 a 1894, para el último año se tuvo registro de que el lago contaba con 184.500,000 metros cuadrados de extensión, y se evaporaban naturalmente unos 435 millones de metros cúbicos al año, en esa época sin embargo su profundidad se calculaba en menos de un metro.

En cuanto a salubridad no se pudo confirmar en ese tiempo si el lago era el causante de la endemia y las epidemias de tifo, sin embargo se perfilaba como una de las razones más probables, debido a que en el lago eran vertidos los desechos de la ciudad y en épocas de secas se hacía notoria la acumulación de sustancias orgánicas en descomposición y el olor a putrefacción. Sin embargo la mayor preocupación eran las inundaciones donde todo este material era arrastrado a los terrenos aledaños donde el viento era el encargado de dispersar los gérmenes, a la Ciudad de México, debido a que tres cuartos de los vientos dominantes eran los que previamente se ponían en contacto con el lago.

Por lo cual se clasificó como favorable la desecación de una gran parte del lago, no obstante se aclara que puede influir desfavorablemente a la salubridad si se modifica la humedad del aire, sin embargo se hizo énfasis en que esta modificación puede ser favorable si se cubren de vegetación los terrenos abandonados por el agua, lo cual no se llevó a cabo ocasionando el aumento de la salinidad en los terrenos aledaños y la pérdida de la vegetación.

## Tercer Fase Siglo XX- Actualidad

En septiembre de 1912 la Secretaría de Fomento, Colonización e Industria declaró al lago de Texcoco, como jurisdicción federal, lo cual propicio su empoderamiento para fomentar la agricultura, sin embargo esto dio inicio a la historia de los asentamientos humanos en el antiguo vaso de Texcoco.

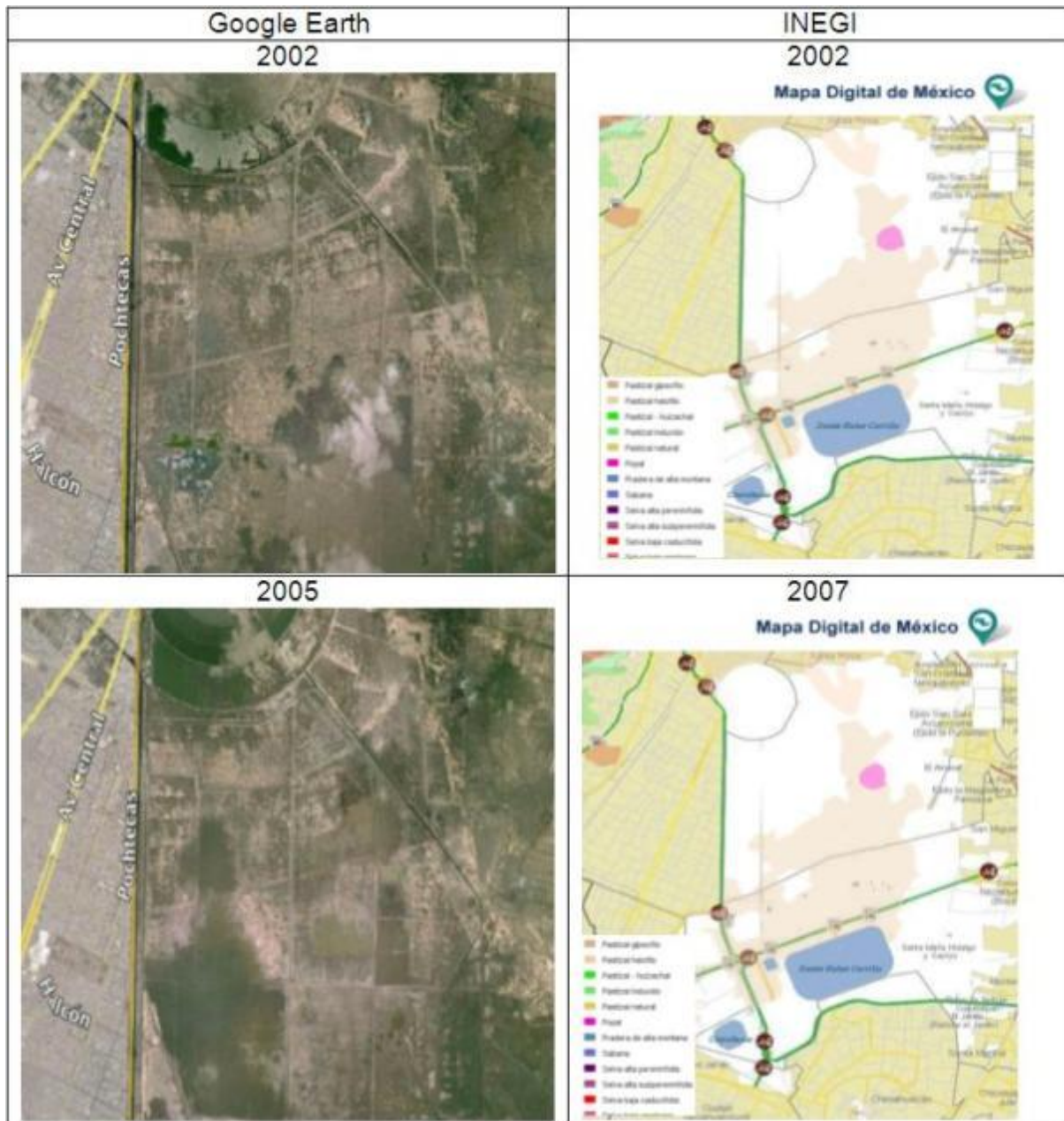
Durante el período 1912-1932, se continuaron las obras de desecación de la zona lacustre, siendo el último en desecarse el Lago de Texcoco, que se transformó en un

ambiente pantanoso en la época de lluvias y desértico en la de estiaje. Muchas de las áreas del lecho desecado del Ex-Lago se quedaron sin uso, debido a las condiciones extremadamente adversas de salinidad y sodicidad, lo que propició que en época de secas quedaran grandes áreas con tierra y detritus sujetas a erosión eólica con la formación de grandes tolvaneras que se convirtieron en un grave problema ambiental y de salud de los habitantes del Zona Metropolitana de la Ciudad de México.

En 1971 se creó la Comisión del Lago de Texcoco, con la finalidad de subsanar los problemas ambientales del Ex-Lago de Texcoco, iniciando en el año de 1973 un "Programa de Conservación del Suelo y del Agua del Lago de Texcoco", el cual consistió en reforestar con especies como *Cupressus lindleyi*, *Pinus montezumae*, *Pinus radiata* y *Pinus michoacana*. Pero debido a que no se realizó un seguimiento no se pudo evaluar la eficacia de esta medida en el cumplimiento de sus funciones como parte del ecosistema, sin embargo se hace énfasis en que estas especies son introducidas y no coinciden con el ecosistema original, y que si bien se adaptaron a las condiciones su elección puede no haber sido la correcta, debido a que los pinos *montezumae* y *teocote* tienen escasa influencia en la formación de suelos y los eucaliptos forman suelo pero lo acidifican y reducen la tasa de infiltración del agua en el suelo.

De la reconstrucción histórica del predio podemos hacer el compendio de los principales disturbios antrópicos a través del tiempo que son: deforestación, sistemas de producción extensiva e intensiva (agricultura), desecación, contaminación, sedimentación, desarrollo industrial y urbanístico. En cuanto a los disturbios naturales se presentan principalmente inundaciones y sequías.

De igual manera la erosión que ha sufrido el Ex-Lago de Texcoco se puede observar a través del tiempo en el siguiente cuadro comparativo de Google Earth, donde también se muestra el cambio de uso de suelo en el predio:



Las imágenes satelitales en Google Earth sirven como referencia para poder realizar una comparación a diferentes años del área que ocupa el Proyecto, donde se puede apreciar el deterioro del paisaje nativo así como la tendencia que tiene el área del Proyecto a la fragmentación del ecosistema y la desecación del cuerpo de agua del Ex-Lago de Texcoco.

En cuanto al uso de suelo y vegetación del INEGI no se presentan cambios significativos, sin embargo la mayoría del terreno que ocupará el Proyecto se divide en dos usos pastizal halófilo y sin vegetación aparente, los cuales no representan al ecosistema original.





## VI. PROGRAMA DE ACTIVIDADES

### VI.1 Restauración Ecológica

Existen dos tipos de restauración ecológica, la pasiva que es cuando los ecosistemas se regeneran por si solos debido a que no existen barreras que lo impidan y la restauración activa o asistida que es cuando debido a la degradación de los ecosistemas éstos no pueden regenerarse solos o es muy lenta esta regeneración, por consiguiente, es necesario implementar estrategias para lograr su recuperación (Vargas, 2011).

Debido a la degradación del ecosistema por la desecación del Ex-Lago de Texcoco, se recomienda una restauración asistida para el área.

Para la selección del sitio a restaurar se eligió un área representante del ecosistema natural (por lo menos un parche) que presente el menor grado de intervención de manera que constituya las características naturales físicas y biológicas de éste ecosistema.

Esto debido a que la manera más sencilla de medir si la restauración ha tenido éxito es ver si el ecosistema se parece al original (o en este caso, a otro equivalente próximo comparable) es decir, si coincide en la fisionomía y en las mismas especies dominantes. Cabe destacar que deben considerarse distintos tipos de ecosistemas por el tipo de fauna que existe, como lo puede ser pastizal, matorral, humedal, bosque, áreas con ribera y aguas someras y zonas de aguas más profundas.

#### VI.1.1 Ubicación del Predio

Como medida compensatoria del cambio de uso del suelo forestal del 5.43% de Pastizal halófilo se contempla la restauración ecológica en predios de la Zona Federal concentrados en la zona Sur del polígono del Proyecto.

Sin embargo debido a la fragmentación del ecosistema del Ex-Lago de Texcoco quedan únicamente parches de vegetación los cuales afectaron la distribución y la abundancia de las especies, debido a lo anterior el polígono del área para la restauración ecológica representa una zona con potencial para la restauración al conservar en su mayoría un uso de suelo forestal de pastizal halófilo, el cual no constituye el ecosistema natural, sin embargo representa la regeneración natural del ecosistema. Aunado a lo anterior esta zona alberga uno de los cuerpos de agua artificiales que aún se conservan como la laguna Nabor Carrillo.

En la siguiente tabla se presentan las coordenadas del polígono propuesto para la restauración, el cual comprende un área aproximada de 2,996.25 ha.

**Tabla 3. Coordenadas de la propuesta del polígono para restauración ecológica.**

Punto	Coordenada "X"	Coordenada "Y"
1	505568.7855	2155014.3930
2	499508.7004	2152646.9070
3	499320.3050	2152084.5250
4	499388.2865	2151893.2340
5	499680.1735	2151147.7990
6	499883.3601	2150597.3535
7	500274.5314	2149583.5892
8	500714.2561	2148292.3866
9	500780.2380	2148333.5755
10	500780.2380	2148333.9524
11	501159.9582	2148558.4363
12	501662.5113	2148867.0991
13	501924.8820	2149040.9825
14	501997.6424	2149113.3433
15	502079.1665	2149234.7193
16	502113.1576	2149300.1522
17	502153.7209	2149429.3684
18	502178.0178	2149600.5629
19	502191.9614	2149747.8101
20	502220.8937	2149897.0560
21	502270.6459	2150033.8306
22	502363.1148	2150193.2144
23	502478.6377	2150319.4269
24	502585.1270	2150413.8015
25	502759.1969	2150510.7016
26	502958.9728	2150587.2209
27	503223.1871	2150693.2891
28	503447.9883	2150783.6608
29	503689.1044	2150856.7261
30	503801.1761	2150873.9152
31	503923.6609	2150881.1152
32	504115.5174	2150864.0238
33	504322.1074	2150816.3458
34	504563.9278	2150763.2997
35	504708.9758	2150741.2844
36	504948.7710	2150732.6755
37	505500.6312	2150769.8761
38	505916.9837	2150799.9244
39	506490.1730	2150834.1829
40	506762.4190	2150854.7513

Punto	Coordenada "X"	Coordenada "Y"
41	507023.7369	2150862.2883
42	507087.3672	2150863.5957
43	507111.3411	2150863.5957
44	506275.8608	2152127.6294
45	508101.8657	2152424.9694
46	508106.0517	2153708.0194
47	508938.8258	2153613.1994
48	508922.8867	2154054.7994
49	508107.0066	2154131.0529
50	507616.6396	2154176.8834
51	507162.9147	2154216.5134
52	505900.7295	2154337.2553
53	505660.3338	2155051.1007
54	505621.8594	2155033.5352

Fuente: Elaboración propia.

Con las coordenadas anteriores se elaboró el polígono del área propuesta para la restauración ecológica el cual se presenta a continuación.



Figura 10. Área propuesta para el polígono de restauración ecológica.

No obstante se menciona que la anterior es una propuesta de ubicación del polígono

para la restauración ecológica, la cual podrá ser modificada al presentar el plan de desarrollo de la zona Oriente, que promueve el Gobierno Federal, en el cual se dictaminan los usos y destinos de los predios propiedad de la federación, donde se evaluará la factibilidad de la ubicación del polígono para la restauración ecológica.

#### VI.1.2 Acciones encaminadas a la restauración ecológica

##### **Preparación del sitio**

Previo al inicio de las acciones para restaurar el ecosistema se realizará un manejo del área del polígono, la cual se describe a continuación:

##### a) Manejo de suelos

En el área destinada a la restauración ecológica se realizarán las siguientes acciones:

- Delimitación del área: Se colocará una cerca en el perímetro del polígono a restaurar con el fin de impedir el paso de ganado o invasores al terreno.
- Limpieza del área: para evitar la presencia de malezas y la competencia de recursos se recurrirá a retirar toda presencia de malezas considerando como tales las especies exóticas a nivel herbáceas o arbustivas.
- Nivelación del terreno: debido a la falta de cobertura vegetal el suelo presenta una erosión eólica, la cual ocasiona tolvaneras que derivan en un área irregular del terreno, por lo cual es necesario antes de llevar a cabo la reforestación el nivelar el terreno, permitiendo así una distribución equitativa de suelo en el área.

##### b) Selección de especies

Este aspecto es muy importante puesto que el éxito del Proyecto depende de esta selección.

Sin embargo se tiene que considerar que por las características que presenta el terreno en cuanto a un elevado nivel de salinidad, erosión, alcalinidad, sodicidad, y nivel freático salino a poca profundidad las especies que pueden desarrollarse son escasas, limitándose a especies exóticas que se emplearon para reforestar como el *Tamarix aphylla* y *Tamarix chinensis*, las cuales han sido las especies que han prevalecido a pesar de las condiciones.

Tomando en cuenta lo anterior la restauración se realizará con especies predominantes en la sucesión natural de pastizal halófilo del ecosistema existente, las cuales se determinaron en recorridos de campo realizados en el predio.

Derivado de los recorridos se elaboró un inventario de la composición de especies del predio, del cual se filtró un listado de las especies más importantes bajo una escala de

atributos o rasgos que pueden ser útiles en el sitio que se va a restaurar, dando como resultado tres especies *Distichlis spicata*, *Eragrostis obtusiflora* y *Hordeum ubatum*.

c) Requerimientos de infraestructura

- Vivero temporal

La construcción de un vivero es muy importante para la propagación y crecimiento permanente del material requerido y para evitar el problema de la consecución del material, debido a que muchas especies no se consiguen en los viveros locales o las cantidades no son suficientes para el requerimiento de los experimentos o del tamaño del área.

Tomando en cuenta estas necesidades se construirá un vivero temporal para abastecer de planta necesaria la restauración, el cual no impactará a la zona debido a que no requiere de una infraestructura como lo haría un vivero permanente.

La ubicación del vivero se determinó en base a las condiciones del terreno, a la accesibilidad ya que se encuentra contiguo a las vías de acceso y a la cercanía con el sitio a restaurar, en la Tabla 4 se presentan las coordenadas del vivero el cual tiene un área aproximada de 2.98 hectáreas, georeferenciadas en la Figura 11.

**Tabla 4. Coordenadas del vivero del NAICM.**

Punto	Coordenada "X"	Coordenada "Y"
1	505685.5707	2154819.4948
2	505647.0963	2154801.9293
3	505594.0224	2154782.7871
4	505524.7660	2154755.7307
5	505469.5530	2154919.6835
6	505538.8094	2154946.7399
7	505591.8833	2154965.8821
8	505630.3577	2154983.4476



Figura 11. Ubicación del vivero del NAICM.

- Sistemas de irrigación

Considerando las características de salinidad del terreno es necesario implementar un sistema de irrigación, el cual mantenga la humedad en las raíces de las plántulas y evite la pérdida por desecación.

En base a lo anterior se sugiere emplear un sistema de riego por goteo, considerando que este sistema minimiza las pérdidas por infiltración profunda y reduce el escurrimiento superficial.

#### d) Implementación de acciones

- Retiro de Tensionantes

Una de las primeras acciones para recuperar un ecosistema es retirar los factores o tensionantes que impiden la expresión de los mecanismos de regeneración natural (Vargas *et al.* 2007).

Éstos pueden clasificarse en dos tipos: ecológicos y socioeconómicos, los primeros se relacionan con factores bióticos y abióticos resultantes del régimen de disturbios natural y antrópico, que influyen en los mecanismos de regeneración y colonización de especies. Los de tipo socioeconómico son todos los factores políticos, económicos y sociales limitando principalmente los usos de tierra.

Los tensionantes ecológicos afectan las tres fases de la regeneración: dispersión, establecimiento y persistencia. Para poder contrarrestar estos efectos se tienen contempladas las siguientes medidas:

- Fase de dispersión

Para esta fase es importante la selección de especies ya que se deben considerar que las características del área sean compatibles con los requerimientos y aportaciones por parte de la especie.

1. Delimitar el área a restaurar para evitar la invasión de ganado, sin impedir el paso de los polinizadores.
2. Erradicar de las matrices de pastos invasores y eliminar las plantas exóticas o malezas con el fin de no permitir una competencia por los recursos.
3. Recolectar las semillas o plántulas para su reproducción del ecosistema original o de referencia.
4. La construcción de un vivero para la propagación y crecimiento permanente del material requerido.

- Fase de establecimiento

Esta fase comprende la germinación de las semillas y el crecimiento y sobrevivencia de las plántulas, las principales medidas son:

1. Búsqueda de micrositios para el establecimiento de plántulas. Estos sitios serán elegidos en base a las características del terreno, donde existan el menor número de tensionantes.
2. Establecimiento de sitios adecuados para la siembra de las plántulas o semillas, evitando aquellos que presenten condiciones extremas (erosión, compactación, contaminación, etc.)



3. Continuar con el monitoreo de las plantas evitando el establecimiento de especies invasoras.

- Fase de persistencia

Debido a que esta es la última fase la cual hace referencia a que la especie ya establecida pueda crecer y cumplir con su ciclo, sin ser disminuida en biomasa o causar su mortalidad puede ser afectada por múltiples factores, los cuales son difíciles de controlar y su supervivencia dependerá de la capacidad de recuperación después de alguno de los disturbios como son:

1. Fuegos naturales
2. Restricciones climáticas (sequías, heladas, inundaciones, etc.)
3. Plagas

e) Indicadores para el monitoreo del Proyecto

Ewel por su parte introduce 5 criterios que permitirían comprobar si la restauración se ha completado con éxito:

- I. Sustentabilidad: si la comunidad viva restaurada se perpetua a si misma, sin ayuda del hombre.
- II. Invasibilidad. Los sistemas poco naturales son bastante susceptibles a invasiones biológicas y las invasiones son síntoma de que en los ecosistemas hay un uso incompleto de la luz, agua y nutrientes.
- III. Productividad: El sistema restaurado debe ser tan productivo como el original (la producción neta no es fácil de medir en muchos ecosistemas).
- IV. Retención de nutrientes: Todos los ecosistemas están abiertos al flujo de nutrientes, pero unos más que otros. Si el sistema final pierde más que el original, entonces no se ha restaurado convenientemente.
- V. Interacciones bióticas: Difíciles de estudiar en su multiplicidad, pero se pueden localizar las más esenciales (polinización, asociaciones para fijar fósforo o nitrógeno, etc.). En la práctica, estas interacciones se hacen notar precisamente cuando faltan, y constituyen un buen indicador.
- VI. Biodiversidad: Ewel no incluye este criterio, pero es útil y fácil de medir como diversidad específica. Un sistema restaurado debería arrojar iguales índices que uno sano equivalente.

## VII. NOTAS GENERALES

El Ex-Lago de Texcoco se considera como un ecosistema perturbado debido a que sufrió alteraciones que se prolongaron por largos periodos de tiempo, afectando sus características físicas y bióticas, lo que impidió que recuperará su estructura original.

Ante estas alteraciones el ecosistema del Ex-Lago de Texcoco no pudo realizar una regeneración pasiva o natural, o bien esta ha sido muy lenta y debido a la alta salinidad del suelo únicamente se desarrolló matorral halófilo, el cual no representa al ecosistema natural, sin embargo tiene las características necesarias para desarrollarse en las condiciones actuales del predio.

En base a lo anterior se recomienda disminuir o atenuar las tensionantes del predio para que este pueda seguir con la restauración ecológica natural y de este modo el repoblamiento pueda mejorar las condiciones del suelo, lo que permitiría a largo plazo una restauración asistida.

Por la importancia del presente plan, en que las áreas que serán objeto de restauración ecológica, éstas serán confirmadas una vez definidos los usos determinados en el Programa Maestro de Desarrollo de la Zona Oriente, que está promoviendo el Gobierno Federal para que con ello, poder confirmar la factibilidad a través de planos georreferenciados del área que específicamente se restaurará al amparo del presente plan, pudiendo con ello inclusive corroborar superficies, prioridades y factibilidad de especies para realizar la restauración, según las características específicas de cada espacio físico.

## IX. BIBLIOGRAFÍA

Bentrup, G. 2008. Zonas de amortiguamiento para conservación: lineamientos para diseño de zonas de amortiguamiento, corredores y vías verdes. Asheville, EE.UU.

Bradshaw, A. D. 1987a. Restoration: An acid test for ecology. En: W. R. Jordan III, M. E, Gilpin y J. D Aber (eds). Restoration ecology: A synthetic approach to ecological. Cambridge University Press. New York, N. Y

Chirriví A. H., 2006. Evaluación de Técnicas de campo para el Monitoreo de Fauna Cinegética en la Cuenca de Río, Valle Choco. Pontifica Universidad Javeriana, Facultad de Ciencias, Bogotá.

Ewel, J. J. 1987. Restoration is the ultimate test of ecological theory. En: W. R. Jordan III, M. E, Gilpin y J. D Aber, editores. Restoration ecology: A synthetic approach to ecological. Cambridge University Press. New York, N. Y

Folke, C., S. Carpenter y T. Elmqvist. 2002. Resilience for Sustainable Development: Building Adaptive Capacity in a World of Transformations. International Council for Scientific Unions (ICSU), Rainbow Series No. 3, París.

Köppen, W. 1948. *Climatología* . Fondo de Cultura Económica, México.

García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a condiciones de la República Mexicana). Offset Larios S.A. México.

Orozco y Berra 1864. Memoria para la Carta hidrográfica del Valle.

Vargas, O (Ed.). 2007. Guía Metodológica para la restauración ecológica del bosque alto andino. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.

Vargas, O. 2011. Los pasos fundamentales en la Restauración Ecológica. En: Memorias del I Congreso Colombiano de Restauración Ecológica y II Simposio Nacional de Experiencias en Restauración Ecológica. Bogotá, D.C., Colombia.