

Andrea Bolongaro-Crevenna Recasens

## Objetivo del Estudio

El objetivo, fue realizar un estudio de prefactibilidad técnica para la construcción de un sistema de presas de infiltración, para la recarga del acuífero del Valle de México.

## Desarrollo del Estudio

En general la Ciudad de México presenta una temperatura media entre 14 y 16 °C, aunque existen anomalías en el noreste de la ciudad.

La precipitación media anual aumenta en la cuenca desde el noreste hacia el suroeste. Las lluvias son más acentuadas sobre las montañas del sur y del oeste en donde alcanzan entre 1200 y 1500 mm. Las lluvias en la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM), ocurren en forma de tormentas de corta duración. La distribución temporal de las lluvias en la ZMVM es muy desfavorable para su utilización y su control.

Las zonas de posible factibilidad para la construcción de las presas de infiltración de acuerdo a las características meteorológicas pueden ser la región de Tlalpan y Contreras, donde se presentan los máximos valores de precipitación y lluvia máxima en 24 horas, la región de Tláhuac con valores intermedios, o bien la zona norte o noreste con los valores más bajos, aunque, también son posibles de captarlos.

La Cuenca de México se caracteriza por la presencia de numerosos volcanes que han dado origen a sierras volcánicas que encierran cuencas lacustres. En las sierras volcánicas predominan lavas y piroclásticos, mientras que en las cuencas lacustres se interdigitan aluviones, sedimentos lacustres, lavas y piroclásticos de edades que van del Terciario al Reciente. Ambos conjuntos litológicos sobreyacen a rocas calcáreas marinas de edad cretácica.

De manera simplificada, la estratigrafía de la Cuenca de México queda integrada por las siguientes unidades:

- \* Los depósitos lacustres, arcillas y limos.
- \* Los piroclastos y basaltos del Cuaternario.
- \* Los depósitos aluviales (arenas y gravas).
- \* Las rocas volcánicas del Terciario (andesitas, dioritas y dacitas).
- \* Las rocas carbonatadas del Cretácico.

Las fuentes de aprovisionamiento subterráneo de agua en la ZMVM, proviene en su mayor parte de acuíferos en materiales aluviales y basaltos. También se explotan, en menor volumen, los acuitardos en los horizontes arcillosos de los antiguos lagos.

La sobreexplotación del acuífero de la ZMVM, comprende al volumen de agua perdido por el acuífero el cual está representado por el cambio de almacenamiento, más el volumen de drenado vertical de las arcillas, que también es agua perdida por el subsuelo. La relación de estos parámetros con la entrada por flujo subterráneo indica el porcentaje de sobreexplotación.

La magnitud de la sobreexplotación del acuífero del Valle de México para cada subsistema es la siguiente: 35% para el Subsistema de la Ciudad de México; 65% para el Subsistema de Texcoco, y de 24% para el de Chalco.

En la Cuenca del Valle de México aproximadamente del 72% al 78% de la precipitación se pierde en la atmósfera por procesos de evapotranspiración. Los escurrimientos descargan 8% del agua meteórica ( $19 \text{ m}^3/\text{s}$ ), mientras que del 13% al 20% ( $29.2$  a  $45.3 \text{ m}^3/\text{s}$ ) corresponden a la alimentación de los acuíferos.

Estos valores son indicadores de que se requiere poner en práctica todo aquello que conduzca a equilibrar el sistema de abastecimiento de aguas.

En la zona estudiada se encuentran rocas que pueden agruparse de acuerdo a sus características para permitir la infiltración, circulación y almacenamiento de agua en el subsuelo, en los basaltos y piroclásticos de la Formación Chichinautzin que constituyen la sierra del mismo nombre ubicada al sur de la zona metropolitana, así como la Sierra de Santa Catarina. Su alta permeabilidad permite la infiltración de agua, tanto a través de pozos como en estanques. En los pozos se recargan alrededor de entre 40 y 60 lps por pozo. A través de estanques, como el existente en la Sierra de Santa Catarina, se pueden infiltrar caudales de hasta 1000 lps.

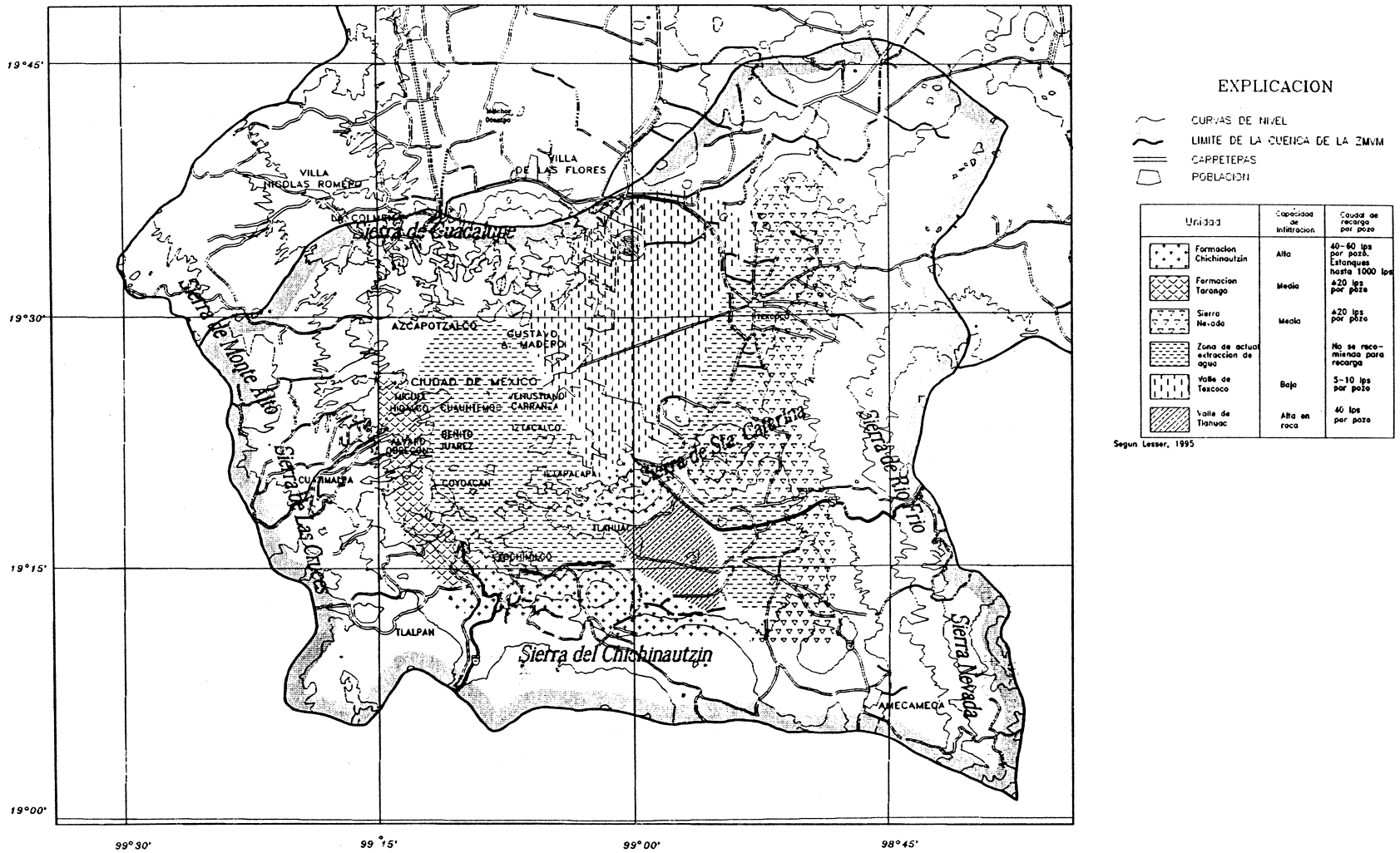


Figura 1. Zonas Apropriadadas para la Recarga Artificial con Aguas Renovadas, en el Área de Estudio.

El manejo de aguas de tormenta en zonas urbanas está enfocado principalmente al control de la cantidad de los flujos primarios, y en segundo término a la calidad de los mismos. En cuencas como la de la Ciudad de México se cumple incipientemente con el primero.

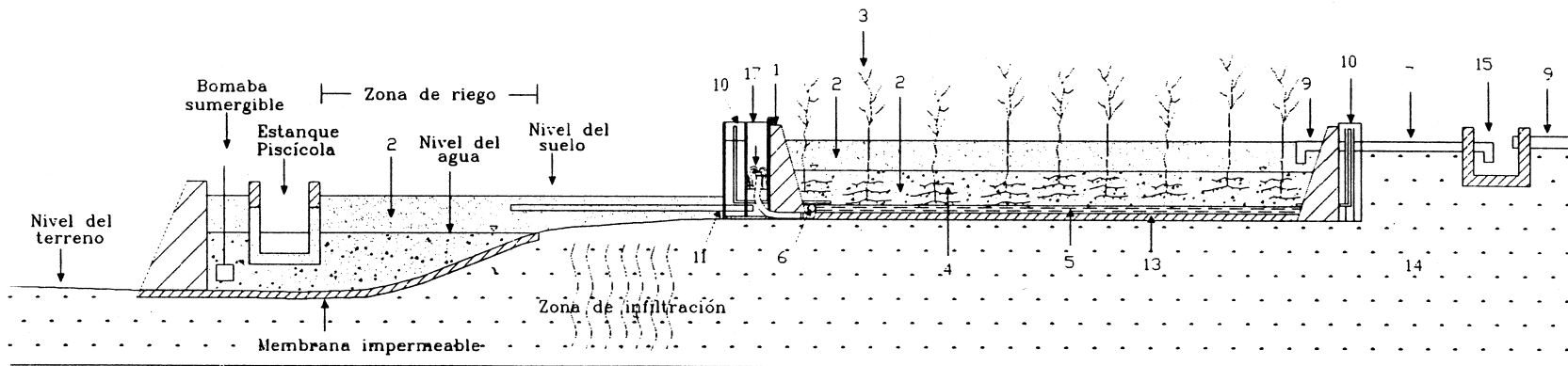
Las tormentas en la Ciudad de México son de corta duración y muy copiosas. En menos de 30 minutos llegan a precipitar hasta 70 mm de lluvia, equivalentes al 10% de la precipitación total de un año. La Academia de la Investigación Científica et al. (1995), propone un valor promedio de 19 m<sup>3</sup>/s para la descarga en forma de escurrimientos superficiales de la Cuenca del Valle de México. Con datos hidrométricos de los boletines hidrológicos (CHCVM, 1950) se puede calcular un promedio de 7.6 m<sup>3</sup>/s para los caudales de los escurrimientos superficiales al interior de la ZMVM.

Las soluciones que permiten reducir los máximos de las crecidas en las cuencas urbanas exigen invertir los cambios hidrológicos descritos anteriormente, o compensarlos reteniendo temporalmente el agua en la superficie de la tierra o bajo la misma, y liberarla lentamente mediante canales o hacia los acuíferos.

Una presa de infiltración es una estructura que forma una pequeña cuenca de retención temporal de agua, parte de la cual es infiltrada al subsuelo a través de las fracturas del mismo o mediante pozos de inyección conectados a la presa. El diseño aquí propuesto consiste en una presa de pequeñas dimensiones (embalse menor a 10 hectáreas), la cual no presenta una superficie de inundación. La acumulación de agua se logra a un nivel subterráneo somero controlado. Esto es, el vaso se rellena con material granular seleccionado (tezontle), que produzca la máxima porosidad, esto equivale al máximo volumen de líquido acumulado. Sobre tal material granular se dispone una capa de suelo (el mismo que estaba en el sitio antes de la construcción), el cual podrá utilizarse como zona de riego.

La falta de una superficie de contacto entre el agua y la atmósfera, disminuye sustancialmente la evaporación por radiación solar del agua del embalse. Cabe mencionar que el factor de evaporación de las presas tradicionales en la Cuenca de México es superior al de precipitación. Con el presente diseño se evita esta pérdida.

En la superficie la presa de infiltración presenta cuatro áreas: la primera, de entrada de las aguas de escurrimiento de las laderas montañosas, en el área se construye una trampa para residuos sólidos; la segunda área, es el sistema de amortiguamiento y purificación natural basado en plantas macrofíticas, conocido como "wetlands"; la tercera, es la zona de recarga al acuífero, y la cuarta, es el área de recuperación económica del sistema, formada por una zona de riego por aspersión y otra de estanques piscícolas.



- |   |  |
|---|--|
| 1. Dique del embalse                                    | 10. Medidor de nivel de agua (piezómetro)  |
| 2. Medio Filtrante: grava + arena + arcilla             | 11. Salida de agua purificada  |
| 3. Plantas acuáticas superiores (ejem. Bambú)           | 12. Colector de agua purificada  |
| 4. Rizomas de las raíces                                | 13. Membrana impermeable   |
| 5. Drenaje (tubería PVC perforada en su parte superior) | 14. Sustrato original  |
| 6. Colector de aguas de drenaje conectado a 5           | 15. Trampa de sólidos  |
| 7. Tubería de abastecimiento de agua sucia              | 16. Controlador de flujo de salida, conectado a 6<br>(manguera flexible, puede subir o bajar). |
| 8. Dispositivo regulador del nivel de agua de salida    | 17. Depósito de agua purificada  |
| 9. Entrada de agua sucia                                |  |

Figura 2. Presa de Infiltración y Purificación Natural de Aguas de Tormenta.

Mientras en las presas tradicionales se buscan lugares impermeables, libres de fracturas y fallas geológicas, en nuestro caso los criterios son exactamente los contrarios.

Las zonas volcánicas que forman las partes altas de la Cuenca de México presentan condiciones favorables de fracturamiento y comunicación con los acuíferos. De hecho, la recarga más importante de los acuíferos ocurre en la Sierra de Chichinautzin, Sierra de Santa Catarina y Sierra Nevada. En menor proporción se recarga el acuífero en la Sierra de Las Cruces y en muy baja cantidad en la Sierra de Guadalupe, como se pudo apreciar en la figura 1.

Al interior de la cuenca, la recarga es por drenado del agua contenida en las arcillas lacustres y de las averías de la red de agua potable y del drenaje de aguas negras.

Algunos lugares que ofrecen condiciones favorables son los siguientes:

- \* Ladera sur de la Sierra de Santa Catarina, Delegación Tláhuac. Aquí se propone la construcción de un sistema completo, en la zona agrícola de dicha sierra.
- \* Aguas arriba de la presa de Mixcoac en una cuenca pequeña. Con fines experimentales y de comprobación del método.
- \* Aguas abajo de la presa de Mixcoac. Parte del agua de la presa podría purificarse, construyendo varias presas de tierras húmedas y de infiltración. La condición topográfica lo permite. Aquí podría complementarse con la creación de un vivero para la Delegación.
- \* Construcción de un sistema de tierras húmedas en la línea de alimentación de los estanques de infiltración actualmente en funcionamiento. La Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica (DGCOH), construyó estanques para la infiltración de aguas tratadas sobre el franco sur de la Sierra de Santa Catarina. La recarga posible a través de las primeras experiencias de la operación es de 600 lps y se tiene en proyecto la ampliación a 1000 lps (Lesser, 1995). El agua provendría de la planta de tratamiento del Cerro de La Estrella.

Como parte integrante de las presas de infiltración, el 10% de su superficie se destinará a programas acuícolas, integrados a la operación propia de la presa. El objetivo primordial de este programa será presentar una propuesta de aprovechamiento acuícola en las presas de infiltración, para explotación local.

Igualmente se podrán combinar varias actividades productivas, como son la crianza de aves de corral y cerdos con la agricultura y acuicultura de manera integral y sustentable, y asociarla con actividades ecológicas, como son: la

reforestación; el abatimiento a la erosión; la conservación de una buena calidad de agua, así como la recarga de los acuíferos.

## Conclusiones

Las presas de infiltración servirán para incrementar el contenido de agua no solo subterráneo, sino dentro del sitio mismo de la presa.

La superficie de suelo se incrementará al aprovechar los materiales de las trampas de sedimentación, serán suelos muy fértiles por los desechos orgánicos de los estanques, y actividades agrícolas. La erosión será mínima y los problemas de azolve también.

La flora, fauna y reforestación serán desarrollados considerablemente, encaminándose a la reintroducción y conservación de especies nativas.

Las actividades agrícolas, ganadería y acuícolas bajo un programa de desarrollo sustentable e integral en las presas de infiltración tendrán una producción redituable, que elevaría el nivel de vida de la comunidad en cuanto a la alimentación, desarrollo de la economía local, creación de empleos y frenado de la mancha urbana.

Con el estudio realizado, se propone construir un módulo experimental de pruebas para selección de los parámetros operativos de presas de infiltración en el Valle de México, atendiendo a aspectos como: selección de especie de macrófitas para purificación natural de aguas; estudios granulométricos para la selección de material de relleno en presas de infiltración; medición de propiedades de flujo dentro de presas de infiltración; selección de especies piscícolas para estanques de presas de infiltración, y desarrollo de experimentos para conocer la funcionalidad de presas de infiltración en la eliminación de residuos orgánicos.

Asimismo, construir una presa experimental de infiltración en la ladera sur del Cerro Guadalupe, Sierra de Santa Catarina (Delegación Tláhuac), en una superficie de 1 hectárea, y construir una presa experimental de purificación e infiltración de aguas en la Presa Mixcoac, probando allí, el sistema de purificación natural mediante tierras húmedas, con una superficie de prueba de 1 hectárea.