



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

DIVISIÓN DE INGENIERÍA MECÁNICA
E INDUSTRIAL

SISTEMA DE PLANEACIÓN ESTRATÉGICA ENFOCADO A
LA SUSTENTABILIDAD DE UN PROGRAMA PARA LA
CAPTACIÓN DE PRECIPITACIONES PLUVIALES EN LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

TESIS QUE PRESENTAN:

EDUARDO ARAGÓN ROMERO

MARCO ANTONIO QUIÑONES SANDOVAL

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO INDUSTRIAL

ASESOR DE TESIS:

ING. ELIZABETH MORENO MAVRIDIS



2011

Dedicatorias y agradecimientos:

Marco Antonio.

Esta tesis la dedico a toda mi familia y mis compañeros de carrera, gracias por todo su apoyo sin el cual yo no estaría aquí.

Con mucho cariño y principalmente a mis padres por ser la base de lo que soy y lo que seré.

A mamá Jose, no tengo palabras suficientes para agradecerte todo lo que has hecho por mí, gracias por todo tu esfuerzo, dedicación y amor. Eres lo más importante en mi vida y la mejor madre que Dios me pudo dar.

A mi papá Ines, gracias por enseñarme el verdadero significado del compromiso, gracias infinitas por estar ahí cuando otros no quisieron, gracias por todo el trabajo, desveladas y riesgos que has tomado, tú me has traído a donde me encuentro y eres mi ejemplo a seguir.

A mis hermanas Sandra y Nataly, por todas las cosas que hemos vivido, las risas, las peleas, los buenos y malos momentos, el apoyo que siempre me dieron y su cariño, las quiero mucho y estoy muy orgulloso de las mujeres en las que se están convirtiendo.

A todos mis amigos que me han acompañado durante esta etapa de mi vida.

Finalmente con mucho amor a ti, Vany. Gracias por todo el apoyo y la confianza que siempre has tenido en mí, por estar siempre conmigo en los momentos que más te he necesitado y por todas las cosas que he vivido a tu lado. Gracias por todo, eres lo mejor que me ha pasado en la vida. Te amo.

Eduardo.

La presente tesis la quiero dedicar a todas las personas que me han acompañado durante mi desarrollo personal e intelectual.

A mi padre, Roberto. Ingeniero, porque siempre has sido una inspiración y un modelo a seguir. Me has apoyado en todos los momentos difíciles de mi vida y también en aquellos que alcancé dicha y regocijo. Aún después de haber terminado la carrera, apoyaste mis decisiones profesionales y me impulsaste a luchar por aquello que soñé. Gracias por tus palabras, por las noches en vela, y por esa franqueza que es característica de la familia Aragón, apellido que porto con gran orgullo.

A mi madre, Elsa. Por todo el amor que me das, por sujetar mi espalda cuando sentía que ya no podía más. Por siempre estar ahí a pesar de la distancia. Por dejarme ser y apoyar lo que hago. Me enseñaste a luchar por lo que quiero y a defender mis ideales. Cuando no veía manera de salir de un problema tú siempre tenías las palabras clave para tomar la mejor decisión: cree en ti. Gracias, por todo.

A mi hermana, Jéssica. Porque contigo tuve que aprender a sobre llevar cosas que el destino puso enfrente de nosotros. Pese a las peleas del pasado, pese a los caminos que hemos tomado, sé que estás ahí y que la vida, tanto como a mí, nos ha enseñado muchas cosas que no hubiera sido capaz de dominar sin el ejemplo que me has dado. Gracias.

A mi abuela, Elsa. Hemos pasado tantas cosas, y sin ti definitivamente no hubiese llegado hasta aquí. Contigo puedo darme ese lujo de poder hablar cosas que me distraen de la carrera. Ya sean libros, películas o incluso un buen momento jugando cartas, tu sabiduría y honestidad me enseñaron a ver las cosas desde un punto de vista más humano. Gracias.

Paty, tu siempre me has apoyado e incluso abogado por mí. Gracias a ti he aprendido muchas cosas, gracias por cuidar de mí aunque no es tu deber hacerlo. Gracias por cuidar de mi papá y por sujetarle la mano en los momentos difíciles, eso lo agradeceré infinitamente, incluyendo todo el apoyo que tu familia nos ha dado.

A mis amigos Sinhue, Oscar, Daniel, Aarón, Renee. Indira, Ivania, Ximena, Evelyn, Gabriela. Ustedes siempre estuvieron ahí para apoyarme.

Coma, ale... por escuchar mis desvaríos y compartir momentos geniales conmigo. Gracias por ser genial, por ser mi amiga.

Julio, gracias a ti comprendí muchas cosas. Me ayudaste a resolver problemas y a tomar decisiones siempre correctas. Gracias por todo, amigo.

Marco, confiaste en mi para realizar este y muchos otros trabajos. Desde cuarto semestre hemos compartido clases y aprendido las mismas cosas. Gracias por ser mi amigo y apoyarme en estos momentos de incertidumbre profesional.

A Carlos, Ulises, Jorge, Rogelio, Chan, Oscar, Daniela, Odette. Por aguantar mis desvelos y teorías, ustedes representan esa parte que me da mi esencia y me distingue de los demás.

A mi novia, Mónica. Por apoyarme en esta etapa de mi vida y crecer conmigo. Por ser quien le da impulso a lo que busco. Por brindarme tu hombro, tu comprensión y acompañarme en el sendero que he optado recorrer. Por regresar a mi vida después de ir errantes los dos. Eres luz, eres el sonido de mis días. Te amo con todo mi corazón. Gracias por respetarme y escuchar lo que tengo que decir. Gracias por todo amor.

Finalmente quiero agradecer a todos aquellos compañeros de la universidad, a todos mis compañeros músicos. A quienes me escucharon y confiaron en mí para resolver algún problema. A la Ingeniera Elizabeth por creer en nosotros y aguantar el desarrollo de esta tesis. Gracias.

Índice

Prólogo	7
Marco teórico y Estado del Arte	9
a) Marco teórico, definiciones	9
a.1) Planeación	9
a.2) Características de la planeación	9
a.3) Planeación táctica y estratégica	11
a.3.1) Planeación a corto plazo	11
a.3.2) Planeación a largo plazo	11
a.3.3) Diferencia entre planeación táctica y estratégica	11
a.4) Sistema	13
a.4.1) Las fronteras de un sistema	13
a.5) Misión	13
a.6) Visión	14
a.7) Diferencia entre misión y visión	15
a.8) Fusión de misión y visión	15
a.9) Objetivos y metas	16
a.10) Clasificación de objetivos	16
a.10.1) Objetivos de estilo	16
a.10.2) Objetivos de rendimiento	16
a.10.3) Objetivos sumamente generales	17
a.11) Meta	17
a.12) El acrónimo S.MART	18
a.13) Sustentabilidad	18
a.14) Balance hídrico y auditoría del agua	21
b) Estado del arte	21
Capítulo 1 Desarrollo de la filosofía del proyecto siguiendo un enfoque estratégico	23
1.1 Misión	23
1.2 Visión	23
1.3 Objetivos principales	23
1.4 Metas	24
1.5 Estrategias	26
1.6 Políticas	26

1.7 Prácticas	26
1.8 Análisis FODA	27
Capítulo 2 Caracterización de la precipitación pluvial	28
2.1 Generalidades	28
2.1.1 Tabla: Contaminantes principales del aire en la ciudad de México	30
2.2 Tabla: Precipitación total anual en la zona del Valle de México	31
2.3 Proceso de transferencia de contaminantes precursores de la lluvia ácida	43
2.4 Evolución histórica del pH en la zona metropolitana y el Valle de México	49
2.5 Balance hídrico integrado del Valle de México	52
2.6 Composición química del agua de lluvia	53
2.7 Composición química del agua de lluvia en dos zonas de captación en la Ciudad de México	54
Capítulo 3 Sistemas de captación de agua de lluvia	55
3.1 Componentes de un sistema de captación del agua de lluvia	55
3.2 Área de captación del agua de lluvia	56
3.3 Estructura para el almacenamiento de agua de lluvia	56
3.3.1 Tanques o cisternas de ferrocemento	56
3.3.2 Cisternas de concreto	57
3.3.3 Cisternas de cemento-tabique	57
3.3.4 Cisternas revestidas con cubierta flotante de geomembrana de PVC, polietileno de alta densidad o polipropileno reforzado	57
3.3.5 Cisternas de metal	58
3.3.6 Tanque de polietileno	58
3.4 Granulometría	59
3.5 Diámetro efectivo	59
3.6 Coeficiente de uniformidad	59
3.7 Forma de los granos	60
3.8 Mantenimiento	60
3.9 Cantidad de arena	60

3.10 Limpieza de la arena	61
3.11 Engrase de roscas	61
3.12 Cambio de arena	61
3.13 Examen de la pintura	62
3.14 Drenaje	62
3.15 Sistema de Filtrado	62
Capítulo 4 Impacto social	64
4.1 Teoría y opiniones sobre la educación de masas	64
4.2 Resumen de la encuesta aplicada en la Facultad de Ingeniería	66
4.3 Resultados de las encuestas	68
Conclusiones	70
Anexos	72
A.1) Modelo	72
A.2) Definición	72
A.3) Filosofía	72
A.4) Programa PUMAGUA	72
A.5) Lluvia lista para beber	83
A.6) ¿Cuáles son los principales problemas sobre la calidad del aire en la ciudad de México?	87
A.7) Azoteas verdes colectan agua de lluvia	88
A.8) Captarán en Iztapalapa agua de lluvia	91
A.9) Aspectos químicos de la lluvia ácida	93
A.10) Chemical composition of rainwater collected at a southwest site of Mexico City, Mexico	93
A.11) Rainwater chemical composition at two sites of Mexico City	101
Bibliografía	111
Mesografía	113

Prólogo.

Cuando pensamos en planeación, por lo general nos viene a la mente una imagen que representa orden, acompañada de una serie de pasos a seguir que nos dirán el cómo, cuándo, dónde y por qué de las cosas buscadas en el documento y, a su vez, justificará la razón de la creación de dicho sistema resaltando los beneficios y áreas de oportunidad internas y externas del proyecto en cuestión.

Precisamente esta tesis tiene como principal objetivo ser base para los futuros proyectos o sistemas de planeación que se originen como consecuencia de la implementación de las diferentes etapas en las que consiste el programa PUMAGUA en sus diferentes dependencias y alcances.

A lo largo del desarrollo de la misma nos dimos cuenta que para hacer planeación es necesario contar con fuentes de información confiables y hacer saber que, a ciencia cierta, el conocimiento aquí citado es trabajo conjunto de varias instituciones que están involucradas de manera directa o indirecta con el trabajo, de personas que nos apoyaron con su información y conocimiento práctico de temas que hubiesen sido imposibles de desarrollar para nosotros debido a falta de recursos.

Para nosotros es un orgullo poder mostrar este tema de tesis en su versión final, después de varios filtros y diversas críticas recibidas (cuyos aportes fueron muy valiosos) hemos logrado conjuntar toda la información obtenida y analizar los escenarios posibles de la implementación de este sistema de planeación en algo que nos gusta llamar *la primera etapa*.

El camino que hemos decidido recorrer al realizar esta tesis ha sido largo, con obstáculos y veredas que parecían ser más sencillas y que de primera impresión parecían tener sólo una posible respuesta. Ahora sabemos que la planeación en general es más complicada de lo que aparenta y esto no se debe a su forma, se debe al contenido y responsabilidad que existe en disminuir la incertidumbre generada con cada paso dado y en reconocer un horizonte de planeación que sea alcanzable, real, medible; pero sobre todo, el poder hacer la interpretación del sistema generado en la vida real, en la práctica.

Queremos agradecer a la Doctora Rocío García Martínez, del Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM, a nuestros compañeros Carlos García García, Marco Antonio Pérez Ávila, Eder José Manzano Ramírez y Sinhue Alonso Segura Flores por brindarnos la valiosa información que han desarrollado y permitirnos hacer uso de ella para el desarrollo de este tema de tesis.

Es así como iniciamos esta travesía en el mundo de la planeación tomando como rama principal la planeación estratégica.

México, D.F., a 27 de noviembre de 2010.

Eduardo Aragón Romero.

Marco Antonio Quiñones Sandoval.

Marco teórico y estado del arte

a) Marco Teórico, definiciones.

a.1) Planeación.

Para ACKOFF ^[1], la planeación se define como:

- *Proyectar un futuro deseado y los medios efectivos para conseguirlo.*
- *Instrumento que usa el hombre sabio, más cuando lo manejan personas que no lo son, a menudo se convierte en un ritual incongruente que proporciona, por un rato, paz a la conciencia, pero no el futuro que se busca.*
- *Proceso de toma de decisiones.*

Para WARREN ^[2], la planeación es *esencialmente un proceso de preparación para la asignación de recursos en la forma más económica y al hacerlo permitir que este compromiso se lleve a cabo con mayor rapidez y de la manera más ordenada. La planeación o preparación para la decisión debe empezar con anterioridad y debe estar orientada para enfrentarse a un futuro que cambia más rápidamente, como tal, es más difícil de predecir. Cualquier pérdida de tiempo que resulte de conflictos entre los desarrolladores del proyecto y el grueso de la planeación, así como todas las personas que contribuyen en el proyecto y usan esos planes, es un perjuicio del propósito que se persigue.*

La planeación tendrá conceptos diferentes en redacción pero similares en contenido según el autor consultado. Para nosotros, la planeación es, en su capa más superficial, los pasos a seguir para alcanzar un futuro deseado.

Más allá de la misma complejidad de la planeación, del horizonte objetivo, la planeación se puede resumir en su forma más pura como el proceso de toma de decisiones para reducir la incertidumbre existente entre lo real y lo deseado en el tiempo establecido.

a.2) Características de la Planeación.

Para ACKOFF ^[1] la planeación debe de tener las siguientes características.

1. *La planeación es una toma de decisión anticipada.*
2. *La planeación es necesaria cuando lo que se quiere alcanzar con la misma implica un conjunto de decisiones independientes.*
Un conjunto de decisiones forma un sistema si el efecto de cada decisión sobre los resultados del conjunto, depende de una o más decisiones restantes.

Algunas de éstas, en el conjunto de decisiones, pueden ser complejas, otras sencillas. Lo más complejo de la planeación se deriva de las interrelaciones de las decisiones más que de las decisiones mismas.

Los conjuntos de decisiones que requieren planeación, tienen las siguientes características importantes:

1. La planeación debe ser dividida en etapas cuando las decisiones a tomar son demasiado grandes o implican responsabilidades que al llevarse a cabo cambiarán drásticamente el resultado obtenido al final de todo el proceso.

2. Las decisiones necesarias no pueden dividirse en subconjuntos o subplaneaciones, deben estar ligadas todas entre sí y con un orden jerárquico que conlleve al éxito de la planeación si éstas son llevadas a cabo conforme lo establecido por quien realiza la planeación, en el tiempo indicado de la manera citada.

Estas dos propiedades sistemáticas explican por qué la planeación no es un acto, sino un proceso, el cual no tiene una conclusión ni punto final natural. Es un proceso que idealmente enfoca una solución, pero nunca la alcanza en definitiva por la siguiente razón:

No existe límite respecto al número de revisiones posibles a las primeras decisiones. El hecho de que con el tiempo se realice la acción, hace necesario determinar lo que se tiene en un momento dado.

Resumiendo, la planeación es un proceso que supone la elaboración y la evaluación de cada parte de un conjunto interrelacionado de decisiones antes de que se inicie una acción, en una situación en la que se crea que al menos que se emprenda tal acción, no es probable que ocurra el estado futuro que se desea y que, si se adopta la acción apropiada, aumentará la probabilidad de obtener un resultado favorable.

La planeación tiene como objetivo la creación de estados futuros buscados los cuales difieren en su totalidad de lo que ocurriría si se sigue un concepto llamado Planeación 0, que se refiere a tomar la decisión de no hacer nada debido a falta de recursos o a que el sistema de planeación propuesto no cumple con las expectativas para alcanzar dicho futuro.

La planeación en sí tiene como motor principal la cualidad de poder ser un todo y a la vez tener la simplicidad para poder ser analizado en cada una de sus partes y encontrar la relación entre ellas, dicho de otra manera, son pasos propuestos anticipando lo que pudiera ocurrir y previendo lo que dejaría de pasar de no hacerse nada al respecto.

a.3) La Planeación Táctica y la Estratégica.

a.3.1) Planeación a Corto Plazo.

Llamada también planeación táctica, se refiere a acciones o procedimientos que se realizarán dentro de un horizonte de planeación no mayor a un año, dependiendo del criterio del autor consultado, ese plazo podrá variar para efectos específicos del mismo.

a.3.2) Planeación a Largo Plazo.

Es un proceso dirigido hacia la toma actual de decisiones teniendo en mente el futuro y como un medio para prepararse para la toma de decisiones futuras para que aquellas puedan llevarse a cabo rápida y económicamente, minimizando las alteraciones que esto presente para el proyecto.

Para WARREN ^[2], su horizonte de planeación *se refiere a aquellas tareas o procesos que se llevarán a cabo con una duración mayor a un año. Los resultados se obtendrán después de dicho horizonte y dependerán en su desempeño de la visión y tiempo acordado por el equipo o encargado de la planeación. Entre más largo sea el horizonte, menos precisa será la tarea de la planeación.*

- *Lo que diferencia a la planeación a largo plazo de otros tipos de planeación es su amplitud e impacto potencial.*

La toma de decisiones que se deriva del desarrollo del plan incluye:

- *Asignación de recursos humanos.*
- *Asignación de recursos financieros y materiales.*
- *Compromiso total con el proyecto y las decisiones a tomar.*

a.3.3) Diferencia entre Planeación Táctica y Estratégica.

Para ACKOFF ^[1], La diferencia entre la planeación táctica y la estratégica es tridimensional. *Cuanto más largo e irreversible sea el efecto de un plan, más estratégico será.*

- 1. La planeación estratégica trata sobre las decisiones de efectos duraderos y difícilmente reversibles. La planeación estratégica es una planeación a largo plazo. La planeación táctica abarca periodos más breves. Pero largo y breve son términos relativos, por ende también lo son estratégico y táctico.*
- 2. En general, la planeación estratégica se interesa sobre el periodo más largo que merezca considerarse; la planeación táctica, sobre el periodo más breve. Se necesitan ambos tipos de planeación, pues se complementan.*

3. *Cuanto más funciones de las actividades de una organización o proyecto sean afectadas por un plan, más estratégico será. La planeación estratégica tiene una perspectiva amplia*

4. *La planeación táctica es más estrecha. Amplia y estrecha también son conceptos relativos que así aumentan la relatividad de lo estratégico y lo táctico. Un plan estratégico para un departamento puede ser táctico desde el punto de vista divisional.*

Si las demás circunstancias permanecen inalterables, la planeación al nivel de la organización es generalmente más estratégica que la planeación a cualquier otro nivel organizativo inferior.

5. *La planeación táctica trata de la selección de los medios por los cuales han de perseguirse objetivos específicos. Estos objetivos, en general, los fija normalmente quien esté a cargo del proyecto o, en su defecto, el nivel directivo en la empresa.*

La planeación estratégica se refiere tanto a la formulación de los objetivos como a la selección de los medios para alcanzarlos.

6. *La planeación estratégica se orienta tanto a los fines, como a los medios. Sin embargo, medios y fines también son conceptos relativos.*

En resumen, la diferencia entre la planeación táctica y la planeación estratégica radica en el alcance de la misma, en su forma y en el horizonte de planeación propuesto, siendo la táctica a corto plazo y la estratégica a largo plazo.

La planeación estratégica ve al futuro deseado como un ideal donde se involucran de manera directa los recursos y los medios para alcanzar dicho estado, sabiendo de antemano que no existe una planeación ideal.

La planeación táctica en sí, es complemento de la planeación estratégica, donde su principal objetivo es cambiar el estado presente de las cosas a un futuro ideal casi de manera inmediata centrándose en un estado principal y conciso de acuerdo con los medios que se buscan implementar o con los que ya se cuenta para realizarla.

a.4) Sistema.

Un sistema es un conjunto de elementos relacionados entre sí, de forma tal que un cambio en un elemento afecta al conjunto de todos ellos. Los elementos relacionados directa o indirectamente con el problema, y sólo estos, formarán el sistema que vamos a estudiar.

Para estudiar un sistema hemos de conocer los elementos que lo forman y las relaciones que existen entre ellos.

La forma usual de análisis se suele centrar en las características de los elementos que componen el sistema, no obstante, para comprender el funcionamiento de sistemas complejos es necesario prestar atención a las relaciones entre los elementos que forman el sistema.

Por ejemplo: es imposible entender la esencia de una orquesta sinfónica únicamente prestando atención a los músicos y a sus instrumentos, es la coordinación que tienen entre sí la que produce la música hermosa. El cuerpo humano, un bosque, una nación, el ecosistema de una barrera de coral son mucho más que la suma de sus partes.

a.4.1) Las fronteras de un Sistema.

Se entiende como frontera de un sistema a aquello que rodea propiamente al sistema y cuya forma delimita de manera precisa los alcances e interacciones del sistema con el exterior.

El sistema debe contener el menor número de elementos posible, que nos permita realizar una simulación para explicar al final cual de las propuestas de actuación que hemos estudiado es más eficaz para solucionar el problema que nos plantean.

a.5) Misión.

Para ACKOFF, *la misión es el motivo, propósito, fin o razón de ser de la existencia del proyecto, porque define:*

- 1. Lo que pretende cumplir en su entorno o sistema social en el que actúa,*
- 2. Lo que pretende hacer, y*
- 3. Para quién lo va a hacer; y es influenciada en momentos concretos por algunos elementos como: la historia de la organización, las preferencias de la gerencia y/o de los propietarios, los factores externos o del entorno, los recursos disponibles, y sus capacidades distintivas.*

Complementando esta definición, citamos un concepto de los autores Thompson y Strickland* que dice:

Lo que una compañía trata de hacer en la actualidad por sus clientes a menudo se califica como la misión de la compañía. Una exposición de la misma a menudo es útil para ponderar el negocio en el cual se encuentra la compañía y las necesidades de los clientes a quienes trata de servir.

**Thompson, Arthur / Strickland A. J. III. Administración Estratégica Conceptos y Casos, 11va. Edición, de, Mc Graw Hill, 2001,*

a.6) Visión.

Para JACK FLEITMAN ^[4], *la visión se define como el camino al cual se dirige el proyecto a largo plazo y sirve de rumbo y aliciente para orientar las decisiones estratégicas de crecimiento junto a las de competitividad.*

Según ARTHUR THOMPSON Y A. J. STRICKLAND ^[3], *el simple hecho de establecer con claridad lo que se está haciendo el día de hoy no dice nada del futuro del proyecto, ni incorpora el sentido de un cambio necesario y de una dirección a largo plazo.*

Hay un imperativo administrativo todavía mayor, el de considerar qué deberá hacer la compañía o emprendedores del proyecto para satisfacer las necesidades de sus clientes el día de mañana y cómo deberá evolucionar la configuración de negocios para que pueda crecer y prosperar.

Por consiguiente, los administradores están obligados a ver más allá del negocio actual y pensar estratégicamente en el impacto de las nuevas tecnologías, de las necesidades y expectativas cambiantes de los clientes, de la aparición de nuevas condiciones del mercado y competitivas, etc.

Deben hacer algunas consideraciones fundamentales acerca de hacia dónde quieren llevar a la compañía y desarrollar una visión de la clase de proyecto en la cual creen que se debe convertir.

En resumen, la visión responde a la pregunta ¿a dónde llegará el proyecto en x tiempo? La visión abarca los alcances últimos del proyecto de planeación. Un ejemplo claro de la visión de un sistema de planeación sería, a manera coloquial, el hacer una planeación personal y preguntarnos ¿cómo o dónde estaré en x años si sigo esta planeación, qué quiero alcanzar con esta planeación en x tiempo?

a.7) Diferencias Entre Misión y Visión.

Según JACK FLEITMAN ^[4], hay muchas diferencias entre misión y visión. Por ejemplo:

- 1. Algunos dicen que la visión es más genérica que la misión y, por lo tanto, que es menos precisa.*
- 2. Otros creen que la visión es algo que yace en la mente de una persona y, por consiguiente, que es menos objetiva que subjetiva.*
- 3. En contraparte, suele pensarse que la misión es mucho más precisa, específica, y que es algo de lo cual ya se tiene alguna certeza.*

En todo caso, conocer el sitio adonde se va a allanar considerablemente el camino, y desde este punto de vista, el concepto de misión es más usual y suele ser definido como el modo en que los empresarios, líderes y ejecutivos deciden hacer realidad su visión.

Sin embargo, cabe señalar que existen otros puntos de vista acerca de las diferencias entre la misión y visión, y que se pueden resumir en los siguientes conceptos:

- Lo que es ahora el negocio (o el motivo, propósito, fin o razón de ser de la existencia de una empresa, proyecto u organización en la actualidad), es la misión.
- Lo que será el negocio más adelante (o el hacia dónde se dirige la empresa a largo plazo y en qué se deberá convertir), es la visión.

En otras palabras, la misión pone énfasis en la "actualidad" del proyecto, en cambio la visión, en el futuro a largo plazo de éste.

a.8) Fusión de Misión y Visión.

Dentro de las múltiples posibilidades que se pueden dar al momento de elaborar una exposición de misión y visión, está la de tener ambas fusionadas, por ejemplo, en una sola declaración de misión.

Acerca de esta afirmación, los autores Thompson y Strickland ^[3] mencionan que en caso de que la exposición de la misión de una compañía no sólo establezca una diferencia clara del proyecto actual, sino que también indique hacia dónde se dirige la compañía y en qué se convertirá en los años próximos, conlleva a que los conceptos de la misión del proyecto (o exposición de la misión) y la visión estratégica se fusionen; en otras palabras, una visión estratégica y una misión del proyecto orientadas hacia el futuro equivalen esencialmente a lo mismo.

a.9) Objetivos y Metas.

Para ACKOFF ^[1], la planeación se funda en la creencia de que se puede mejorar el futuro por medio de una intervención activa actual.

A una predicción de esta naturaleza se le puede llamar *proyección de referencia*. Intenta especificar lo que será el estado futuro del proyecto donde se planea si se decide hacer nada nuevo para la misma.

Cuando el futuro que se describe en la proyección de referencia es satisfactorio; no se requiere planeación. Esto supone que se obtuvo un segundo tipo de proyección que podría llamarse *ideal*.

Se le llama *proyección planeada* a una descripción de la distancia que se cree que el proyecto puede avanzar en el cumplimiento de sus aspiraciones, por lo tanto, la planeación debe iniciar con una proyección de referencia y una proyección ideal.

- *Los estados o resultados deseados del comportamiento son los objetivos.*
- *Se llama ideal a un objetivo que es inalcanzable pero al que uno puede acercarse indefinidamente. (VICKERS, 1965)*
- *Las metas son objetivos que se desean alcanzar en un tiempo específico dentro del periodo que abarca el plan.*

La fase de formular objetivos y metas de la planeación debe cumplir los siguientes requisitos:

1. Especificar los objetivos del proyecto y traducirlos en metas.
2. Proporcionar una definición operacional de cada meta y especificar los pasos a seguir para evaluar el progreso realizado con respecto a cada uno de los mismos.
3. Eliminar los conflictos entre las metas, es decir, decidir lo que se debe hacer cuando el progreso hacia una meta implica sacrificar el progreso hacia otra.

a.10) Clasificación de objetivos según ACKOFF ^[1].

a.10.1) Objetivos de Estilo.

Los estados y resultados instrumentalmente valuados (objetivos de rendimiento), son objeto de suma atención en la planeación. En raras ocasiones se le presta atención a los valores intrínsecos u objetivos estilísticos.

a.10.2) Objetivos de Rendimiento.

Requieren de una definición operacional; esto es, la especificación de los medios por los cuales se puedan medir el progreso hacia el logro de dichos objetivos.

Se pueden resolver los conflictos potenciales entre los objetivos de rendimiento transformando sus medidas importantes a una escala común. Frecuentemente, el análisis del rendimiento real hace posible dicha transformación.

Se pueden combinar los objetivos que se han transformado de esa manera con un objetivo más amplio, cuanto más general sea el nivel de formulación, habrá menos posibilidades de que los planeadores pasen por alto consecuencias significativas de las decisiones.

a.10.3) Objetivos sumamente generales.

Un curso de acción que produce un estado deseado (un objetivo), también puede tener consecuencias que no se expresan en la formulación del objetivo específico. Cuanto más elevado sea el nivel en que se formulan los objetivos, más probable será que abarquen más puntos.

Es evidente que uno no puede fijar las metas, por lo menos hasta que se hayan tomado en consideración los medios que se utilizarán al perseguir las mismas. Esto enfatiza el hecho de que todas las partes de un plan son interdependientes. Desgraciadamente sólo se pueden analizar de manera individual.

a.11) Meta.

ACKOFF ^[1] facilita el concepto de meta como todo lo que es alcanzable y además medible. También las identifica como partes que ayudarán a notar cuando se ha producido un cambio de acuerdo con la planeación hecha y además existe evidencia de que se ha llegado a dicho estado deseado.

Es muy común que se escuche comentar a la prensa que tal gobierno está cumpliendo la primera de las metas de su plan de gobierno, cuando se informa que la desocupación logró bajarse de 20% a 10% en un mes.

Y en el caso de las empresas tiene una relación bastante cercana al caso de los gobiernos, ya que las empresas también se plantean pasos a mediano plazo en orden al mantenimiento de la rentabilidad de su negocio.

La meta de una empresa comercializadora de muebles de escritorio, será vender y vender la mayor cantidad posible respecto del mes anterior, tomado como medida a superar.

En tanto, metiéndonos un poco con el costado espiritual y que atañe a la personalidad también, que permite la consecución de una meta, nos encontramos con que es la constancia la mejor aliada a la hora de lograr el cumplimiento de cualquier meta, porque sin la inversión de mucho,

mucho esfuerzo y que sea constante en el tiempo, será imposible el logro de cualquier meta, ya sea personal o social.

a.12) El Acrónimo SMART

Para la realización de esta tesis, y siguiendo una filosofía estratégica con tendencia al desarrollo sustentable de proyectos, seguiremos el siguiente método llamado SMART, que es un acrónimo en inglés que forma la palabra “inteligente” y hace referencia a cinco cualidades que todo objetivo debería tener:

Específico.- Los objetivos deben contener acciones en sí mismos y no ser definidos de forma vaga, tampoco es recomendable que un objetivo abarque un gran número de acciones en sí mismo, lo ideal es que cada objetivo conlleve una acción determinada.

Mesurables.- Los logros de los objetivos deben poder medirse, esto nos permite saber a tiempo si estamos yendo por el camino correcto o no, además el hecho de que un objetivo sea medible hará que nos sintamos motivados al ver los logros producidos.

Alcanzables.- Los objetivos inalcanzables no proveen motivación sino autoengaño, siempre debemos ser optimistas y esperar lo mejor de nuestro trabajo y nuestros recursos, pero no debemos esperar resultados desproporcionadamente elevados en comparación con los recursos invertidos.

Realistas.- Existen varios emprendedores que sobreestiman lo que podrían llegar a lograr en poco tiempo así que se trazan metas demasiado grandes, si bien es bueno plantearse grandes y ambiciosas metas ya que provee una motivación especial a los objetivos, estos deben ser trazados en forma realista.

Tiempo.- Se dice que un objetivo debe ser un “sueño con fecha de vencimiento”, la presión de tiempo contribuye a la autodisciplina y a la autoexigencia.

a.13) Sustentabilidad.

GÓMEZ-LOBO Y ANDRÉS ^[6] extraen el concepto de sustentabilidad que se hizo conocido mundialmente a partir del informe "Nuestro Futuro Común", publicado en 1987 con motivo de la preparación a la Conferencia Mundial de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo, realizada en Río de Janeiro, Brasil, en 1992. El informe fue también conocido como Informe Brundtland, debido a que la Comisión encargada de su publicación fue liderada por la ex ministra noruega Gro Harlem Brundtland.

La Comisión Mundial para el Medio Ambiente y el Desarrollo, establecida por las Naciones Unidas en 1983, definió el desarrollo sustentable como *el que satisface las necesidades del presente sin comprometer las capacidades que tienen las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades.*

Se utiliza la palabra sustentable como un anglicismo de la palabra *sustainable*, referida a algo capaz de sostenerse indefinidamente en el tiempo sin agotar nada de los recursos materiales o energéticos que necesita para funcionar.

El desarrollo sustentable implica pasar de un desarrollo pensado en términos cuantitativos - basado en el crecimiento económico - a uno de tipo cualitativo, donde se establecen estrechas vinculaciones entre aspectos económicos, sociales y ambientales, en un renovado marco institucional democrático y participativo, capaz de aprovechar las oportunidades que supone avanzar simultáneamente en estos tres ámbitos, sin que el avance de uno signifique el atraso de otro.

Es lo que algunos académicos y autoridades han comenzado a llamar el círculo virtuoso del desarrollo sustentable, basándose en casos donde se han logrado superar los antagonismos entre crecimiento económico, equidad social y conservación ambiental, reforzándose mutuamente y con resultados satisfactorios para todas las partes involucradas (ganar-ganar).

Para que el reforzamiento mutuo entre estos aspectos ocurra, son necesarias la motivación y la capacidad de innovación generalizadas, propias de un sistema donde conviven una economía de mercado y una democracia política.

Lograrlo no es tarea fácil y en algunos casos implicará sacrificar un objetivo en favor del otro (trade off, es decir, negociar), sobre todo en países donde la superación de la pobreza y la satisfacción de las necesidades básicas son la principal prioridad, a pesar de que ello signifique la depredación de sus ecosistemas.

Las diferencias entre países hace que el desarrollo sustentable sea aún una meta muy lejos de alcanzar para muchos de ellos. Aunque los países industrializados, especialmente los nórdicos, están más avanzados, todavía existen países ricos que se resisten a asumir conductas productivas y un estilo de desarrollo más sustentable.

Los países más pobres, a su vez, sufren las consecuencias de la huella ecológica que deja la exportación de sus materias primas y recursos naturales (bosques nativos, minerales, fuentes

energéticas, productos agrícolas, praderas y ganados) a lugares como Europa, Japón o Estados Unidos.

Estos últimos disponen de los recursos económicos y humanos, y de los conocimientos necesarios para desarrollar las tecnologías que permiten industrializar y comercializar los productos provenientes del mundo en desarrollo, obteniendo la mayor ganancia que resulta de agregar valor a los recursos naturales. Dada esta asimetría, aumentan las diferencias sociales y ambientales entre los países ricos y pobres.

La sustentabilidad supone un cambio estructural en la manera de pensar el desarrollo, en la medida en que impone límites al crecimiento productivo, al consumo de recursos y a los impactos ambientales más allá de la capacidad de aguante del ecosistema. Establecer límites significa hacer un llamado a no *descapitalizarnos*, entendiendo que existen distintos tipos de capital complementarios e interdependientes y no sustitutivos entre sí:

- Capital financiero: planificación macroeconómica sana y un manejo fiscal prudente.
- Capital físico: infraestructura tales como edificios, equipos, caminos, industrias y puertos.
- Capital humano: buena salud, educación y competencias para mantener el mercado laboral.
- Capital social: habilidades y capacidades individuales como también de las instituciones, relaciones y normas que determinan la calidad y cantidad de las interacciones sociales.
- Capital natural: recursos naturales -comerciales y no comerciales- y servicios ecológicos, los cuales proveen de lo necesario para la vida, incluyendo comida, agua, energía, fibras, estabilización del clima, capacidad de regeneración del agua, y otros servicios que mantienen la vida.

Comúnmente el capital más valorado ha sido el financiero y el físico, pero hay una revalorización del capital social y humano, lo que representa una oportunidad para reducir la dependencia de los recursos naturales e impulsar la diversificación hacia actividades intensivas en conocimiento y tecnología.

Además, la revalorización del capital natural atrae inversiones nacionales e internacionales basadas en la conservación y no en la extracción y, en muchos casos, en la integración de entornos naturales y culturas tradicionales únicas para generar propuestas creativas de desarrollo local sustentable.

a.14) Balance Hídrico y Auditoría del agua ^[7].

Balance hídrico abarca desde los caudales que ingresan a las redes de distribución, hasta los que se alimentan a cada una de las instalaciones y los que retornan en forma de aguas residuales al sistema de alcantarillado.

Estos caudales están determinados a su vez por los patrones de uso (baños, cocinas, laboratorios, albercas, gimnasios, riego de jardines y otros), así como por las condiciones físicas de las redes de distribución y de las instalaciones hidráulicas de los edificios, mismas que explican la posible presencia de fugas. Tan importante como la cantidad, la calidad del agua suministrada impacta la salud de la comunidad universitaria, mientras que la calidad de las aguas residuales que se generan determina las necesidades de tratamiento de las mismas; sea para cumplir con la normatividad en la materia o, más importante aún, para su posterior reúso que, en forma segura, permita sustituir el uso de agua potable en actividades que no requieran tal calidad.

El conjunto de acciones requeridas para establecer con precisión el balance hídrico, en cantidad y calidad, se conoce internacionalmente como auditoría de agua, misma que se sustenta en la medición continua y sistemática de las distintas variables que determinan el balance hídrico, incluidos los análisis y determinaciones de la calidad del agua potable y de las aguas residuales.

b) Estado del Arte.

En la actualidad, la Ciudad de México enfrenta problemas debido a la escasez de agua en diversas zonas.

De acuerdo con la investigación realizada para este punto, *para el ingeniero Manuel Anaya Garduño integrante del COLPOS (colegio de posgraduados de la Universidad de Chapingo) el problema del agua puede solucionarse con proyectos a pequeña escala: “Escuelas, fábricas, universidades y empresas del sector privado podrían invertir en sus propios sistemas de agua de lluvia”.*

El ingeniero Manuel Anaya Garduño ideó un sistema para cosechar el agua de lluvia que sobra a fin de resolver parcialmente el problema del agua potable en beneficio de las más de 150 000 comunidades rurales que carecen de infraestructura. El sistema consiste en captar agua de lluvia en los techos, almacenarla en cisternas y dirigirla a una planta donde se purifica y se envasa, explica Anaya, En 1977 el ingeniero Manuel Anaya asistió a la Primera Conferencia Mundial de Lucha contra la Desertificación, convocada por la ONU y celebrada en Nairobi, Kenia. De esta

experiencia surgió el proyecto de lo que hoy es el CIDECALL: Centro Internacional de Demostración y Capacitación para el Aprovechamiento de Agua de Lluvia, una organización dedicada a llevar agua de lluvia potable a comunidades rurales.

*En la planta de purificación CIDECALLI, única en su tipo, el techo está diseñado para enviar el agua de lluvia a una gran cisterna impermeabilizada con láminas de cloruro de polivinilo (comúnmente llamadas geomembranas de PVC), un material no dañino que protege al líquido. Ahí se inicia el proceso de purificación, según lo describió el ingeniero Alejandro Uruzquieta, colaborador del proyecto. (Artículo completo en anexo a.5, *lluvia lista para beber*, por Aleida Rueda. Artículo publicado en *¿Cómo ves?*, julio de 2008. Fuente: <http://www.comoves.unam.mx/>)*

Otro ejemplo práctico de captación de agua de lluvia en la Ciudad de México está Justo detrás del Hospital Español, en la colonia Polanco de la Ciudad de México, se observa, en lo alto de un penthouse, una palmera en la azotea. Como éste, en un edificio en la capitalina colonia del Valle se ha creado en la parte superior un área común con espacios verdes, al igual que otro en la colonia Patriotismo y un par de casas en Bosques de las Lomas y Lomas de Chapultepec.

Son azoteas verdes, un concepto impulsado por la empresa mexicana eConstrucción, que intenta impulsar la recuperación de agua fluvial para el uso doméstico o industrial, a través de un espacio verde.

“Este sistema se ha usado desde los años 70 en Alemania. Ya es algo probado”, dice Alejandro Tazzer, cofundador y director general de eConstrucción. “Aquí en la ciudad hemos logrado que una casa recupere hasta 65% del agua que cae de la lluvia para sus tareas cotidianas: lavar trastos, usar el WC y hasta bañarse”.

El 1 de octubre de 2008, con una pequeña inversión de 250,000 pesos, crearon una constructora que incorpora soluciones ecológicas con el uso de materiales 100% mexicanos. La idea ha funcionado. A un año, han vendido 25 millones de pesos, no sólo con azoteas verdes, sino con todo tipo de proyectos sustentables. (Azoteas Verdes Colectan Agua de Lluvia. Publicado: Domingo, 22 de noviembre de 2009 a las 06:00 por: Nelly Acosta Vázquez, artículo completo en anexo A7).

Capítulo 1 Desarrollo de la filosofía del proyecto siguiendo un enfoque estratégico.

Basándonos en las definiciones previas, así como en el estado del arte de la captación de las precipitaciones pluviales en la Ciudad de México y Zona Metropolitana, consideramos de importancia vital para el desarrollo de esta tesis el sentar las bases correctas para la filosofía estratégica del proyecto.

El aplicar correctamente dichas bases será de utilidad en el desarrollo de la metodología estratégica del proyecto, ya que, partiendo de cimientos sólidos en la parte más básica de la planeación, entonces el desarrollo de la misión, visión, objetivos y metas será congruente con la filosofía del proyecto planteada en este trabajo

Cabe mencionar que el desarrollo de estos puntos está fundamentado principalmente en la corrección y análisis del programa PUMAGUA, desarrollado por el Instituto de Ingeniería de la Facultad de Ingeniería de la UNAM, donde se presentan las declaratorias encontradas en el apartado ANEXOS.

Por lo que se establecen:

1.1 Misión:

Ser la base para desarrollar un sistema de planeación estratégica enfocado a la sustentabilidad de un programa para la captación, uso y reutilización de las precipitaciones pluviales sobre el territorio de la División de Ciencias Básicas y parte de la Unidad de Posgrado de la Facultad de Ingeniería.

Horizonte de planeación: 1 año

1.2 Visión:

Crear el sistema de planeación definitivo para el proyecto en curso y evaluar cada una de las etapas previstas en el programa PUMAGUA. Desarrollar la mejora continua del programa e implementar las acciones para dicha mejora.

1.3 Objetivos principales:

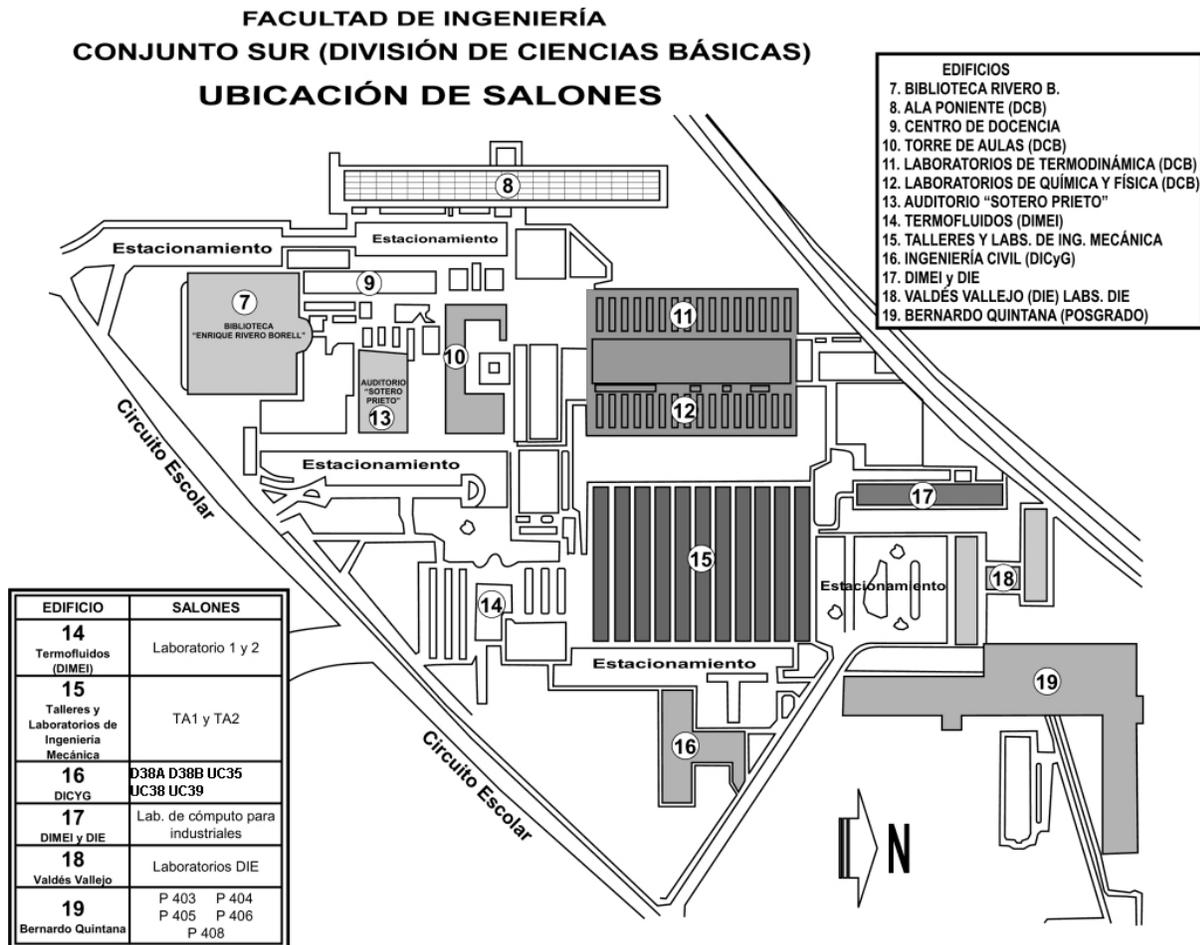
1. Analizar la caracterización de la precipitación pluvial de la zona enfocándose en la toxicología de la misma y así proponer la infraestructura necesaria para garantizar la correcta captación, uso y reutilización del agua de lluvia.

2. Hacer un análisis de las condiciones de infraestructura adecuado para implementar un sistema de planeación estratégico enfocado a la creación de sistemas de captación y aprovechamiento de agua pluvial.
3. Obtener los resultados de las encuestas realizadas sobre el impacto social en la Facultad de Ingeniería que provocará la puesta en marcha del proyecto PUMAGUA.
4. Crear una filosofía de planeación estratégica para el proyecto.

1.4 Metas a largo plazo:

1. Identificar los elementos que afectarían de manera directa a la selección de materiales y tecnología según el análisis toxicológico del agua.
2. Determinar, de las áreas propuestas para la correcta captación, uso y reutilización de las precipitaciones pluviales en la zona de la División de Ciencias Básicas y Unidad de Estudios de Posgrado de la Facultad de Ingeniería; cuáles son adecuadas y cuáles no para dicho propósito.
3. Evaluar, de las tecnologías necesarias para garantizar la calidad total del sistema, incluyendo análisis toxicológico, filtración adecuada y necesaria así como sistemas de distribución; cuáles son ideales para dicho fin.
4. Analizar e interpretar la información obtenida por medio de las encuestas aplicadas en la Facultad de Ingeniería acerca del impacto social que la implantación del proyecto causará.

Hemos considerado que los objetivos y las metas anteriores, son los necesarios para el correcto desarrollo del Programa de Captación, Uso y Reutilización de las precipitaciones pluviales que se den en la zona territorial ya demarcada con anterioridad, como se ve en el mapa siguiente.



MAPA DE LA DIVISIÓN DE CIENCIAS BÁSICAS Y OTRAS.

1.5 Estrategias

- Crear vínculos de trabajo con el Centro de Ciencias de la Atmósfera UNAM para continuar la investigación sobre los efectos del agua de lluvia en la aplicación directa del proyecto.
- Generar alianza estratégica con el equipo encargado del programa PUMAGUA para aprovechar los recursos con los que cuenta el Instituto de Ingeniería y dar seguimiento a los avances que se planean obtener con este trabajo.
- Redefinir el concepto de reutilización del agua mediante el trabajo conjunto con el equipo de encargado del análisis social y el impacto ambiental del proyecto.

1.6 Políticas

- Honestidad: presentar siempre datos fidedignos que ayuden a ratificar la transparencia del proyecto y viabilidad.
- Calidad: hacer las cosas bien, a la primera y cada vez mejor.
- Mente abierta: este trabajo es multidisciplinario y debe de conservar este aspecto durante toda su vida.
- Ética profesional: todas las decisiones tomadas en este proyecto deben de seguir los lineamientos adecuados para el correcto uso de la información y el adecuado desempeño intelectual del personal involucrado en el mismo.

1.7 Prácticas

- Realizar evaluaciones periódicas de la caracterización de las precipitaciones pluviales cuando menos una vez en temporada de lluvias o cuando los encargados del Centro de Ciencias de la Atmósfera lo crea conveniente.
- Asistir a conferencias relacionadas con el tema de acuerdo con la agenda elaborada por los encargados del Centro de Ciencias de la Atmósfera y el Instituto de Ingeniería.
- Evaluación periódica del estado del equipo instalado para la recolección del agua de lluvia cuando menos una vez cada seis meses.
- Elaborar estudios de ambiente social para ver el tipo de respuesta obtenida en la comunidad de la Facultad de ingeniería una vez que los equipos estén instalados y funcionando.

1.8 FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas)

Fortalezas	Oportunidades
1. Apoyo del Centro de Ciencias de la Atmósfera	1. La respuesta positiva que arrojan las encuestas realizadas a la comunidad de la Facultad
2. Trabajo Multidisciplinario	2. Escenario favorable para el desarrollo del proyecto debido al auge de la llamada conciencia verde
3. Trabajo conjunto con el Instituto de ingeniería	3. Campañas publicitarias actuales sobre el cuidado, uso y reutilización del agua a nivel doméstico
4. Fuentes confiables de información	4. Aprobación del proyecto por parte de la UNAM gracias a la existencia de una fase previa encabezada por el Instituto de Ingeniería
5. Conocimiento del ambiente social mediante encuesta	5. Desarrollo continuo de tecnologías aplicables al proyecto
6. Constantes aportes y críticas del trabajo por parte de todas las áreas involucradas	
Debilidades	Amenazas
1. Falta de experiencia en proyectos enfocados a la recolección de agua de lluvia	1. Falta de cultura en la reutilización del agua
2. Falta de infraestructura aplicable al proyecto	2. Dependencia de una variable no periódica para la realización de estudios y fundamentación del proyecto
3. Falta de comunicación entre entidades relacionadas con el proyecto	3. Escaso desarrollo de un ejercicio de Mercado relacionado con la venta y compra de tecnología referente a la captación, uso y reutilización del agua.
4. Ausencia de seguimiento a varias áreas del proyecto	4. Regulaciones y dificultades para poder realizar modificaciones a la estructura actual de las instalaciones en referencia a excavaciones y/o montaje del equipo necesario.

Capítulo 2 Caracterización de la precipitación pluvial.

Este capítulo se enfoca en la justificación de la necesidad de un estudio específico sobre las características de la precipitación pluvial en el Valle de México, partiendo de lo general a lo particular a manera de conocer e identificar la caracterización de la precipitación pluvial que acontece en la zona de estudio, específicamente Ciudad Universitaria.

Este estudio lo realizó el Centro de Ciencias de la Atmósfera UNAM y en especial con la colaboración de la doctora Rocío García Martínez quien amablemente nos facilitó las versiones originales de los estudios realizados a las precipitaciones pluviales en Ciudad Universitaria. (Artículos completos en la sección de anexo A.10 y A.11, traducciones: Eduardo Aragón Romero, Marco Antonio Quiñones Sandoval)

2.1 Generalidades.

Al analizar y realizar la caracterización de la precipitación pluvial tenemos como objetivo señalar el efecto que tienen las condiciones ambientales tales como la contaminación del aire y del suelo en el agua de lluvia. Como se han estudiado las condiciones de contaminación ambiental de la Ciudad de México y la Zona Metropolitana son de considerarse, como lo indican las diferentes citas hechas en el primer capítulo.

Considerando lo anterior se incluye el siguiente análisis.

Los contaminantes presentes en la Ciudad de México son un factor que modifica el medio ambiente donde se desarrollan las diversas actividades humanas. No exenta, Ciudad Universitaria sufre un fenómeno causado por las características geográficas de la Ciudad de México. La llamada *cazuela*, donde todo un sistema montañoso rodea a la ciudad, provoca que la contaminación del aire no siempre permanezca en donde se produce.

En un tiempo asombrosamente corto pueden trasladarse estos contaminantes alrededor de todo el globo terráqueo. A este proceso se le conoce como, transporte y dispersión, y es un proceso muy complejo. Existen diferentes factores que afectan la dispersión del aire, incluyendo los vientos y la estabilidad atmosférica, así como el terreno local. El viento se genera a causa de diferencias en la presión de la atmósfera.

La presión es el peso de la atmósfera en un momento determinado. La altura y temperatura del aire, determinan el peso atmosférico.

Debido a que el aire frío pesa más que el aire caliente, la masa de alta presión de aire está formada por aire frío. La masa de baja presión está formada por aire más caliente y liviano.

Por otro lado la velocidad del viento puede afectar en gran medida la concentración de agentes contaminantes. El viento puede diluir los agentes contaminantes y dispersarlos rápidamente, pero esto sólo trae contaminación a lugares limpios.

La estabilidad atmosférica se acopla al movimiento vertical de la atmósfera. Por lo general, el aire que se encuentra cerca de la superficie de la tierra está caliente durante el día, a causa de la absorción de la energía del Sol.

El cálido aire liviano proveniente de la superficie, asciende y se mezcla con el pesado aire frío de la atmósfera superior. A este proceso de inestabilidad se le conoce como, convección. Este movimiento constante también es resultante de la dispersión del aire contaminado. Generalmente, las condiciones atmosféricas estables se suceden cuando el aire caliente se encuentra sobre el aire frío. A esto se le conoce como, inversión de temperatura.

Durante una inversión de temperatura, el aire contaminado que está en la capa inferior de la atmósfera queda atrapado allí, y tan sólo puede ser removido a través de fuertes vientos horizontales.

Debido a que, con frecuencia, los sistemas de alta presión combinan condiciones de inversión de temperatura y vientos de baja velocidad, la existencia de estos sobre una zona industrial, generalmente resulta en una nube de humo de contaminación severa.

La dispersión de la contaminación también se ve afectada por la cantidad de turbulencia que hay en la atmósfera. La turbulencia puede ser creada tanto por los movimientos horizontales, como los movimientos verticales de la atmósfera.

Otros factores de los estados del tiempo, los cuales afectan a la concentración de agentes contaminantes del aire incluyen, radiación solar, precipitación y humedad. La radiación solar contribuye con la formación del ozono que reacciona para crear contaminantes secundarios.

La humedad y las precipitaciones también tienen un efecto sobre los agentes contaminantes, tales como las sustancias responsables de la lluvia ácida. Así mismo, la precipitación puede tener un efecto beneficioso al limpiar del aire gases contaminantes solubles y partículas.

Por lo general, las grandes ciudades que se encuentran circundadas por características geográficas complejas, tales como valles y montañas, tienen altos niveles de contaminación a causa de la barrera natural que interrumpe el transporte y la dispersión. Los Ángeles, Denver y la Ciudad de México son ejemplos de ciudades que se encuentran en cuencas circundadas por cordilleras de montañas. Estas ciudades sufren de altos niveles de contaminación que son influenciados por la geografía de la zona que la circunda.

A continuación se presenta un listado de los tres principales contaminantes del aire que afectan el valle de México así como sus fuentes.

2.1.1 Contaminantes Principales del aire en la Ciudad de México. [fuente:<http://www.transparenciamedioambiente.df.gob.mx>]

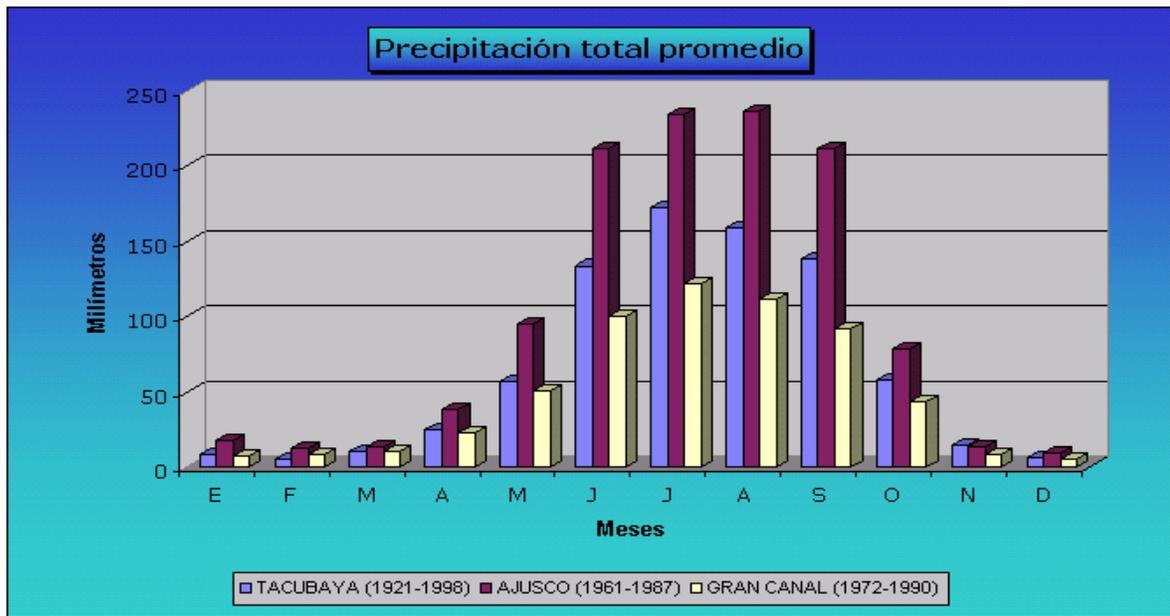
Sector	Emisiones equivalentes de CO ₂ [ton /año]			
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	Total
Industrial	10,345,252	4,683	8,945	10,358,880
Productos alimenticios, bebidas y tabaco	1,308,189	566	1,112	1,309,867
Textiles, prendas de vestir e industria del cuero	328,074	199	507	328,780
Industria de la madera y productos de madera	16,890	12	31	16,933
Papel y productos de papel, imprenta y editoriales	918,706	462	1,000	920,168
Sustancias químicas, productos derivados del petróleo y del carbón, de hule y de plástico	1,545,359	920	2,274	1,548,553
Productos minerales no metálicos. Excluye los derivados del petróleo y del carbón	974,061	443	919	975,423
Industrias metálicas básicas	355,893	146	254	356,293
Productos metálicos, maquinaria y equipo. Incluye instrumentos quirúrgicos y de precisión	1,235,842	471	795	1,237,108
Otras industrias manufactureras	52,563	26	58	52,647
Generación de energía eléctrica	3,609,675	1,351	1,995	3,613,021
Fugas en instalaciones a GLP	N/A	2	N/A	2
HCNQ en la combustión de GLP	N/A	85	N/A	85
Comercial-institucional	972,601	403	479	973,483
Combustión comercial-institucional	972,601	325	479	973,405
Fugas en instalaciones a GLP	N/A	3	N/A	3
HCNQ en la combustión de GLP	N/A	75	N/A	75
Residencial / habitacional	4,233,924	2,140	2,098	4,238,162
Combustión habitacional	4,233,924	1,421	2,098	4,237,443
Fugas en instalaciones a GLP	N/A	370	N/A	370
HCNQ en la combustión de GLP	N/A	349	N/A	349
Transporte carretero	21,139,856	78,952	407,724	21,626,532
Autos particulares	10,239,732	48,930	244,697	10,533,359
Taxis	2,541,475	7,854	65,547	2,614,876
Combis	681,868	3,570	22,894	708,332
Microbuses	743,058	3,129	12,303	758,490
Pick up	814,809	5,124	26,798	846,731
Vehículos de menos de 3 ton	613,398	1,701	7,956	623,055
Tractocamiones	1,552,755	105	1,121	1,553,981
Autobuses	1,903,637	454	2,422	1,906,513
Vehículos de más de 3 ton	1,689,973	4,347	19,926	1,714,246
Motocicletas	359,151	3,738	4,060	366,949
Otras fuentes	1,069,149	5,182,720	20,463	6,272,332
Operación de aeronaves	7,610	0	0	7,610
Locomotoras (foráneas/ patio)	66,562	0	8,060	74,622
Terminales de autobuses	3,432	8	3	3,443
Distribución y almacenamiento de GLP	N/A	38	N/A	38
Incendios forestales	318,095	28,161	12,400	358,656
Rellenos sanitarios	673,450	5,154,513	N/A	5,827,963
Total	37,760,782	5,268,898	439,709	43,469,389

N/A: No Aplica
HCNQ: Hidrocarburos no quemados

2.2 PRECIPITACION TOTAL ANUAL EN LA ZONA DEL VALLE DE MÉXICO (MILÍMETROS)

Estación	Periodo	Precipitación promedio	Precipitación del año más seco		Precipitación del año más lluvioso	
			Año	Precipitación	Año	Precipitación
Tacubaya	1921-1998	787.6	1945	460.3	1976	1,161.5
Ajusco	1961-1987	1,173.6	1963	562.5	1981	1,366.2
Gran Canal	1972-1990	580.9	1989	383.6	1976	749.6

FUENTE: CNA. Registro Mensual de Precipitación Pluvial en mm.



La precipitación se considera como cualquier forma de agua que cae a la superficie de la tierra, como parte importante del ciclo hidrológico, e incluye a la lluvia, nieve, aguanieve y el granizo.

La precipitación es producida por las nubes, que cuando alcanzan el punto de saturación, las gotitas de agua (o cristales de hielo) crecen hasta caer a La Tierra por efecto de la gravedad.

La determinación de los valores de cada una de las distintas modalidades de precipitación se efectúa mediante instrumentos estandarizados para registrar las cantidades en horarios preestablecidos, con la finalidad de que los datos puedan ser compatibles y comparables.

La medición de la precipitación se efectúa por medio de pluviómetros o pluviógrafos. Los instrumentos deben estar instalados en localidades apropiadas donde no se produzcan interferencias por edificaciones, árboles u otros obstáculos. La unidad de medida que se emplea para cuantificar la precipitación es el milímetro (mm), la cual equivale al espesor de la lámina de agua que se formaría al caer un litro de agua sobre una superficie plana e impermeable de un metro cuadrado de superficie. La precipitación puede clasificarse según su origen, en los siguientes tipos:

- **Precipitación Frontal.** Ocurre cuando se encuentran dos masas de aire, con distintas características de temperatura y presión.
- **Precipitación Convectiva.** Es la generación de lluvia a partir del ascenso de una masa de aire calentada por contacto con la superficie terrestre que ha recibido la radiación del Sol. AL ascender, el aire se enfría y condensa la humedad contenida provocando la precipitación.
- **Precipitación Orográfica.** Es la que se genera durante el ascenso de una masa de aire con alto contenido de humedad, a través de una pendiente como las laderas de las montañas y cordilleras.

La zona del valle de México presenta un régimen anual definido de precipitación entre los meses de mayo a octubre, debido a la intensidad y frecuencia de fenómenos meteorológicos sinópticos en las costas del Pacífico y Atlántico mexicanos. Los otros meses son de sequía, aunque pueden tener lugar lluvias aisladas, éstas no constituyen un régimen definido. Cabe mencionar que por su gran extensión, la zona del valle de México presenta un esquema de precipitación no uniforme.

En la Zona Metropolitana del Valle de México existe una red de estaciones pluviométricas pertenecientes al Sistema de Aguas de la Ciudad de México, que se distribuye tal como se ilustra en la Figura 1, de la cual se tomaron datos registrados durante el año 2005 para caracterizar la precipitación pluvial.

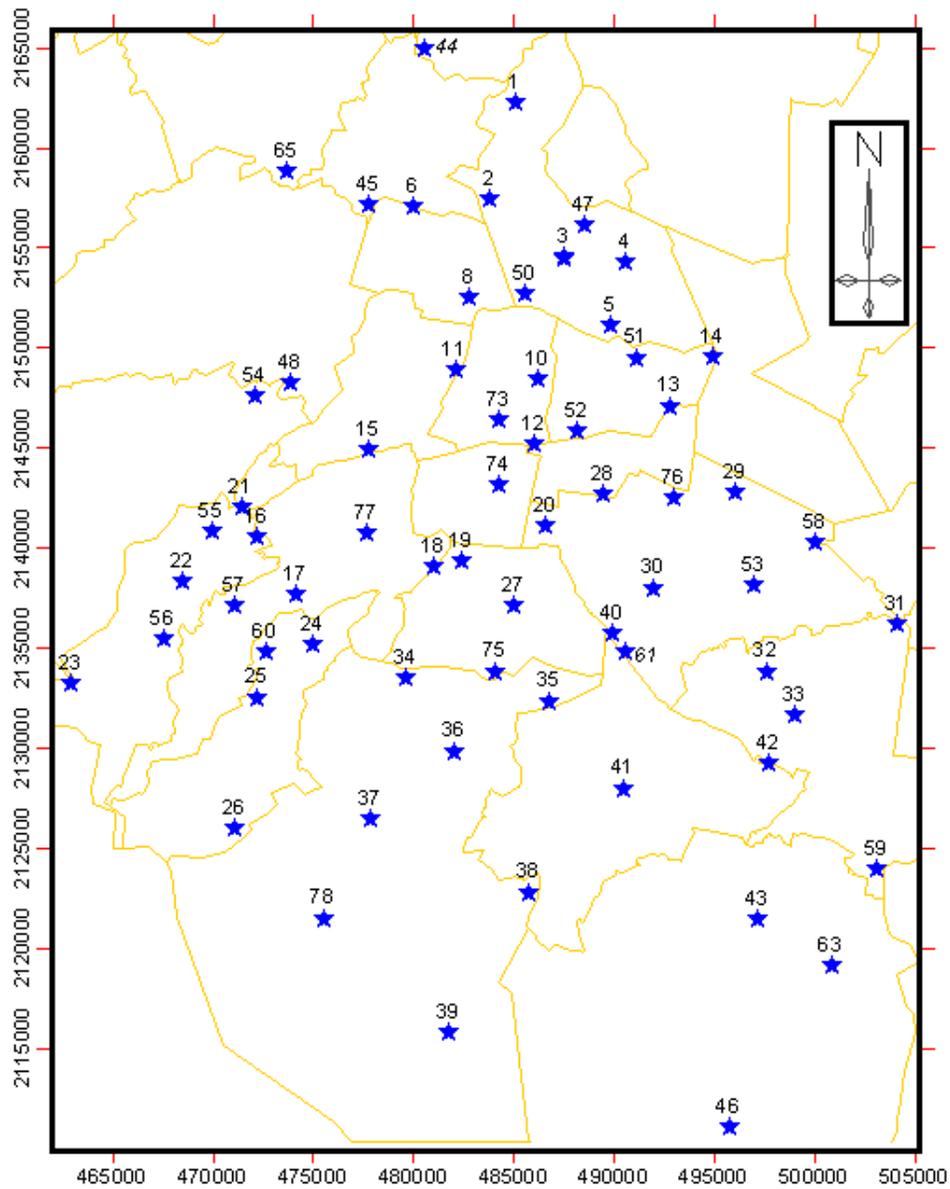
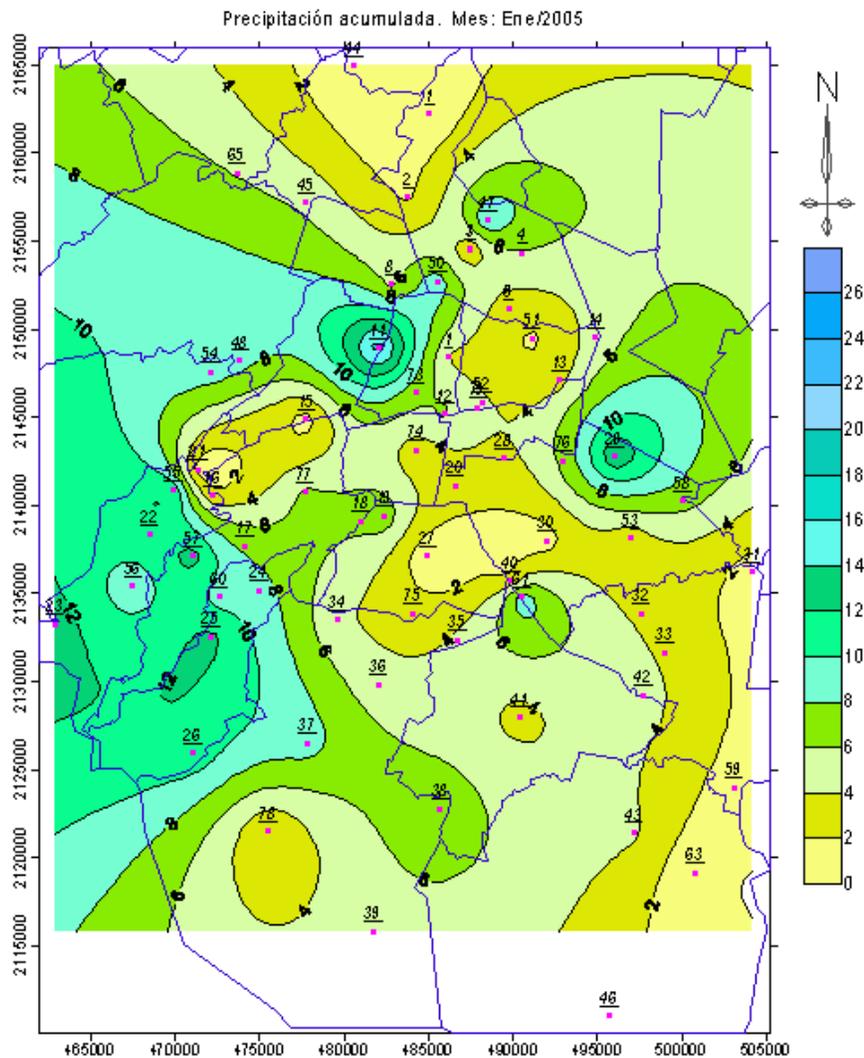


Figura 1 Localización espacial de la red pluviométrica del Sistema de Aguas de la Ciudad de México.

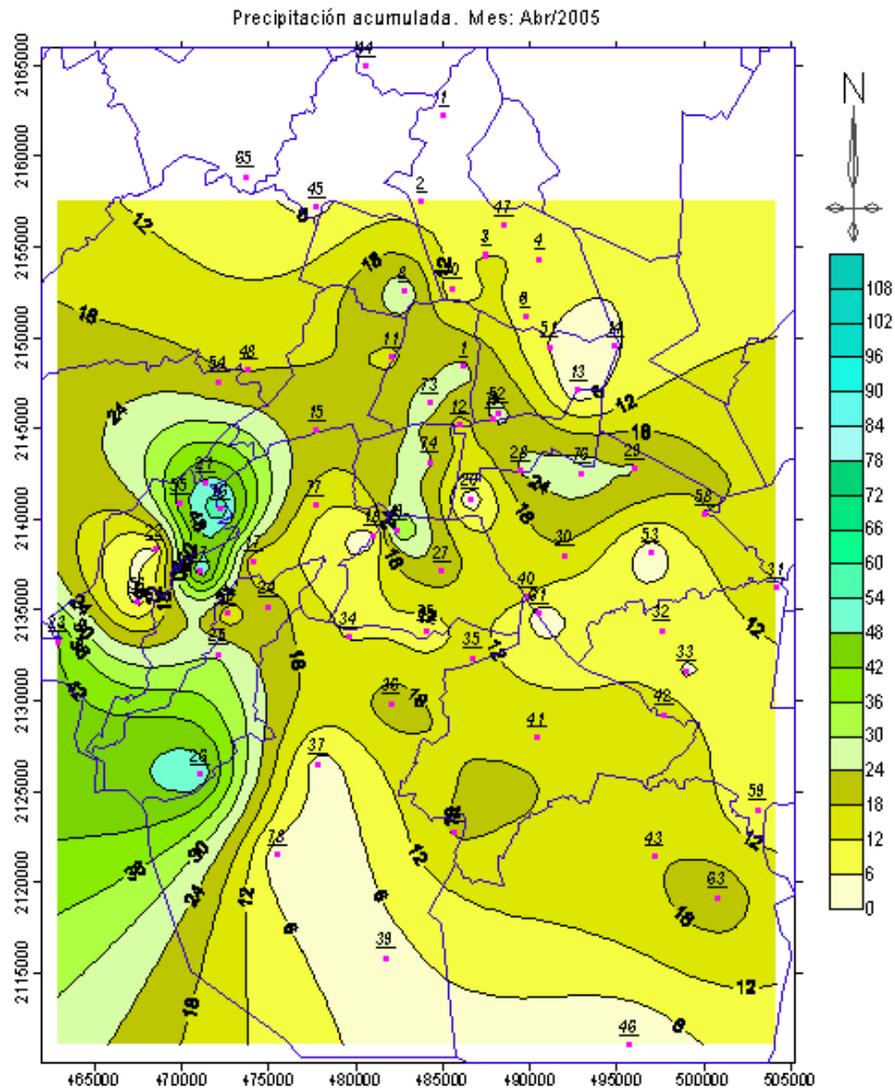
La siguiente figura muestra el mapa con la precipitación acumulada para el mes de enero donde se aprecia que la mayor cantidad de agua precipitada (10 a 14 mm) se concentró en el poniente de la zona del valle de México, hacia las montañas; mientras que en el resto de la misma se acumularon alrededor de 2 a 6 mm durante todo el mes.



Subdirección de Meteorología. Dirección Gral. de Gestión Ambiental del Aire. SM A/G DF

Mapa de distribución de la precipitación acumulada en la zona del valle de México durante el mes de enero de 2005.

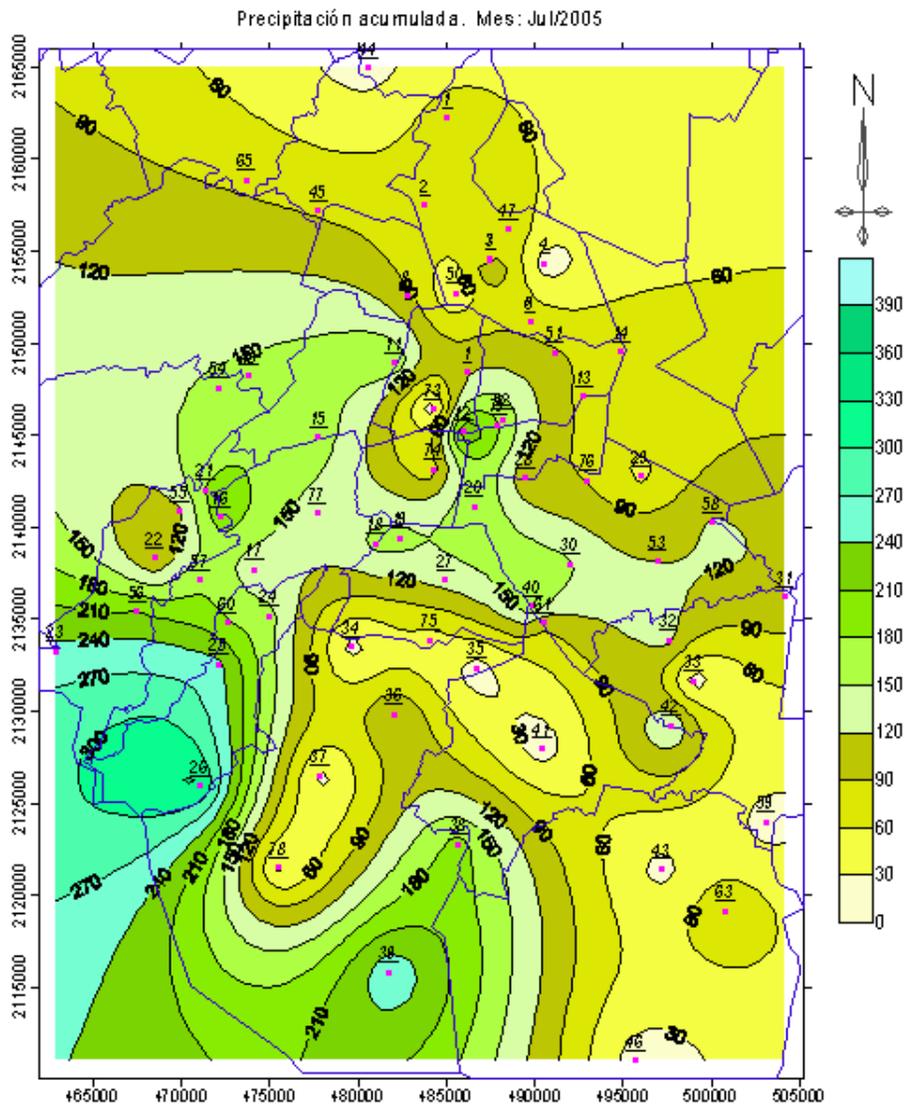
La siguiente imagen, correspondiente a la precipitación acumulada en el mes de abril, donde se muestra que los registros aumentaron en comparación con el mes de enero; tal que se observan dos núcleos de precipitación con rangos de 30 a 60 mm (mayor acumulación) en el occidente de la zona del valle de México. En el resto de la misma los valores se incrementaron también hasta alcanzar los rangos de 6 a 24 mm.



Subdirección de Meteorología. Dirección Gral. de Gestión Ambiental del Aire. SM A/G DF

Mapa de distribución de la precipitación acumulada en la zona del valle de México durante el mes de abril de 2005.

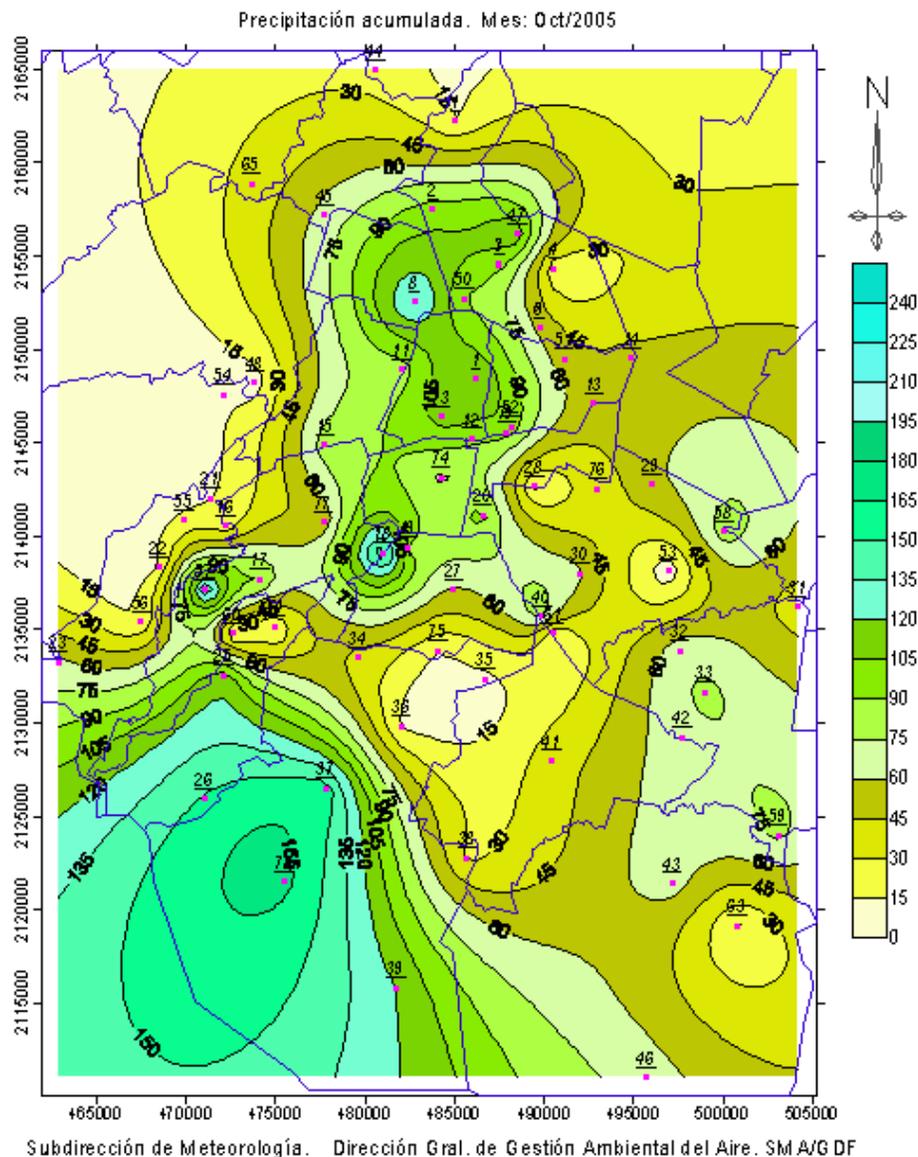
A continuación se muestra el comportamiento de la precipitación acumulada en el mes de Julio. En el sur y suroeste de la zona del valle de México se presentaron las mayores acumulaciones (180 a 300 mm); también se aprecian valores altos (120 a 210 mm) en la región central de la misma. Por otro lado, los valores de precipitación acumulados más bajos (entre 30 y 120 mm) se concentraron tanto en el norte de la zona del valle de México como en el sureste de la misma.



Subdirección de Meteorología. Dirección Gral. de Gestión Ambiental del Aire. SM AVG DF

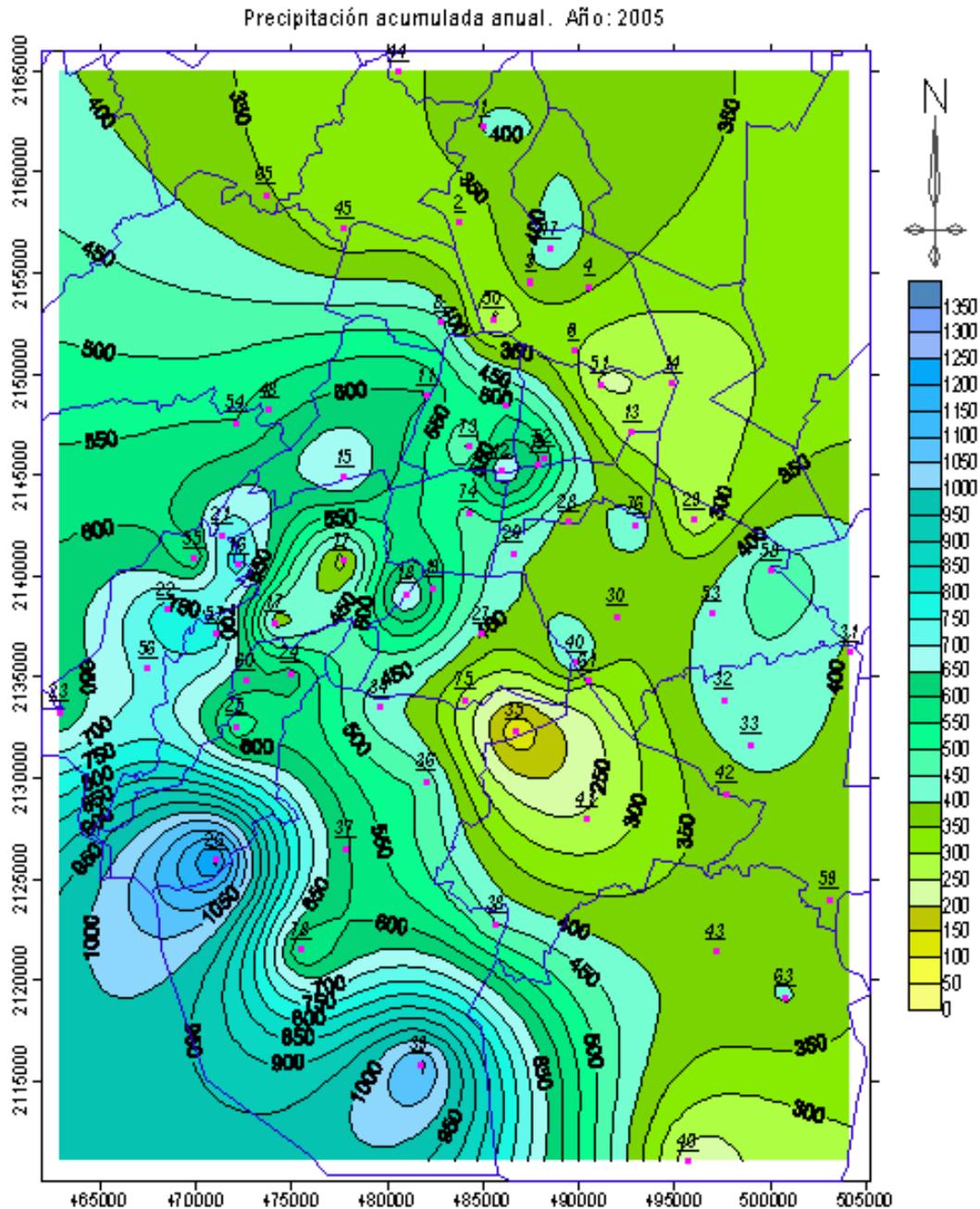
Mapa de distribución de la precipitación acumulada en la zona del valle de México durante el mes de julio de 2005.

La siguiente figura muestra la distribución de la precipitación acumulada durante el mes de octubre. Se muestran dos regiones bien definidas: una se localiza en la porción central cubriendo una extensa área con dos núcleos de precipitación de valores altos (105 a 135 mm); mientras que la otra se distingue en el suroeste con las mayores acumulaciones (135 a 180 mm), resaltadas por varios núcleos.



Mapa de distribución de la precipitación acumulada en la zona del valle de México durante el mes de octubre de 2005.

Ahora se muestra una la distribución anual de precipitación no uniforme. En la zona sur y poniente se registró durante el 2005 más del doble que en la región oriente, esencialmente debido al efecto orográfico. En la porción centro, el acumulado fue escaso en la medida de que se presentó un núcleo que abarca desde los 50 hasta los 250 mm.

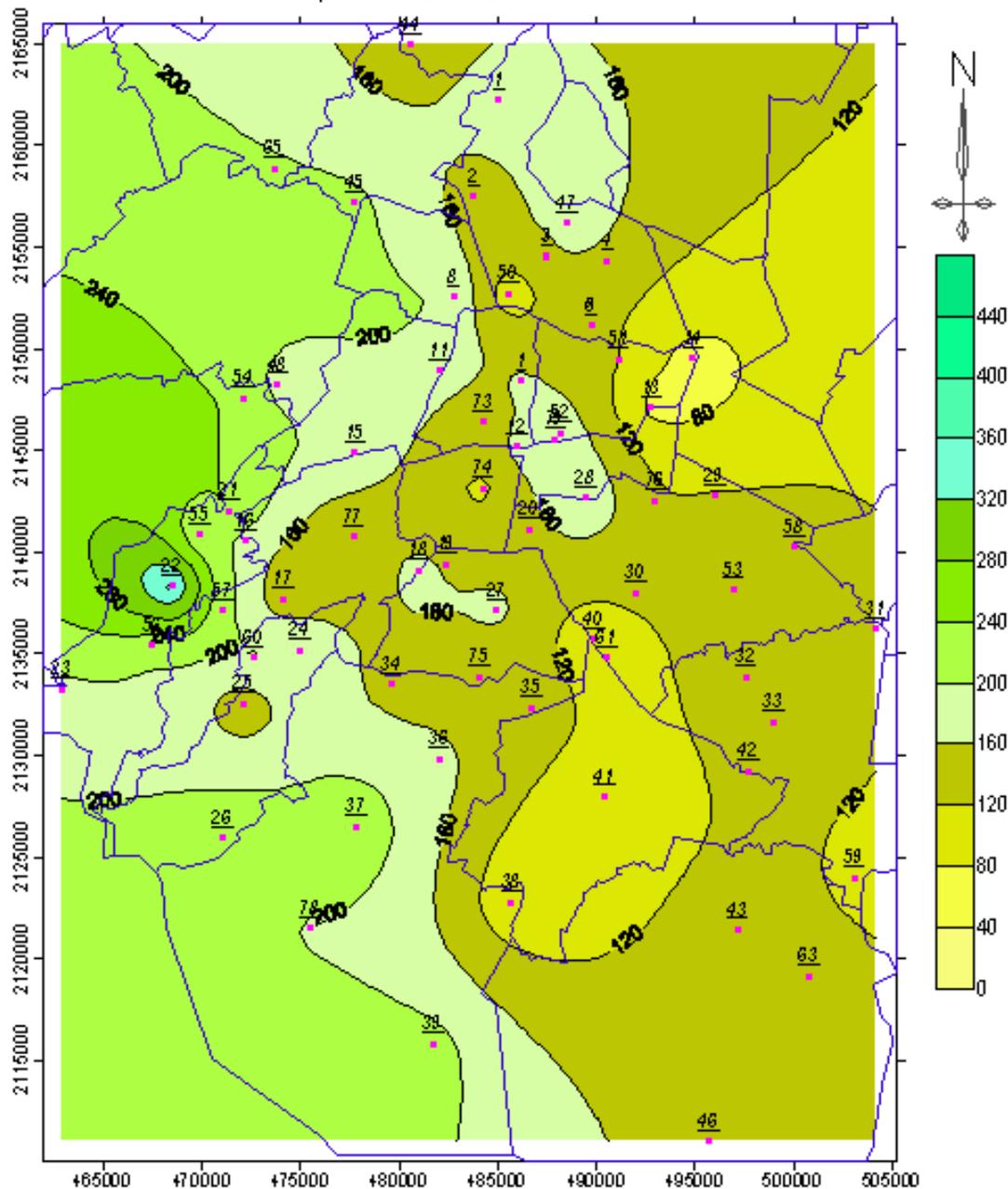


Subdirección de Meteorología. Dirección Gral. de Gestión Ambiental del Aire. SM A/G DF

Mapa de distribución de la precipitación acumulada en la zona del valle de México durante el año 2005.

Finalmente se muestra la distribución de la precipitación diaria máxima del año por estación, es decir, la distribución de la mayor cantidad de lluvia registrada en un día durante todo el año. Las cantidades más elevadas (200 a 360 mm) se registraron en el occidente del valle; mientras que los valores más bajos (80 a 180 mm) se agruparon en el oriente del mismo.

Precipitación máxima anual. Año: 2005



Subdirección de Meteorología. Dirección Gral. de Gestión Ambiental del Aire. SM A/G DF

Mapa de distribución de la precipitación máxima diaria, por estación, en la zona del valle de México, durante el año 2005.

Se puede concluir que la zona en la que más acumulación se tiene de precipitaciones anuales en el valle de México es en la zona suroeste y teniendo a la zona en la que se encuentra Ciudad Universitaria como el máximo de acumulación de precipitación anual. Por lo tanto un sistema de captación de agua de lluvia es viable debido a las concentraciones de precipitaciones que se generan durante el año.

En la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, el estudio de lluvia ácida inició en 1987.

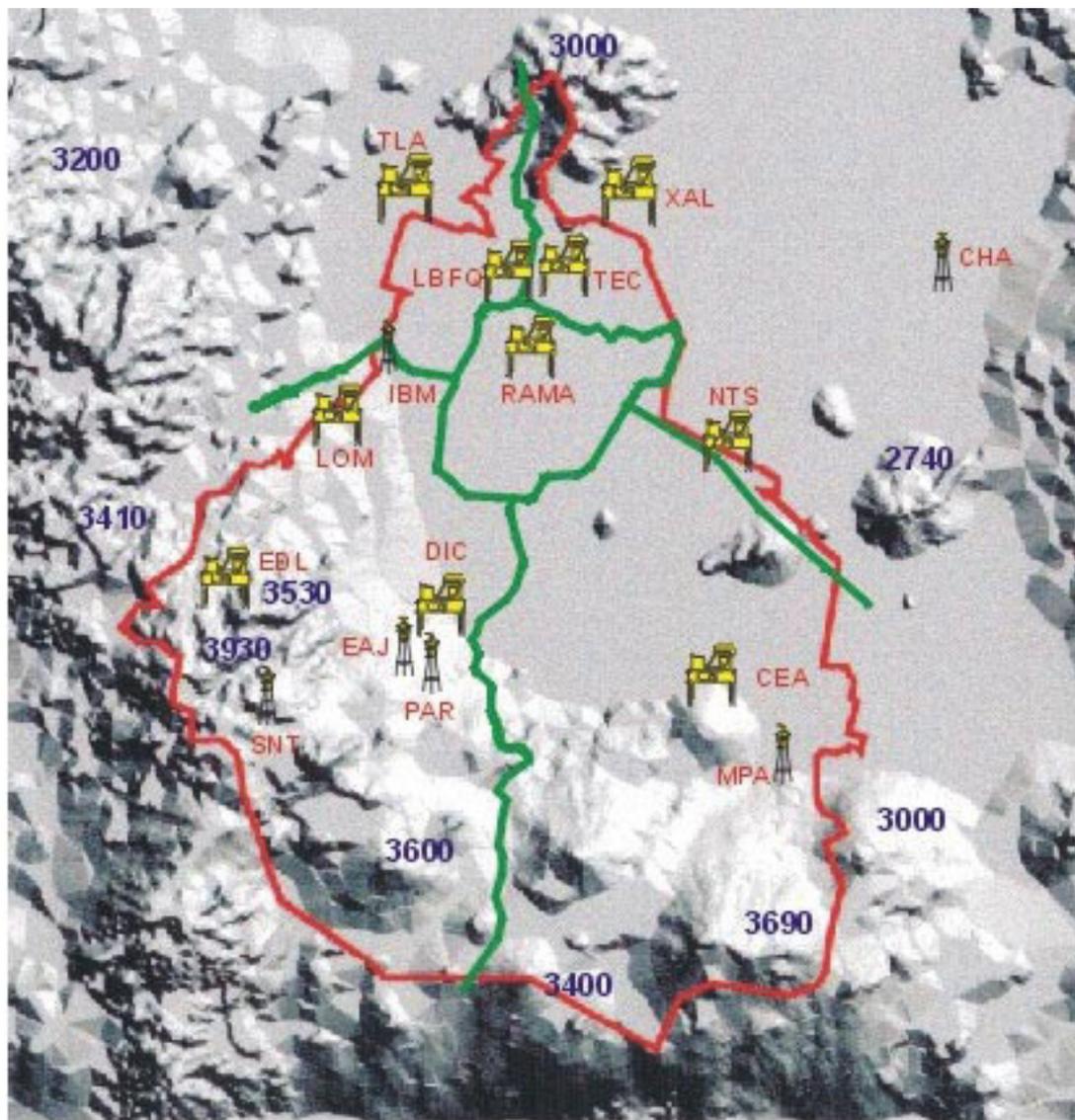
Desde entonces se efectúan mediciones de la acidez del agua de lluvia y de los parámetros químicos: conductancia específica, sulfatos (SO_4^-), nitratos (NO_3^-), calcio (Ca^{++}), potasio (K^+) y magnesio (Mg^{++}), que son los que tienen mayor representatividad en la química del agua de lluvia y que son vigilados alrededor del mundo por las diferentes redes de monitorización de lluvia ácida:

- NADP (Programa Nacional de Depósito Atmosférico, EUA),
- JARMN (Red de Monitorización de Lluvia Ácida del Japón, Japón),
- CCPMN (Red de Monitorización de la Precipitación Coleson Cove, Canadá),
- ENBPMN (Red de Monitorización de Precipitación de New Brunswick, Canadá),
- CAPMoN (Red de Precipitación y Aire Canadiense, Canadá); y,
- ADMNEA (Red de Monitorización de Depósito Ácido en el Este de Asia, Asia).

Además de analizar el agua de lluvia, también se estudian los polvos que se depositan en las superficies y que contienen sustancias que provienen tanto de fuentes naturales como producto de la actividad humana.

Estos polvos reciben el nombre de depósito seco y en ellos se ha encontrado: calcio (Ca), hierro (Fe), titanio (Ti), estroncio (Sr), cinc (Zn), rubidio (Rb), bario (Ba), plomo (Pb), cobre (Cu), silicio (Si), aluminio (Al), potasio (K) y manganeso (Mn), algunos son elementos tóxicos, geoquímicamente movibles y bioacumulables en el ambiente, por lo que su emisión debe ser reducida o eliminada. Asimismo, se analizan algunos elementos biológicos presentes en el agua de lluvia como algas, hongos y quistes, elementos que pueden modificar la composición del agua de lluvia, además de que pueden presentar riesgos a la salud humana.

Actualmente, se realizan muestreos semanales del agua de lluvia en 16 sitios del Valle de México que abarcan zonas urbanas, agrícolas y de conservación ecológica.



escala



Colector Automático



Colector Convencional

Sitios de monitorización de lluvia ácida en el D.F. y área metropolitana

Código	Nombre
LOM	Lomas
IBM	Legaría
TLA	Tlalnepantla
LBFQ	Laboratorio de Bacteriología y Fisicoquímica
XAL	Xalostoc
CHA	Chapingo
NTS	Nezahualcóyotl Sur
TEC	Cerro de Tepeyac

Código	Nombre
RAMA	DGPCC-Brasil 74
DIC	Diconsa
EAJ	Ecoguardas Ajusco Picacho
EDL	Exconvento Desierto de los Leones
PAR	Parres
CEA	Centro de Ed. Amb. Acuexcómatl
MPA	Milpa Alta
SNT	San Nicolás Totolapan

Códigos y nombres de las diferentes estaciones existentes en el Valle de México y Zona Metropolitana para el análisis del agua de lluvia.

2.3 Proceso de transferencia de contaminantes precursores de la lluvia ácida:

Diversos estudios sobre la química de la precipitación pluvial, realizados durante más de diez años por el laboratorio de Química Atmosférica del Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM, indican que bajo condiciones específicas se presentan precipitaciones pluviales con pH menores de 5, considerando que internacionalmente se denomina lluvia ácida aquella que tiene un pH menor de 5.6, correspondiente a un grado de acidez neutro de equilibrio.

La acidez de la lluvia es provocada, fundamentalmente, por el contenido de ácido sulfúrico en el agua de nube y en menor cantidad por el ácido nítrico; el primero se debe a la oxidación que lleva a cabo el bióxido de azufre a causa del peróxido de hidrógeno (H_2O_2) y el ozono (O_3).

El bióxido de azufre es emitido a la atmósfera en millones de toneladas al año, debido a la combustión del carbón fósil, que siempre contiene cantidades importantes de azufre y que durante la combustión se transforma en el bióxido de azufre correspondiente.

Por otro lado, el ozono se forma en la atmósfera baja, por su precursor, en NO_2 (bióxido de nitrógeno) por la interacción de la radiación solar, liberando un átomo de oxígeno que se une inmediatamente con una molécula, para formar el O_3 . Los óxidos de nitrógeno también son producto de los procesos de combustión.

El proceso de transferencia de los contaminantes que propician la lluvia ácida (dióxido de azufre - SO_2 y óxidos de nitrógeno - NO_x), comprende el flujo y la dinámica de éstos con relación al origen de sus emisiones y su depósito, en asociación con las condiciones meteorológicas prevalecientes. El pH indica el nivel de acidez en el agua de lluvia y depende, principalmente, de la presencia de ácidos fuertes (H_2SO_4 y HNO_3) que se forman a partir de emisiones antropogénicas de SO_2 y NO_x . Para determinar la presencia de lluvia ácida en una región geográfica, se emplea como indicador el valor de 5.6 (ligera acidez) que tiene el pH del agua de lluvia en condiciones naturales.

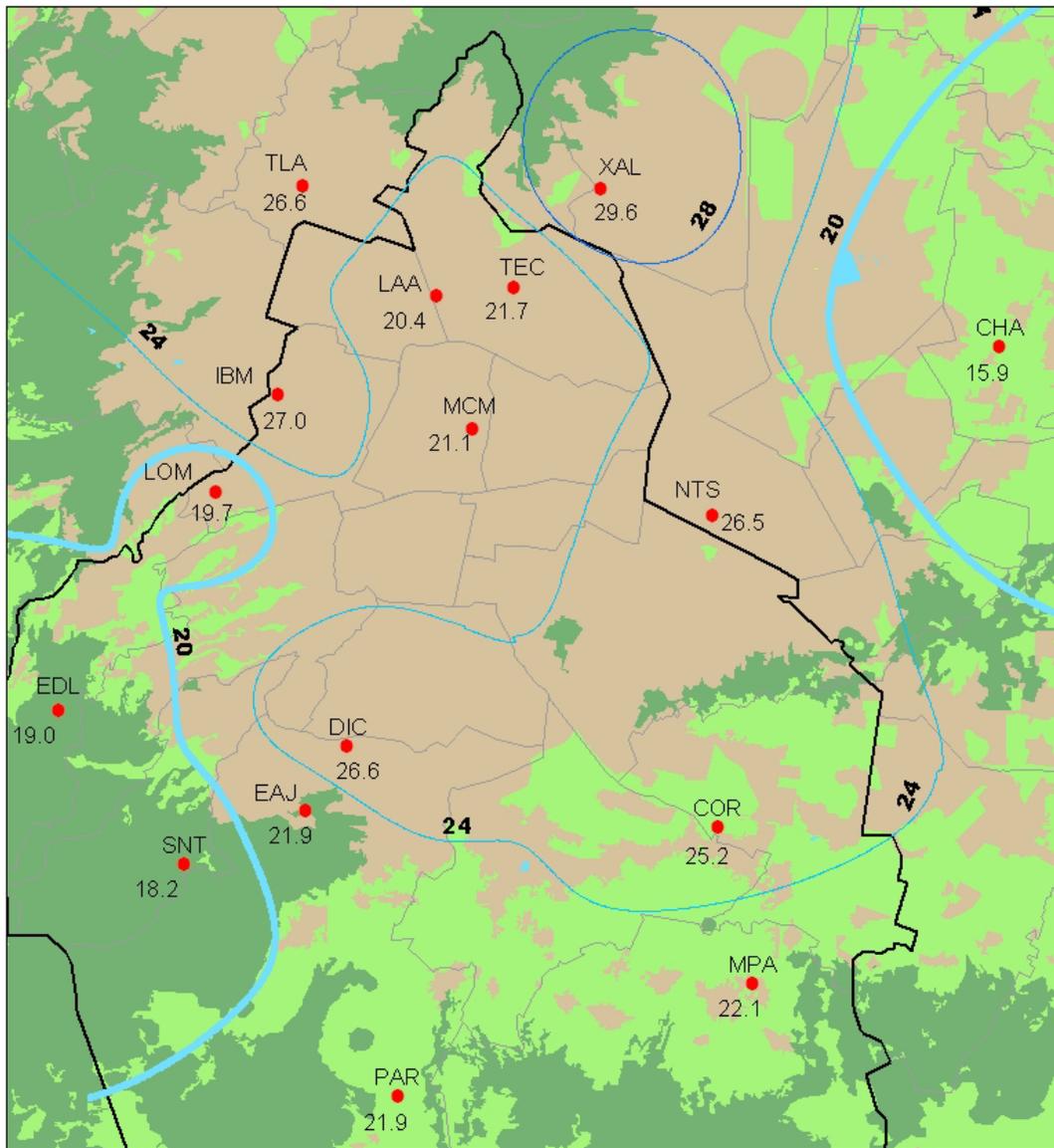
En el caso de la zona del valle de México, los resultados del Inventario de Emisiones 2004 (Secretaría del Medio Ambiente SMA, 2006) y las mediciones que realiza cotidianamente el Sistema de Monitorización Atmosférico SIMAT indican que las emisiones de SO_2 y NO_x son mayores en las regiones centro, noroeste y noreste, lo cual se asocia con la afluencia vehicular y una mayor concentración de industrias. Esto se puede relacionar con el comportamiento espacial de la conductancia específica (CE)** medida en el agua de lluvia, que muestra que en estas regiones la precipitación pluvial contiene una mayor concentración de iones disueltos,

como el SO_4^{2-} y el NO_3^- . Por su parte, en el sur de la Ciudad de México las emisiones son menores y en ésta predominan las áreas forestal y agrícola.

Además de lo anterior, en la Zona Metropolitana del Valle de México el patrón de viento predominante tiene una dirección norte – suroeste la mayor parte del año. Este fenómeno propicia que los contaminantes se trasladen hacia la región montañosa del sur de la Ciudad de México, donde se acumulan. En esta región las condiciones de presión y temperatura favorecen la condensación de la humedad atmosférica y con ello una mayor precipitación pluvial y una mayor deposición de contaminantes.

Por lo anterior, al explicar el proceso de transferencia con base en la distribución espacial del pH medido en el agua de lluvia durante el año 2006, se puede señalar que los contaminantes precursores de la acidez se emiten mayormente en el centro y norte de la Ciudad de México, y que estos se depositan en el suroeste, dando lugar a la precipitación pluvial con mayor acidez en la zona forestal y agrícola. Este fenómeno también se aprecia en el análisis espacial de SO_4^{2-} y NO_3^- registrados en el año 2006.

**Conductancia Específica (CE): Conocida como la capacidad de conducir corriente eléctrica, la conductancia específica es la conductancia de 1cm^3 de solución. Se refiere a la conductancia de una solución en la cual se introducen dos electrodos de 1cm^2 de superficie, separados a una distancia de 1cm (es la conductancia de 1cm^3 de solución que queda entre los 2 electrodos). A la conductancia específica se la representa con la letra "K" (kappa)



● Estaciones de Monitoreo

CE (µS/cm)

— 28

— 24

— 20

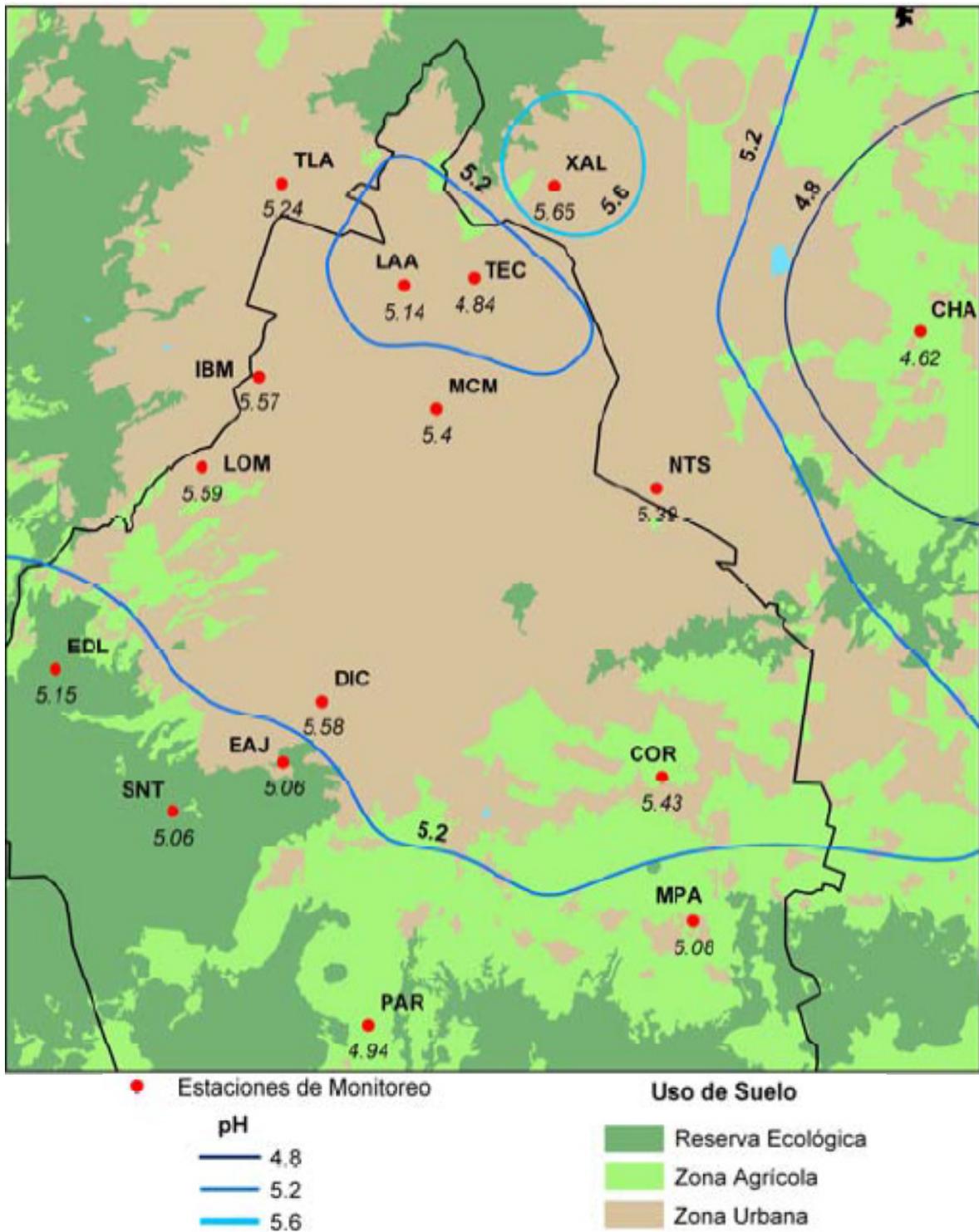
Uso de Suelo

■ Reserva Ecológica

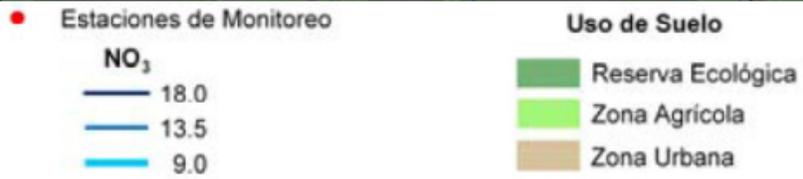
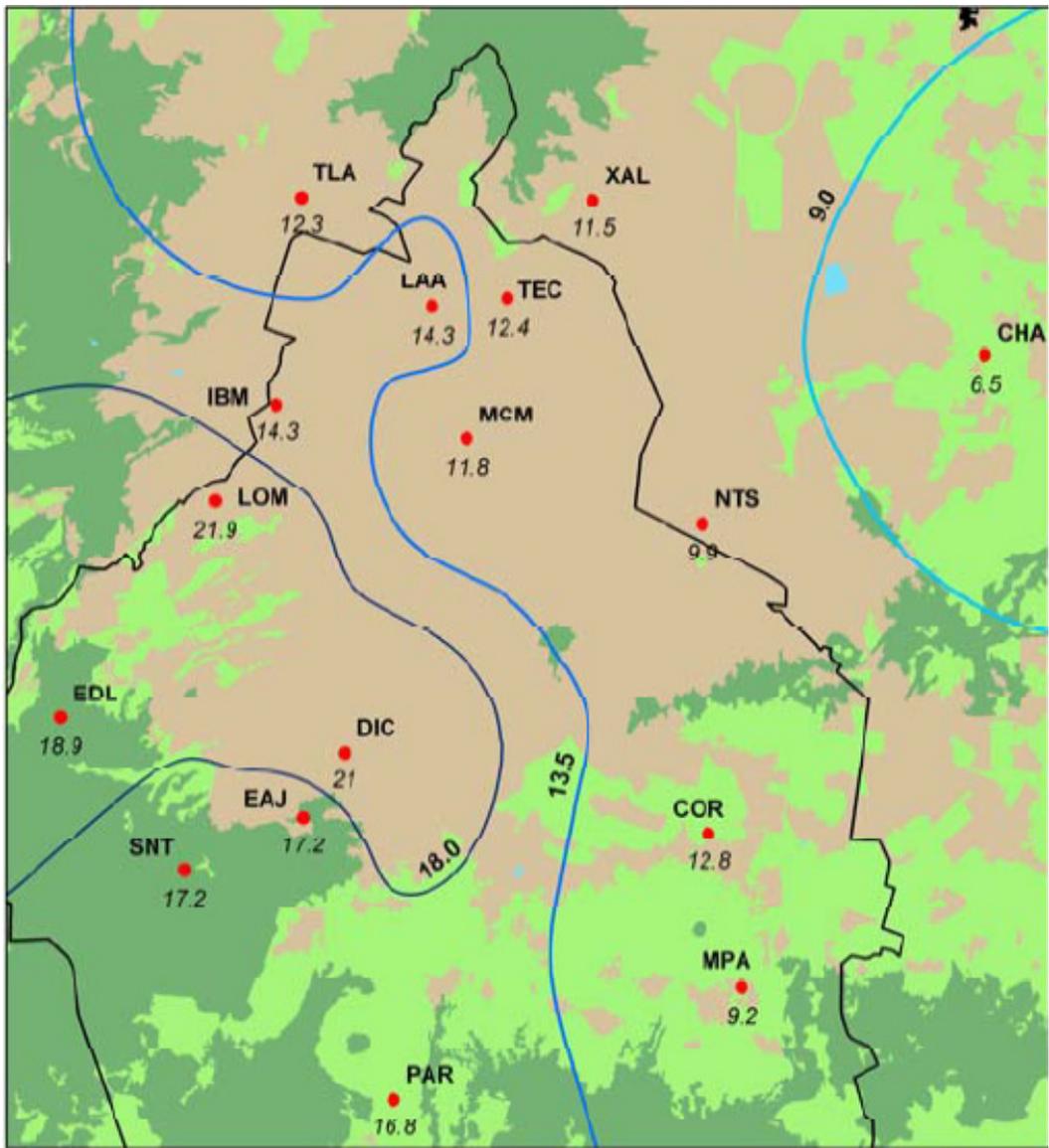
■ Zona Agrícola

■ Zona Urbana

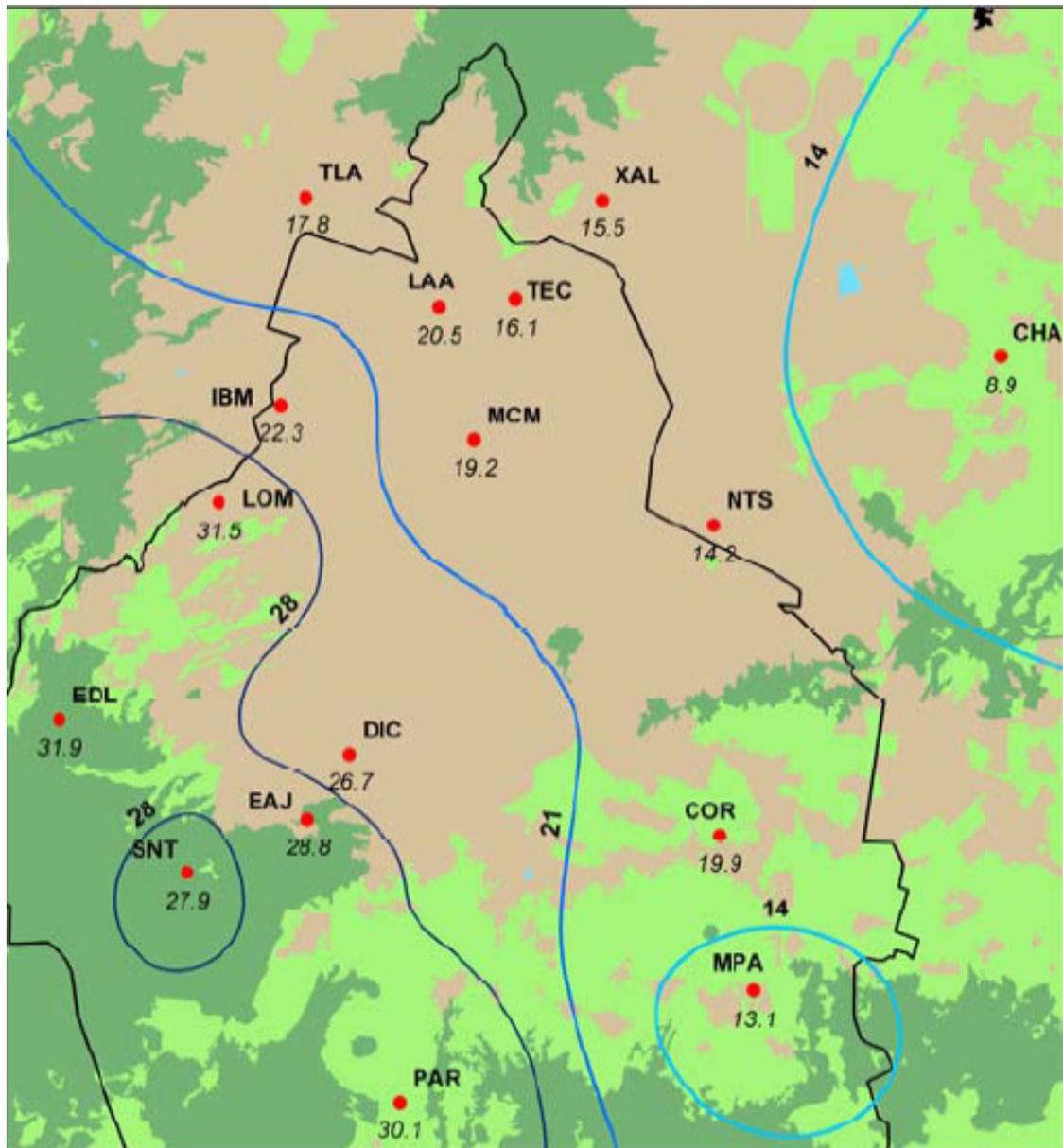
Conductancia específica en la ZMVM, 2005



Potencial de hidrógeno (pH) en la ZMVM, 2006.



Depósito húmedo de NO₃⁻ (kg/ha) en la ZMVM, 2006.



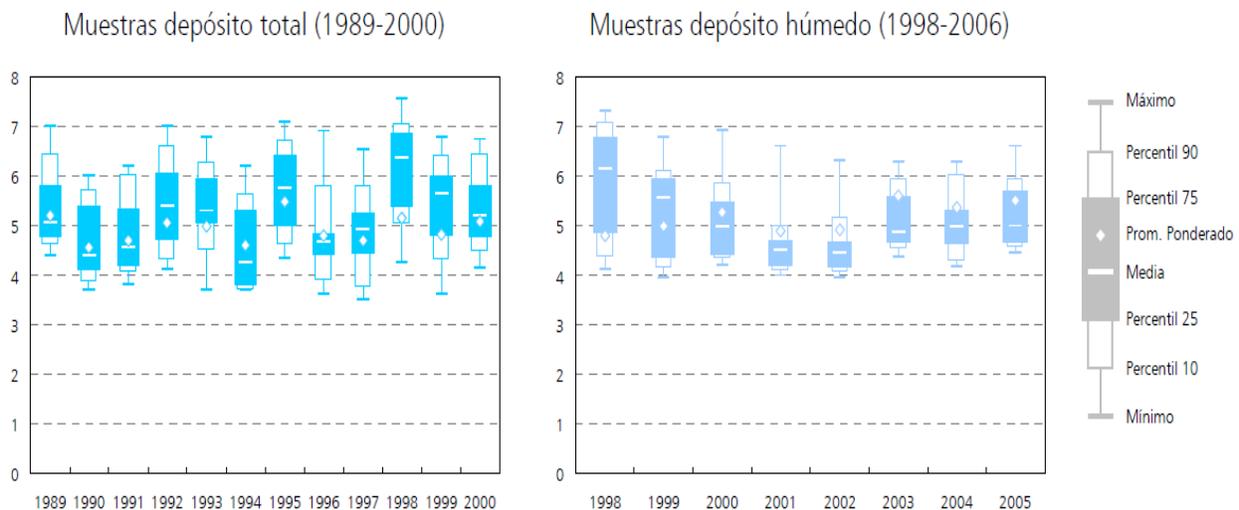
Depósito húmedo de SO_4^{2-} (kg/ha) en la ZMVM, 2006.

2.4 Evolución histórica del pH en la Zona Metropolitana y el Valle de México

La evolución histórica de los valores de pH en la Zona Metropolitana y el Valle de México, indica fluctuaciones en la acidez de los depósitos total y húmedo. Sin embargo, sabemos que las muestras de depósito húmedo tienen una mayor representatividad del agua de lluvia.

Por su parte, la evolución del pH medido en depósito húmedo, indica un decremento en el número de muestras ácidas ($\text{pH} \leq 5.6$) a partir de 2001. La evolución del pH ponderado por volumen de precipitación pluvial, presenta un comportamiento fluctuante con valores máximos en 2003, 2004 y 2005, esto indica que la acidez es menor en los últimos años.

Evolución de las mediciones de pH en la Zona Metropolitana y el Valle de México.

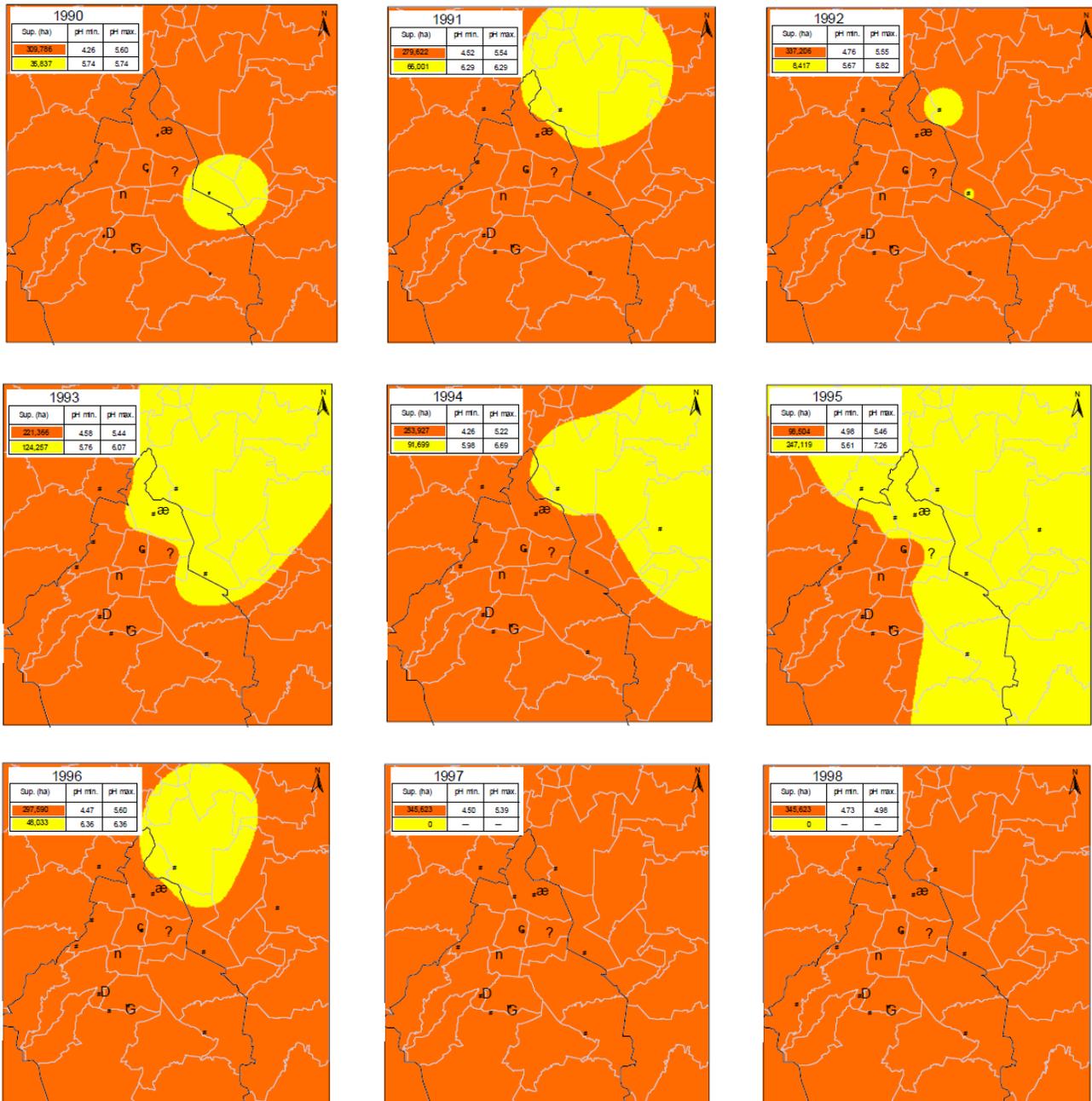


La distribución espacial indica que la superficie de la Zona Metropolitana y del Valle de México que presenta lluvia ácida ($\text{pH} \leq 5.6$) ha disminuido a lo largo de los años. En el mapa de 1990, se muestra que el 90% de la superficie analizada presentaba eventos de lluvia ácida, mientras que en 2005 la superficie afectada era del 33%.

La distribución espacial del pH medido en depósito húmedo, indica que la superficie afectada por eventos de lluvia ácida fue mayor en 1997, 1998 y 2000. Precisamente en estos años, el SIMAT registró los niveles máximos de NO_x . El análisis espacial de superficie afectada indica que la región con suelo forestal y agrícola ha sido la más impactada desde 1990, lo cual puede incidir en su productividad y en los servicios ambientales que brinda a la Zona Metropolitana y el Valle de México.

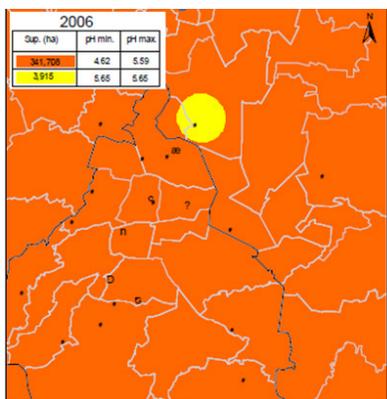
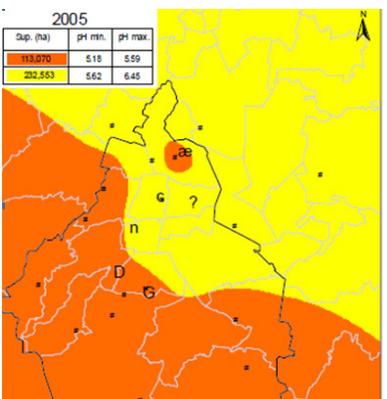
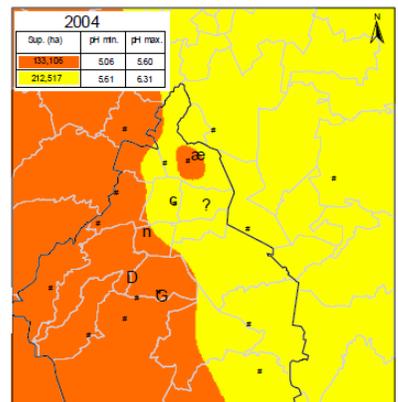
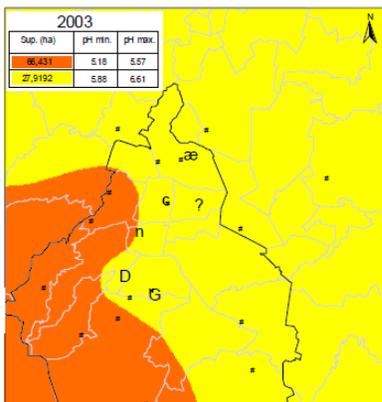
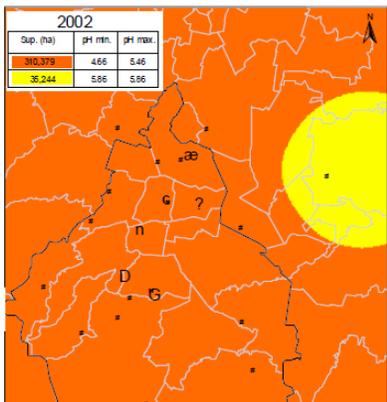
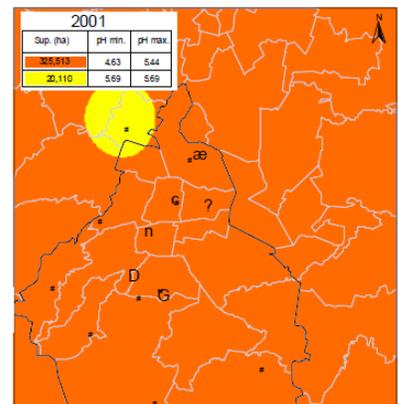
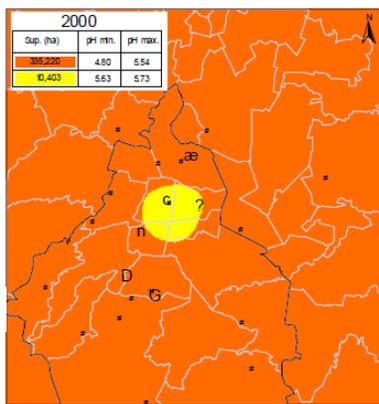
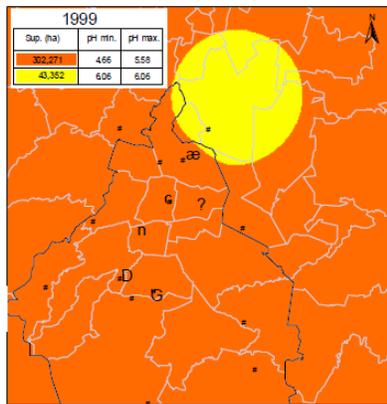
En la época de lluvias de 2006, la Zona Metropolitana y el Valle de México presentó valores ponderados de pH que oscilaron entre 4.62 (CHA) y 5.65 (XAL), esto indica que la acidez del agua de lluvia presentó la mayor variación en la zona noreste. En general, la precipitación pluvial presentó características ácidas y nuevamente la zona de conservación al sur del Distrito Federal, es de las más afectadas.

Distribución espacial del pH en la Zona Metropolitana y el Valle de México (1990-2006).



SMA. 2006. "Inventario de Emisiones a la Atmósfera de la Zona Metropolitana del Valle de México 2004". Secretaría del Medio Ambiente del GDF. Dirección General de Gestión Ambiental del Aire. Dirección de Inventario de Emisiones y Fuentes Estacionarias.

SIMAT. 2002. "Informe del Estado de la Calidad del Aire y Tendencias 2001 para la Zona Metropolitana del Valle de México". Secretaría del Medio Ambiente del GDF. Dirección General de Gestión Ambiental del Aire. Dirección de la Red Automática de Monitorización Atmosférico. Sistema de Monitorización Atmosférico de la Ciudad de México.



• Estaciones de Monitoreo

■ pH < 5.6
■ pH > 5.6

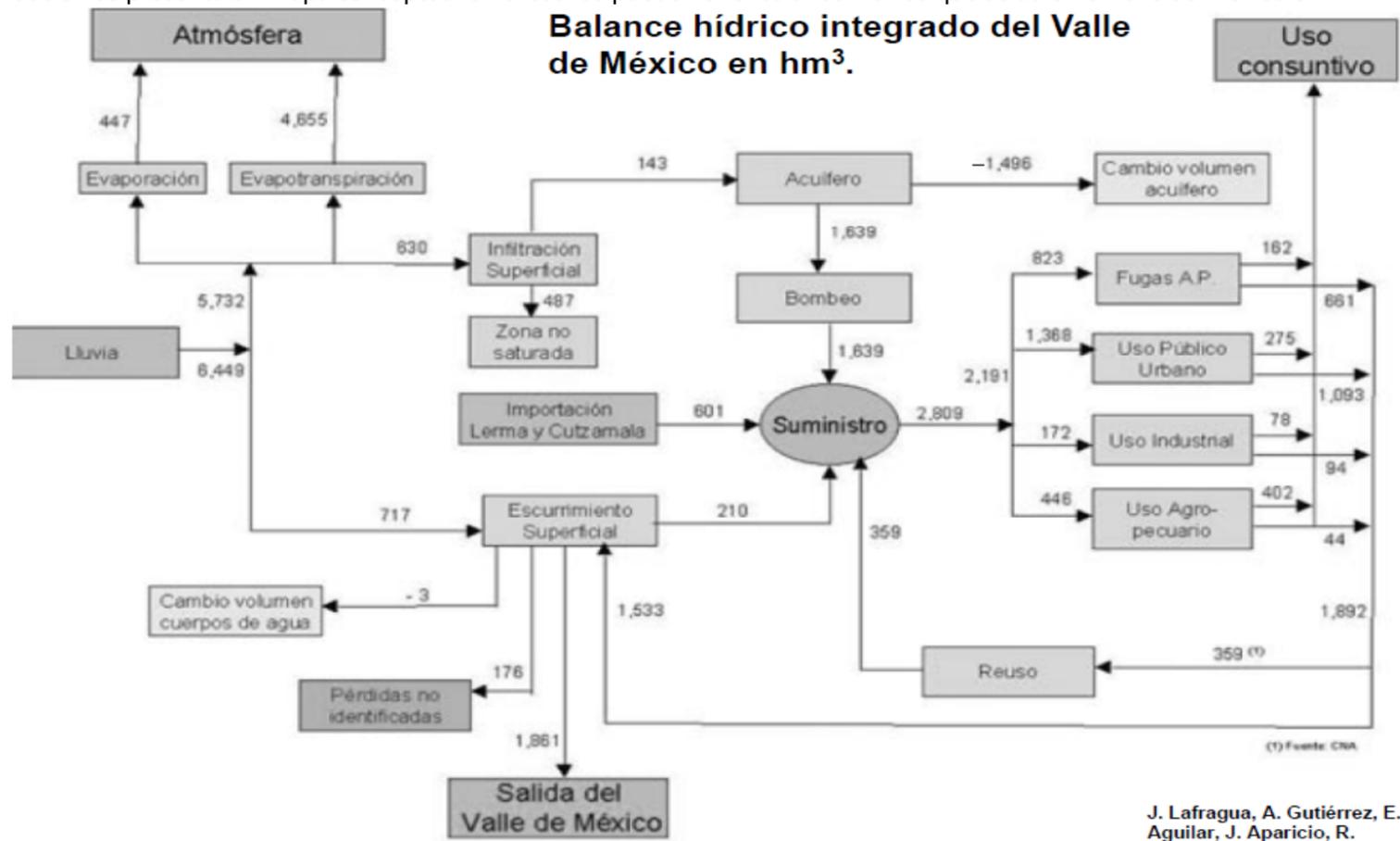
Sitios de referencia

- ? Aeropuerto
- æ Basílica
- G Estadio Azteca
- D C.U.
- n WTC
- c Zocalo

Analizando los mapas se puede ver que las concentraciones de pH más elevadas se encuentran en la zona noreste por lo tanto un sistema de captación de agua de lluvia en Ciudad Universitaria no se verá tan afectado por la lluvia ácida como en las zonas marcadas en color amarillo de los mapas.

2.5 Balance hídrico integrado del Valle de México.

A continuación se presenta un mapa conceptual en el cual se puede ver el balance hídrico que se da en el valle de México en hm³.



J. Lafragua, A. Gutiérrez, E. Aguilar, J. Aparicio, R.

hm³ = El **hectómetro cúbico** es una unidad de volumen. Se corresponde con el volumen de un cubo de cien metros (un hectómetro) de lado. Equivale a un Gigalitro (mil millones de litros) y es el segundo múltiplo del metro cúbico.

2.6 Composición química del agua de lluvia.

El día 5 de marzo de 2007 se publicó el artículo (**publicación completa en el anexo A.10**): “*Chemical composition of rainwater collected at a southwest site of México City, México*”, elaborado por A. Báez; en colaboración con R. Belmont, R. García, H. Padilla y M.C. Torres; pertenecientes al Laboratorio de Química Atmosférica del Centro de Ciencias de la Atmósfera de la Universidad Nacional Autónoma de México, ubicado en Ciudad Universitaria, del cual podemos citar lo siguiente:

La química de las precipitaciones ha sido exhaustivamente estudiada en áreas rurales y urbanas (Lee et al., 2000; Lara et al., 2001; Kulshrestha et al., 2003; Astel et al., 2004; Khare et al., 2004; Mouli et al., 2005) y algunos investigadores también han incluido metales traza (cuya interpretación generalmente se refiere a ciertos elementos, en este caso aquellos pertenecientes a la familia de los metales, que se presentan en muy bajas concentraciones pero que a su vez son muy importantes para los procesos biológicos).

El estudio de los metales traza en precipitaciones húmedas y secas ha aumentado en las últimas décadas debido a los efectos adversos que éstos conllevan a la salud humana. Algunos metales como plomo (Pb), cadmio (Cd) y mercurio (Hg), entre otros, se acumulan en la biosfera y pueden ser tóxicos para los sistemas vivientes (Galloway et al., 1982; Barrie et al., 1987).

Conclusiones obtenidas a través del estudio realizado por el Centro de Ciencias de la Atmósfera UNAM

Las inconsistencias observadas cuando se trató de unir concentraciones de iones, y especialmente de metales traza en el agua de lluvia, con el análisis de las corrientes de aire y sus trayectorias, ocurren debido a la compleja topografía del Valle de México y las áreas que lo rodean. Por ende, un análisis detallado de los patrones de flujo del viento a diversas altitudes sobre el nivel del suelo en varias zonas del Valle de México, probablemente hubiesen sido más útiles que el análisis de alta resolución realizado sobre las trayectorias de masas de aire presentadas en el artículo, y consecuentemente, la unión de las concentraciones de iones y los metales traza con las trayectorias de masas de aire hubiesen mejorado.

Altas concentraciones de manganeso, bario y níquel fueron encontradas en la Ciudad de México durante el periodo de 2001-2002. Los metales traza fueron emitidos principalmente por fuentes antropogénicas.

El aluminio presentó los mayores niveles de concentración en las fracciones solubles e insolubles de la lluvia analizada, indicando que una importante cantidad de este metal tiene origen geológico o referente a la corteza.

El análisis de componente principal indicó que el cromo, níquel, manganeso, vanadio, Ca^{2+} , K^+ , Mg^{2+} , SO_4^{-2} y NH_4^+ provienen de fuentes antropogénicas así como del suelo, el Mg^{2+} y Al tienen una fuente que es significativamente de origen en la corteza. Por el contrario, el plomo, cadmio, H^+ y NO_3^- provienen de fuentes antropogénicas únicamente.

La alta concentración de partículas alcalinas, usualmente presentes en la atmósfera de la Ciudad de México, neutraliza una importante cantidad del ion H^+ , por ende, posiblemente esta sea la razón por la que la solubilidad de los metales traza no depende del pH del agua de lluvia.

Los resultados de las concentraciones de metales sugieren que es necesario una monitorización continua del flujo de deposición de los metales en un periodo más largo de tiempo para evaluar los flujos atmosféricos de manera anual y estacional.

2.7 Composición química del agua de lluvia en dos zonas de captación en la Ciudad de México.

El día 24 de junio de 2005 se publicó el artículo (**publicación completa en anexo A.11**) "Rainwater chemical composition at two sites of México City" elaborado por A. Báez; en colaboración con R. Belmont, R. García, H. Padilla y M.C. Torres; pertenecientes al Laboratorio de Química Atmosférica del Centro de Ciencias de la Atmósfera de la Universidad Nacional Autónoma de México, ubicado en Ciudad Universitaria, del cual se cita lo siguiente:

A pesar que las precipitaciones pluviales han sido estudiadas por muchos países por más de 30 años, estas siguen siendo importantes por las emisiones antropométricas y como es que algunas emisiones de gases y aerosoles están incrementando de manera continua.

Un ejemplo de las emisiones contaminantes al ambiente son los países industrializados los cuales son los principales emisores de contaminantes como los son el SO_2 y los NO_x además está comprobado que al controlar adecuadamente las emisiones los químicos presentes en las precipitaciones son reducidos de manera sustancial.

Conclusiones obtenidas a través del estudio realizado por el Centro de Ciencias de la Atmósfera UNAM

Debido al gran número de variaciones en la composición química observada en los años y en las muestras es difícil evaluar cambios en las precipitaciones pluviales inclusive las variaciones meteorológicas producen cambios significativos en las muestras.

Un resultado que es notable es que la acumulación de SO_2 en el agua de lluvia de la UNAM ha bajado debido a la reducción de emisiones de estos gases por parte de la industria y el reemplazo de combustibles fósiles por gas natural o plantas termoeléctricas.

Por el contrario las emisiones de sulfato de amonio se han ido elevando en el periodo de 1994 a 2000. Además se puede observar la tendencia de la presencia de lluvia ácida en la ciudad de México lo cual representa un impacto en muchas áreas.

Capítulo 3. Sistemas de captación de agua de lluvia

Los estudios realizados en los últimos años sobre la composición química del agua de lluvia en la Ciudad de México nos indican la existencia de materia ajena a la composición esperada en una precipitación pluvial, la cual es considerada como una alteración de ésta en ambientes mucho menos contaminados que el del Distrito Federal y su Zona Metropolitana.

Consideramos que los artículos citados anteriormente son de suma relevancia para el desarrollo de esta tesis ya que son los únicos estudios sobre toxicología del agua de lluvia que se han hecho en Ciudad Universitaria.

Como podemos ver, la presencia de lluvia ácida, así como de metales traza serán uno de los factores a considerar durante el diseño e implantación de los colectores del agua de lluvia. A su vez es necesario analizar las diferentes opciones que se tienen para la filtración del agua recolectada ya que, en materia de seguridad y dada la relevancia de los estudios mostrados con anterioridad, es necesario poder garantizar la seguridad en aspectos físicos y en materia de salud para aquellos que estén en contacto con el agua captada.

Tomando en cuenta lo anterior, se realizó un estudio que comprende la selección de materiales y diseños de captadores ya existentes para poder prevenir y mitigar los efectos de estos agentes extraños en el agua de lluvia.

Este estudio fue realizado por nuestros compañeros Carlos García García y Marco Antonio Pérez Ávila en el proyecto con título Propuesta Metodológica para el diseño de un sistema de captación de agua pluvial.

Los materiales y modelos mostrados a continuación fueron seleccionados considerando los resultados más relevantes de los estudios sobre toxicología citados previamente.

3.1 Componentes de un sistema de captación de agua de lluvia.

A continuación se describen los componentes para el aprovechamiento del agua de lluvia a nivel familiar y comunitario, en el siguiente orden:

- Área de captación
- Sistema de conducción

- Infraestructura de almacenamiento
- Filtración y tratamiento

3.2 Área de captación del agua de lluvia.

El área de captación es la superficie sobre la cual cae la lluvia. Las áreas que se utilizan para este fin son los techos de casas habitación, escuelas, bodegas, invernaderos y laderas revestidas o tratadas con materiales que la impermeabilizan.

Es importante que los materiales con que están construidas estas superficies, no desprendan olores, colores y sustancias que puedan contaminar el agua pluvial o alterar la eficiencia de los sistemas de tratamiento.

Además, la superficie debe ser de tamaño suficiente para cumplir la demanda y tener la pendiente requerida para facilitar el escurrimiento pluvial al sistema de conducción; es importante mencionar que solo se debe considerar la proyección horizontal del área de captación y expresarla en [m²].

3.3 Estructura para el almacenamiento del agua de lluvia.

Son cisternas o tanques donde se almacena el agua de lluvia captada, que puede utilizarse, previo al tratamiento para uso doméstico durante todo el año.

Los materiales más utilizados para la construcción de las cisternas o tanques de almacenamiento son los siguientes:

Plásticos. Fibra de vidrio, polietileno y PVC

Metales. Barril de acero, tanque de acero galvanizado.

Concreto. Ferrocemento, piedra y bloque de concreto.

A continuación se describen varios tipos de cisternas construidas con diferentes materiales:

3.3.1 Tanques o cisternas de ferrocemento

Estas cisternas son rápidas de construir, igualmente los materiales se consiguen fácilmente para que los mismos usuarios las construyan.

- **Ventajas:**

Bajo costo, uso reducido de materiales, no se necesita molde, puede ser fabricado por personas de la localidad en poco tiempo, fácil de reparar y es aceptada por la comunidad.

- **Desventajas:**

El agua se calienta con facilidad, por lo que la cisterna siempre tiene que ser pintada de blanco, la obra no puede ser interrumpida pues las capas subsecuentes del aplanado no se adhieren suficientemente entre sí, lo cual puede ocasionar pérdidas de agua por filtración, estas cisternas no son recomendadas en zonas sísmicas, ya que pueden fracturarse, sobre todo cuando se secan.

3.3.2 Cisternas de concreto.

En Estados Unidos de América, las cisternas de concreto se fabrican bajo condiciones controladas, después son trasladadas al sitio de instalación. La capacidad de almacenamiento es de 5 a 35 m³; cuando las dimensiones son mayores se construyen en el sitio seleccionado. La calidad del agua almacenada depende de los acabados realizados sobre sus paredes y el material utilizado para impermeabilizar. Las cisternas pueden estar sobre la superficie del suelo, enterradas o semienterradas; sin embargo, es una tecnología costosa para los países en desarrollo.

3.3.3 Cisternas de cemento-tabique.

Son las más simples y comunes en las zonas rurales de México y son construidas con arcilla horneada y arena cementada.

Son de baja flexibilidad ya que los materiales de construcción no resisten desplazamientos y fuertes movimientos sísmicos.

En dimensiones mayores la construcción, resulta con altos costos comparativos y mayor cantidad de material cementante, además necesita estructuras de soporte como cadenas, mezcla de arena con cemento para el recubrimiento de las paredes para su impermeabilización.

Es preocupante observar que el tamaño de las cisternas varía de 2 a 30 [m³] en la mayoría de los casos, ya que el volumen no es suficiente para hacer frente a la demanda de la familia durante todo el año.

3.3.4 Cisternas revestidas con cubierta flotante de geomembrana de PVC, polietileno de alta densidad o polipropileno reforzado.

Dentro de las nuevas tecnologías de productos geosintéticos se encuentran las geomembranas, que son impermeables a fluidos y partículas, evitan filtraciones, fugas y contaminación del agua almacenada.

La geomembrana de PVC, el polietileno de alta densidad y alto peso molecular y el polipropileno reforzado ofrecen muchas ventajas: facilidad de instalación, elasticidad, resistencia a

punzonamiento, de fácil colocación por ser termofusionable (cisternas, canales y otros depósitos); algunas de sus propiedades son: 25 años de vida y elongación del 200 % sin perder su estructura molecular. La impermeabilización obtenida con 1 mm de espesor de geomembrana de PVC equivale a la impermeabilidad de 1[m] de arcilla compactada. Una cisterna de concreto resulta de cuatro a cinco veces más costosa que una recubierta con estos productos geosintéticos.

Ventajas:

- Es de tres a cuatro veces más económica que una cisterna de ferrocemento.
- La geomembrana tiene una garantía de 10 años y una durabilidad de 25 años.
- La cisterna con cubierta flotante evita la contaminación del agua de lluvia por polvo y previene la proliferación de microbios.
- Las reparaciones se realizan fácilmente y en corto tiempo.
- Se necesita una compactación mínima.
- En zonas sísmicas no ocurren desplazamientos ya que la geomembrana es flexible.

Desventajas:

En terrenos arenosos se dificulta la compactación de las paredes de la cisterna, por lo cual es necesario considerar los taludes lo que aumenta la superficie a revestir con geomembrana y por consiguiente los costos de las cisternas.

3.3.5 Cisternas de metal.

Es el material más utilizado en la construcción de cisternas y tanques que almacenan agua de lluvia.

El acero galvanizado no es resistente a la corrosión, pero es frecuentemente más resistente a la oxidación. En los tanques nuevos podría existir un exceso de cinc, el cual puede afectar el sabor del agua de lluvia almacenada. Estos tanques deben lavarse con agua antes de usarse.

3.3.6 Tanque de polietileno.

Es ampliamente utilizado para el almacenamiento de agua, varía en forma, tamaño y color, puede ser usado superficialmente o enterrado, fácil de transportar e instalar, durable, flexible, con acabados sanitarios para agua potable. Existen presentaciones de 0.5 a 25 [m³] de capacidad.

3.4 Granulometría.

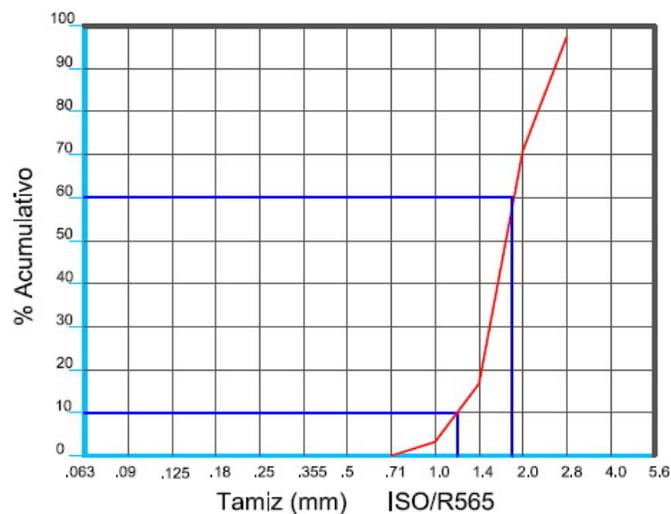
Se caracteriza por una curva representativa de los porcentajes en peso de los granos que pasan a través de una sucesión de tamices normalizados.

El método operativo para determinar la curva de granulometría es el siguiente:

- Pesarse 100 [g] de material después de secarlo durante 4 horas a 120° C. Tamizar este material sucesivamente a través de tamices normalizados y anotar la masa retenida en cada tamiz.
- Calcular, a partir de estos resultados, la masa de material que atraviesa cada tamiz y expresarla en por ciento de la masa total utilizada para el ensayo.
- Trazar la curva acumulativa que representa estos porcentajes en función del paso de malla de cada tamiz.

3.5 Diámetro efectivo.

Es la apertura del tamiz que permite el paso del 10% de arena; correspondería al porcentaje 10 de la curva mostrada a continuación y determina, en gran parte, la calidad del filtrado justamente con los dos factores siguientes, pues el diámetro de poro es, aproximadamente 1/7 del diámetro efectivo.



3.6 Coeficiente de uniformidad.

Es la relación entre las aperturas de tamiz correspondientes a los porcentajes 60 y 10 de la curva de granulometría. Un valor usual en arenas comerciales es de 1.5 [mm] como máximo no deberá sobrepasarse el valor 1.6 [mm] y sólo en casos excepcionales se admitirá hasta 1.8 [mm]

3.7 Forma de los granos.

Pueden ser angulosos (material triturado) o redondos (arena de río y mar), contrariamente a lo que se puede pensar, los primeros se acoplan menos fácilmente unos con otros y dejan, por tanto, secciones de paso mayores que los segundos. En consecuencia, para una misma granulometría, el aumento de pérdidas de carga es menor con granos angulosos que con granos redondos.

Por tanto, para obtener calidades de agua filtrada similares, un material anguloso tendrá un diámetro efectivo menor que el de material de granos redondos.

3.8 Mantenimiento.

Como en todos los componentes del equipo de riego, debe controlarse visualmente el funcionamiento, comprobar la ausencia de fisuras en el cuerpo del filtro y de pérdidas de agua. Si los filtros se instalan cerca del punto de inyección de fertilizantes, se recomienda lavarlos periódicamente con agua y jabón para prevenir la corrosión.

3.9 Cantidad de arena.

Debe comprobarse que la altura de la arena en el interior del filtro sea la correcta, de acuerdo con las Instrucciones del fabricante.

En cualquier caso, debe considerarse que el lecho filtrante de arena nunca debe llenar completamente el filtro, ya que ello impediría la correcta expiación del material filtrante durante el retrolavado por inversión de flujo.

Si por el contrario, la cantidad de arena es insuficiente la filtración sería menos efectiva, y la colmatación del filtro más rápida.

La verificación debe hacerse dos veces por temporada, siempre asegurando, antes de abrir el filtro, que se haya evacuado la presión del agua y que no se produzca un flujo en sentido contrario capaz de expulsar la arena hacia fuera.

El examen del agua expulsada por el colector de drenaje en el momento en que se efectúa el retrolavado permite saber si está saliendo arena del filtro. No debe agregarse arena por encima de la cantidad recomendada; esto podría ser perjudicial para una correcta filtración.

3.10 Limpieza de la arena.

Si después del retrolavado se observa que la pérdida de carga no retorna al nivel normal, se realiza otro retrolavado fuera de programa, más largo, asegurando que la presión del agua sea superior a los 30 [m] (bastante por encima de los 15 [m] exigibles como mínimo estándar). Si todavía no retorna al nivel de pérdida de carga correcto, hay que abrir los filtros (adoptando las medidas de seguridad mencionadas) y verificar visualmente la arena, ya que podría encontrarse saturada de desechos orgánicos o altamente compactados.

En algunos casos los depósitos de micro y macro—organismos se colocan encima de la arena de los filtros formando una capa impermeable que disminuye la función de filtraje. Cuando este problema se ha formado, el agua circula por galerías en cuyas paredes se forman nuevos depósitos hasta colmatar toda la arena. Para ello se aplica a los filtros de arena hipoclorito sódico (100 [g/l]) a una dosis de 15 – 20 [ml / litro agua], manteniendo dicha disolución durante 24 horas y lavando después con agua abundante.

Conviene observar que la arena ha quedado limpiada adecuadamente. En caso contrario se debe sacar la arena del filtro y limpiarla fuera.

En otros casos, la arena se colmata con carbonato de calcio impermeabilizándose. En caso de limpieza con ácido se debe estudiar la gravedad del problema pues una limpieza con ácido puede resultar más cara que el cambio de la arena.

Es posible que la diferencia de presión entre la entrada y la salida del agua sea menor que la normal. En tal caso, debe verificarse que la arena no haya salido del filtro dejándolo casi vacío (generalmente puede evitarse esta posibilidad instalando en la salida del tubo de retrolavado una válvula limitadora de caudal regulada en fábrica) o que no se hayan formado en la arena túneles, por los cuales el agua fluye sin filtrarse. Esto se soluciona introduciendo agua a presión desde arriba y agitando la arena (cuando esto ocurre es aconsejable revisar el filtro).

3.11 Engrase de roscas.

Todas las roscas de los tornillos de estos filtros deben mantenerse protegidas por una fina película de grasa que impida la oxidación y asegure el funcionamiento cada vez que sea necesario.

3.12 Cambio de arena.

Teniendo en cuenta la cantidad y calidad de las aguas filtradas, la inyección de cloro a través de los filtros y la cantidad de residuos retenidos por la arena, se recomienda cambiarla a intervalos constantes. Una vez cada temporada sería lo más aconsejable. Si el filtro ha trabajado correctamente, la arena de cambio debe tener las mismas características que la arena original.

3.13 Examen de la pintura.

Esta verificación nos asegurará que encontremos puntos de corrosión a su comienzo, rectificando esto con la ayuda de un cepillo de alambre y de una pintura protectora aseguramos por mayor tiempo la vida útil del filtro.

3.14 Drenaje.

En todos los sistemas de filtrado, y especialmente en los cabezales de filtros de arena, que son lavados por el efecto del retrolavado, es muy importante asegurar el funcionamiento de las válvulas de drenaje, lo que puede hacerse por activación manual del proceso de lavado, comprobando el cambio de posición de la válvula, o de forma directa actuando sobre la pequeña válvula de tres vías de cada uno de los filtros.

Los colectores de drenaje conectados a estas válvulas deben ser cortos y abiertos a la atmósfera, sin contrapresiones, ya que de haberlas, solo sirven para amortiguar la intensidad de las turbulencias y, por tanto, reducir la eficacia del lavado.

Fuente: The Texas Manual on Rainwater Harvesting, 2005. *CIDECALLI, 2005

3.15 Sistema de filtrado.

El agua puede considerarse potable cuando no sobrepasa los 2500 [µS] de conductividad, tiene un pH entre 6.5 y 8.5 y no contiene ni microorganismos, ni partículas en suspensión, ni elementos pesados como arsénico, cinc, cadmio, cromo, etc.

Para obtener agua potable hay que purificarla y las formas más asequibles y de menor costo son la desinfección solar, la desinfección por calor y el filtrado a través de arena, tanto rápido como lento.

Analizando los resultados obtenidos del capítulo dos, proponemos el siguiente sistema de filtrado:

La filtración lenta a través de arena es el sistema de tratamiento de agua más antiguo del mundo, y reproduce el proceso de purificación que tiene lugar en la naturaleza cuando el agua de lluvia atraviesa la superficie terrestre y forma los acuíferos.

Se utiliza principalmente para eliminar la turbidez del agua pero si se diseña convenientemente, puede ser un sistema de purificación eficaz.

Durante el proceso, las impurezas entran en contacto con las superficies de las partículas del medio filtrante y son retenidas, desarrollándose adicionalmente procesos de degradación química y biológica. El tiempo de permanencia del agua en el filtro debe estar comprendido

entre 3 y 12 horas, dependiendo del tamaño de grano. Las partículas más pesadas que se encuentran en suspensión se sedimentan y las más ligeras se aglutinan.

El principio de la filtración usando una cama de arena filtradora es muy simple. El agua de la fuente de riego es presurizada e introducida en la parte superior de la cama de arena de los tanques. Un plato difusor en la garganta superior del tanque sirve para reducir la velocidad del agua y distribuir uniformemente el agua a través de la parte superior de la cama filtrante.

La cama de arena es una capa de arena sílica triturada de tamaño graduado de aproximadamente 40 [cm] de profundidad. Los contaminantes en el agua son capturados en la cama de arena y el agua filtrada pasa dentro del colector de descarga, ubicado en el fondo de los tanques.

Los filtros de arena son efectivos para filtrar tanto contaminantes orgánicos, como inorgánicos. El tamaño mayor y la naturaleza tridimensional de la cama de arena proveen más área de filtrado y tienen una mayor capacidad de retención que muchos otros tipos de filtros. Determinar la capacidad del filtro y entender la función de retrolavado (limpieza) de su sistema están entre otros los aspectos más importantes de una filtración exitosa.

Los factores que afectan el funcionamiento de un filtro de arena son: calidad de agua, características de la arena, caudal, y la caída de presión admisible.

Capítulo 4 Impacto social.

La búsqueda de la identificación y la autenticidad del trabajo presentado debe esparcirse hacia toda la comunidad que conforma la Facultad.

Tratar de hacer un movimiento ecológico-masivo sin la base fundamental de la UNAM, sin quienes serán aquellos que vivan al día con el sistema implantado por esta tesis, sería algo sumamente ineficiente y a la vez falta de razón o justificación profesional.

Nuestra tendencia como Ingenieros, y más aún como partícipes de la rama Industrial, es hacer las cosas de una manera eficiente, y esto no se limita sólo a los recursos más comunes de la industria. El personal, quien le da vida a un sistema de esta índole (en dondequiera que sea), es para nosotros parte fundamental del buen inicio, desarrollo e implantación de cualquier proyecto.

En esta ocasión, adecuemos el término *personal* al ámbito correspondiente a esta tesis. Entendámoslo como todos aquellos que van a convivir con el sistema propuesto, desde quienes estamos en la parte intelectual del proyecto, hasta quienes serán beneficiados por el trabajo realizado.

4.1 Teoría y opiniones sobre la educación de masas.

Nos gustaría partir desde una de las bases históricas más sobresalientes de la educación de masas*.

*...Se trata aquí del **problema de la teoría y de la praxis**, y no solamente en el sentido en que Marx lo entendía en su primera crítica a Hegel cuando decía que **la teoría deviene fuerza material desde que capta a las masas**.*

*Se trata más bien de **investigar, tanto en la teoría como en la manera en que penetra a las masas**, esos momentos y esas determinaciones que hacen de la teoría, del método dialéctico, el vehículo de la revolución; **se trata de desarrollar la esencia práctica de la teoría partiendo de la teoría y de la relación que establece con su objeto. Porque, sin eso, la captación de las masas pudiera ser una apariencia vacía.***

***Podría ocurrir que las masas, movidas por impulsos muy diferentes, actuasen en función de objetivos completamente diferentes**, y que la teoría tuviera, para su movimiento, un contenido puramente contingente, que fuera una forma mediante la cual las masas elevan a la conciencia su acción socialmente necesaria o contingente, sin que ese acto de toma de conciencia esté ligado de manera esencial o real a la acción misma.*

*Marx expresa claramente las condiciones de posibilidad de esa relación entre la teoría y la praxis: **No es suficiente que el pensamiento tienda hacia la realidad; también la realidad debe tender hacia el pensamiento;** y en un escrito anterior, dice: **Entonces se verá que desde hace mucho tiempo el mundo posee el sueño de una cosa de la cual basta tener conciencia para poseerla realmente.***

Solamente semejante relación entre la conciencia y la realidad hace posible la unidad entre la teoría y la praxis.

Sólo cuando la toma de conciencia implica el paso decisivo que el proceso histórico debe dar en dirección de su término propio (término constituido por la voluntad humana, pero que no depende del libre arbitrio humano ni es una invención del espíritu humano); solamente cuando la función histórica de la teoría consiste en hacer posible prácticamente ese paso; cuando está dada una situación histórica en la cual el conocimiento exacto de la sociedad deviene, para una clase, la condición inmediata de su autoafirmación en la lucha; cuando el conocimiento de sí misma significa, para esa clase, al propio tiempo el conocimiento correcto de la sociedad; cuando, para tal conocimiento esa clase es a la vez sujeto y objeto de ese conocimiento, y la teoría capta así de manera inmediata y adecuada el proceso de la revolución social, es cuando se hace posible la unidad de la teoría y la práctica, condición previa a la función revolucionaria de la teoría...

*GEORG LUKÁCS: **Historia y conciencia de clase**, Instituto del libro, La Habana, 1970. pp:36-38.

Partiendo de lo anterior, creemos conveniente preguntar si existe en este proyecto la identificación tan necesaria de la comunidad sobre el desarrollo y avances de lo realizado hasta el momento por los diversos equipos de trabajo que hemos emprendido tan importante travesía.

Entendemos que un sistema de planeación, y sobre todo cuando se trata de un Horizonte de Planeación Estratégico, comienza con una línea teórica que es trazada idealmente por los análisis de identificación del proyecto, tales como son Misión, Visión, Metas, Objetivos, etc.

¿Pero qué pasa cuando esa teoría es llevada a la práctica?

Es conocido por quienes nos hemos adentrado a las raíces mismas de la planeación que no existe una planeación ideal, el horizonte siempre se ve abrumado por eventos que modifican el panorama visualizado durante el planteamiento de las bases mismas del proyecto. De ahí depende la habilidad y capacidad de los equipos de trabajo para detectar lo que es y lo que puede pasar tratando de seguir y adelantarse al tiempo mismo.

¿Dónde está la realidad de este proyecto? ¿De quién dependerá que el horizonte planeado no se desvíe en cantidades inaceptables y/o catastróficas para el desarrollo de nuestra planeación?

LUKÁCS menciona que, desde tiempos de corrientes como el inicio del comunismo, cuando los pueblos se dieron cuenta de que no se podía avanzar si no se adoptaba lo que hacían las clases altas (unir su fuerza y recursos por un objetivo común, siguiendo el bienestar de la clase y el liderazgo de un pensador), entonces el avance de cualquier ambición común se podía convertir en un retroceso que acabaría con la represión y control por parte del ente dominante.

Dimensionando lo anterior a nuestro proyecto, ¿a dónde iríamos sin tomar en cuenta a toda la comunidad de la Facultad de Ingeniería?

Si nuestro horizonte de planeación está siguiendo una línea que va dirigida a la implantación local, seguida de una implantación institucional y finalizando en una mejora continua para una implantación social, entonces creo que dejamos en claro la importancia de nuestros clientes, o mejor dicho, la importancia de la comunidad en diversos niveles para el sano desarrollo de nuestro proyecto y la correcta documentación de la tesis aquí presentada.

4.2 Resumen de la encuesta aplicada en la Facultad de Ingeniería.

La encuesta se desarrolló con apoyo del Instituto de Ingeniería y el trabajo de nuestros compañeros Sinhue Alonso Segura Flores y Eder Manzano Rodríguez enfocado a la campaña de difusión y conciencia en la comunidad, de la mano del personal involucrado del Instituto de Ingeniería.

La última parte de nuestro trabajo de tesis comprende el inicio del programa de concientización de la comunidad universitaria sobre la captación de agua de lluvia y su importancia. Se realizó una encuesta para poder presentar de manera gráfica cual era la opinión de la comunidad universitaria con respecto al tema de captación de agua de lluvia.

Por ahora iniciemos en lo local. Como factor preponderante, el trabajo realizado por nuestros compañeros sobre la encuesta y campaña de concientización de la comunidad universitaria en el aprovechamiento del agua de lluvia.

Esto lo realizamos con la finalidad de conocer el panorama real del vivir e interactuar diario entre dos entes fundamentales para nosotros y la evolución de nuestra tesis: la comunidad de la Facultad de Ingeniería y El recurso natural en observación.

Para el análisis usaremos aquellas preguntas que no creen una línea de división entre los estudios presentados en esta tesis y las preguntas enfocadas directamente al espacio y/o trabajo de los compañeros especializados en la campaña de difusión y conciencia social.

Se tiene como objetivo de este capítulo tomar como base el estudio realizado para la creación de un programa para la sensibilización y concientización de la preservación del agua como

recurso natural vital con acciones preventivas y correctivas. Estas acciones tienen como parte integral de desarrollo el tratado de los siguientes puntos:

- ***Pláticas interactivas con la comunidad y promoción de valores universales.***
- ***Análisis de objetos relacionados con el suministro de agua.***
- ***Desarrollo de competencias a través de la resolución de problemas.***
- ***Utilización de las tecnologías de la información y comunicación.***

Primordialmente esta encuesta se enfoca a los jóvenes porque es el sector de la población de la Facultad de Ingeniería con más posibilidades de adoptar con éxito una cultura sobre el uso eficiente y racional del agua.

Es importante que los jóvenes se interesen y tomen acciones por cuidar su medio ambiente, principalmente el agua, que reconozcan su valor estratégico y económico.

Actualmente en la Facultad de Ingeniería cuenta con más de 10,000 alumnos, por lo que es necesario un buen programa de difusión sobre el problema actual del agua.

Por esta razón se realizó una encuesta con el apoyo del Instituto de Ingeniería y otras dependencias. Aproximadamente 400 personas entre alumnos, académicos y trabajadores trabajan en este proyecto.

Este proyecto es permanente y su finalidad tiene 2 tipos de acciones:

- Correctiva
- Preventiva.

Los primeros resultados muestran una Facultad de Ingeniería sin conocimiento de la problemática del agua así como de cuánto es lo que cuesta el abasto de agua en sus domicilios que es primer punto de control que se debe analizar para ver una relación costo-uso de agua.

A su vez, la encuesta arroja que existe un gran número de gente entre un 60% y 70% está dispuesta a prestar apoyo hacia el programa y así hacer una correcta difusión del mensaje en la Facultad de Ingeniería crear las brigadas de soporte y generar el conocimiento necesario para la correcta marcha y puesta en punto del programa de captación, uso y re-utilización del agua de lluvia en la Facultad de Ingeniería.

El fin último de la encuesta es conocer si es viable el desarrollo de la campaña llamada Cada gota Cuenta.

Dicha campaña tiene como lineamientos concientizar a la comunidad de la Facultad sobre la importancia de:

- La disminución en la cantidad de litros de agua usados por día y por estudiante.
- El uso eficiente del agua, a través de cambios de hábitos en el consumo del recurso.
- Informar a la comunidad sobre las acciones que promueve la campaña *Cada gota cuenta* para el ahorro del agua.
- Obras realizadas, en ejecución y futuras.
- Difusión de las responsabilidades de las brigadas del agua.
- Concientizar a los trabajadores de limpieza sobre la nueva cultura del agua.

Que todos están involucrados y que el desafío de una gestión racional del agua es un reto colectivo, que implica a todos los sectores de la Facultad.

4.3 Resultados de las encuestas

A continuación se presenta el resumen de las estadísticas obtenidas de los principales puntos en la encuesta que se realizó a la comunidad de la Facultad.

Las preguntas de la encuesta aplicada fueron el resultado del trabajo de nuestros compañeros de equipo en el programa PUMAGUA junto con el Instituto de Ingeniería los cuales determinaron cuales serían los indicadores más adecuados a determinar para conocer la opinión de la comunidad y el impacto que tendrá en la misma el programa de captación de precipitaciones pluviales.

Se aplicaron 490 encuestas dentro de la comunidad de la Facultad de ingeniería según el tamaño de la muestra acordado por el Instituto de Ingeniería.

Los resultados más sobresalientes son los siguientes:

Una totalidad de entre 60% y el 70% tiene conocimiento sobre la calidad del agua de riego que es usada en las áreas verdes de la Ciudad Universitaria así como la existencia de una planta de tratamineto de agua, además el 95% de las personas están concientes de que el agua tratada no es potable por lo que se puede observar que el tema del agua tratada y la forma en que se está utilizando no es un tema nuevo para la comunidad de la Facultad de Ingeniería.

Se tendría que atacar el 30% de la poblacion restante la cual muestra ignorancia o apatía en este tema.

El 61% de las personas encuestadas están de acuerdo en invertir los recursos de la Facultad en equipo enfocado al ahorro de agua.

En el tema sobre quién es el responsable para evitar el desperdicio del agua se tienen muy divididas las opiniones ya que se dividen en 30% para los estudiantes, 20% para personal académico y los visitantes y el resto está dividido para las autoridades, personal de mantenimiento, el personal de limpieza, etc.

Además en el tema sobre donde denunciar a las personas que dañan la infraestructura hidráulica el 80% de la población no sabe a dónde acudir, en estos dos temas es donde se tiene que enfocar el proyecto de concientización.

Una sección muy importante en la encuesta fue conocer a través de qué medio se realiza la comunicación más efectiva para informar a la comunidad Universitaria sobre esta campaña además de cómo vamos a promover el ahorro del agua en la comunidad.

Los resultados arrojaron los siguientes resultados:

El 28% de las campañas serán más eficientes promoviendo actividades deportivas, siguiendo un 32 % con campañas publicitarias y el porcentaje restante se divide en actividades culturales, sesiones informativas y conferencias.

Conclusiones

El presente trabajo es una muestra de las ventajas, uso y aprovechamiento de la planeación estratégica. En él podemos ver la importancia que tiene su correcta aplicación y el impacto que ésta generara en el medio ambiente de Ciudad Universitaria ya que está hecha con base en lo más importante de la misma: la comunidad que labora y estudia día a día en ella. Esta tesis sienta los cimientos de aquello que es necesario para poder empezar a implementar un sistema de planeación estratégica enfocado a abarcar la mayor cantidad de variables posibles que pudieran presentarse al momento de poner en marcha el proyecto

Se establecieron los lineamientos requeridos en una buena planeación los cuales son misión, visión, metas a largo plazo, objetivos, estrategias, prácticas, políticas y el análisis de los factores externos e internos que involucran la realización del proyecto (FODA), todos enfocados a la planeación estratégica con los cuales se podrá comprobar la efectividad de este documento y con ello la viabilidad del mismo para poder iniciar esta filosofía en el programa PUMAGUA.

Con la ayuda del Instituto de Ciencias de la Atmósfera se logró adquirir toda la información referente a la caracterización de agua de lluvia con lo que se tiene la información referente a que tan viable puede ser la implementación de este tipo de proyectos y se tiene una visión más completa de qué tipo de infraestructura se necesitará para garantizar que los agentes contaminantes presentes en el agua de lluvia de la zona no dañen los equipos que utilizarán y así mismo resguarden la salud de los usuarios.

Lo que muestran los resultados de los estudios de precipitación es que la zona sur oeste del Valle de México es la que tiene el mayor acumulado anual de precipitaciones pluviales por lo que la zona en la que se encuentra Ciudad Universitaria es la idónea para este tipo de proyecto de captación de agua de lluvia.

Además de este análisis de factibilidad se analizaron las características de las precipitaciones pluviales ya que éstas afectarán directamente a los equipos instalados; los resultados obtenidos fueron que no se necesitan equipos sofisticados tanto en captadores como en filtros de agua ya que el nivel de acidez que afectaría a nuestros equipos es relativamente bajo comparado con la zona norte de la ciudad de México en donde el nivel de pH es más elevado.

Debido a lo anterior, y tomando en cuenta la caracterización del agua de lluvia presentada en el capítulo dos de esta tesis, sabemos de antemano que los niveles de sulfatos y contaminantes presentes en las precipitaciones hacen de las mismas no adecuadas para consumo humano.

En el capítulo tres de nuestra tesis se proporciona información detallada sobre el sistema de filtrado propuesto (filtro de arena con flujo lento) y una descripción de los materiales indicados para estas condiciones ambientales. Se tiene contemplado que, en caso de que el agua ya

tratada por el sistema de captación y filtración llegara a ser ingerida por un ser humano, no cause daño a su salud. De igual manera no se recomienda, por motivo alguno, la ingesta de agua de lluvia con o sin tratamiento previo. Como tal, existen desviaciones propias de la naturaleza de cualquier sistema de planeación y se aclara que ésta es una propuesta que será guía y a la vez auxiliar en la implantación del proyecto.

Como lo mencionamos en el capítulo cuatro, hacer la unión entre teoría y práctica depende de la correcta comunicación que pueda existir entre todos los entes que desarrollan este proyecto, pero a su vez, podemos acercarnos a la realidad al tener una respuesta de la comunidad y sobre todo al ver el panorama general que ésta refleja sobre lo que es y lo que debería ser. No nos salgamos de contexto, recordemos que todo va enfocado a un buen ejercicio de Planeación Estratégica.

Nos enorgullece presentar este trabajo, que seguramente será útil para la comunidad y, sobre todo, para quienes vayan a dar seguimiento a ésta, la primera fase del proyecto de Implantación de un sistema de captación de agua de lluvia en las diversas entidades que componen a la UNAM.

Entendemos que, haciendo un comparativo en cosmovisión, y entendiendo que la UNAM es el universo, el implantar el sistema en la Facultad de Ingeniería tan sólo es un grano de arena, pero creemos que es el grano de arena correcto ya que como ingenieros, tenemos la obligación de crear opciones eficientes en materiales y costos para el desarrollo de la comunidad.

De primera mano lo que nos muestran los resultados de las encuestas aplicadas es que no se tiene un conocimiento real de la situación con respecto a plantas de tratamiento de agua o reportes de fugas de agua o simplemente de un cuidado de las instalaciones con las que actualmente se cuenta. Pero a pesar de esto la comunidad universitaria muestra interés con respecto a este tema por lo que una campaña adecuada de concientización sería suficiente para poder informar a la comunidad del proyecto que se está poniendo en marcha, sus implicaciones y la participación que se estará solicitando de cada una de las personas que conforman el día a día de la Facultad de Ingeniería así como el compromiso que estaremos solicitando de la comunidad.

Finalmente el objetivo de esta tesis se basa en la naturaleza misma de cualquier proyecto y de la búsqueda de una adecuada evolución del mismo. Sin cimientos sólidos sabemos que los proyectos están destinados al fracaso. Nuestra tesis trata de evitar que colapse el esfuerzo de todas aquellas personas que individualmente abarcaron las variables internas y externas que llegarían a afectar al proyecto desde un punto de vista ingenieril. Por eso estamos seguros que estos primeros pasos que proponemos llevarán a que el proyecto siga muy de cerca aquello imaginado de manera colectiva: la captación de agua de lluvia y su reutilización. Estamos convencidos que esta tesis es el eslabón y punta de lanza entre imaginar el proyecto y tenerlo como una realidad.

Anexos

A.1 Modelo

Es una representación de un sistema llevado a pequeña escala o que facilita su reproducción a voluntad de acuerdo a una serie de pasos a seguir. Por lo general el modelo delimita su accionar a las fronteras del mismo y da a conocer todas las variables necesarias para poder obtener los resultados buscados.

A.2 Definición ^[5].

Procedimiento constructivo (por tanto, operatorio: las definiciones son siempre operatorias) orientado a formar términos. Las definiciones no «crean» el término complejo definido, sino que ha de tener también referencias previas por relación a las cuales la definición desempeña el papel de una re-definición (por ejemplo, de estructuras fenoménicas por estructuras esenciales). Por ello, su función principal es contribuir a la constitución de los contextos determinados.

A.3 Filosofía.

Para uso de ésta tesis, nos referimos a filosofía como los lineamientos que nos conducirán al correcto ejercicio buscado donde intervenga una corriente de pensamiento, dicese: planeación estratégica, donde *estratégica* representa la manera de pensar y concebir el proyecto.

A.4 Programa PUMAGUA (como se presentaba el 01 de marzo de 2010)

“PROGRAMA DE MANEJO, USO Y REUSO DEL AGUA EN LA UNAM”

El Consejo Universitario de la UNAM ha considerado imperativo adoptar medidas concretas para lograr el uso y manejo eficiente del agua en todos sus Campus, no sólo ante los problemas asociados al crecimiento constante de sus instalaciones, sino también como ejemplo de hacer uso del conocimiento universitario en la solución de los problemas prioritarios del país.

Fue por ello que, por mandato del propio Consejo Universitario, el Instituto de Ingeniería se dio a la tarea de plantear los presentes Términos de Referencia para poner en marcha el “Programa de Manejo, Uso y Reuso del Agua en la UNAM”.

El manejo adecuado del agua, en el contexto de las instalaciones alojadas en los distintos Campus de la UNAM, requiere conocer con precisión las distintas variables del “balance hídrico”. Esto es, desde los caudales que ingresan a las redes de distribución, hasta los que se alimentan a cada una de las instalaciones y los que retornan en forma de aguas residuales al sistema de alcantarillado.

Estos caudales están determinados a su vez por los patrones de uso (baños, cocinas, laboratorios, albercas, gimnasios, riego de jardines y otros), así como por las condiciones físicas de las redes de distribución y de las instalaciones hidráulicas de los edificios, mismas que explican la posible presencia de fugas.

Tan importante como la cantidad, la calidad del agua suministrada impacta la salud de la comunidad universitaria, mientras que la calidad de las aguas residuales que se generan determina las necesidades de tratamiento de las mismas; sea para cumplir con la normatividad en la materia o, más importante aún, para su posterior reuso que, en forma segura, permita sustituir el uso de agua potable en actividades que no requieran tal calidad.

El conjunto de acciones requeridas para establecer con precisión el balance hídrico, en cantidad y calidad, se conoce internacionalmente como “auditoría de agua”, misma que se sustenta en la medición continua y sistemática de las distintas variables que determinan el balance hídrico, incluidos los análisis y determinaciones de la calidad del agua potable y de las aguas residuales.

Todo lo anterior, complementado con visitas técnicas, encuestas y entrevistas que permitan conocer con detalle la “tecnología de uso del agua” en las distintas instalaciones de la UNAM.

Es con base en esta radiografía, junto con la experiencia y conocimiento de los profesores e investigadores, que podrá plantearse el Programa de Manejo, Uso y Reuso del Agua en la UNAM, que incluye la implantación de tecnologías y prácticas mejoradas para satisfacer todas las necesidades de la comunidad universitaria, con menos agua y con la calidad adecuada, así como un programa de comunicación y difusión del ahorro del agua en la UNAM.

Con una visión de servicio, se espera que los beneficios del Programa puedan extenderse a las comunidades que forman parte inmediata del entorno de los distintos Campus de la UNAM.

Objetivo General

Formular e implantar un programa integral de manejo, uso y reuso del agua en cantidad y calidad en la UNAM.

Objetivos particulares

1. Desarrollar las bases científicas y metodológicas para el establecimiento de un programa de manejo, uso y reuso del agua, en cantidad y calidad, que permita su implantación en los distintos Campus de la UNAM y, dentro de ellos, en cada una de sus dependencias.
2. Determinar, en primera instancia, el estado actual de la infraestructura de distribución de agua que se utiliza en el Campus de Ciudad Universitaria, de la calidad de la misma en los puntos de consumo, de las aguas residuales que se generan en las distintas instalaciones, y de las prácticas y tecnologías actuales de uso, tratamiento y reuso.
3. Impulsar, en el corto plazo, la adopción generalizada de las distintas medidas de eficiencia que derivan comúnmente de una auditoría de agua, que incluyen, entre otras: mejorar la macro y micro medición de caudales; reparar fugas; reciclar el agua en algunos procesos; mejorar el mantenimiento de infraestructura y equipamiento; instalar sanitarios de bajo flujo; cambiar prácticas operacionales; sistematizar el análisis de la calidad del agua que ingresa al sistema y de la que sale de éste; y mejorar el riego con agua tratada.
4. Revisar la práctica actual y formular los programas de recirculación y de reuso del agua residual tratada en la UNAM, con objeto de liberar volúmenes de agua potable para actividades que así lo requieran. Con ello establecer un Plan Maestro de Reuso en Ciudad Universitaria que incluya una propuesta integral del manejo de las aguas residuales en general y específicamente, para uno o varios edificios en los que se puedan caracterizar sus aguas residuales.
5. Realizar un Programa de Comunicación y Difusión del PUMAGUA, cuya finalidad es difundir el concepto del cuidado del agua en la UNAM como ejemplo de liderazgo de la comunidad universitaria, y posteriormente divulgar los resultados que se vayan obteniendo en el proyecto, así como plantear un programa de incentivos que estimule el ahorro del agua en las dependencias de la UNAM.
6. Impulsar, dentro de la UNAM, el desarrollo de tecnologías que contribuyan a alcanzar mayores niveles de eficiencia y reuso del agua. En el desarrollo de tecnologías, probar aquellas que vean la problemática de inundaciones y obtener el potencial de aprovechamiento del agua de lluvia, incluido el establecimiento de zonas de recarga.
7. Realizar un programa de impacto del Programa con los vecinos de Ciudad Universitaria

DESARROLLO DEL PROGRAMA DE MANEJO USO Y REUSO DEL AGUA EN LA UNAM

Conforme al mandato del Consejo Universitario, el Instituto de Ingeniería plantea el desarrollo del Programa de Manejo, Uso y Reuso del Agua, PUMAGUA, bajo la premisa de que la tarea fundamental, en una primera etapa, es la de desarrollar las bases científicas y metodológicas para la formulación e implementación del mismo, que serán validadas mediante su puesta en práctica, a nivel piloto, en el área de influencia de las instalaciones del mismo Instituto de Ingeniería y las de la Facultad de Ingeniería.

Los resultados derivados de la aplicación del PUMAGUA a nivel piloto servirán para perfeccionar los planteamientos iniciales, con lo cual se procederá a diseñar una segunda etapa, cuyos alcances contemplan la aplicación del Programa en todos los Campus de la UNAM, especialmente el de Ciudad Universitaria tanto por su tamaño y complejidad, como por su impacto al constituirse en ejemplo para la sociedad en su conjunto.

Primera etapa

Durante la primera etapa se llevarán a cabo, paralelamente, actividades de gabinete y de campo.

Actividades de gabinete

1. Análisis de “Estado del Arte Y Estudios de Casos”. Se llevará a cabo una revisión detallada de tecnologías y buenas prácticas en materia de manejo y uso del agua en instalaciones urbanas semejantes a las que caracterizan a los distintos Campus de la UNAM.
2. Recopilación de información. Se procederá a recopilar la información técnica, estadística y cartográfica relevante para integrar un primer diagnóstico general del estado que guarda el manejo y uso del agua en Ciudad Universitaria, con lo cual se podrá establecer una línea de base que sirva como referente de los objetivos que son posibles y deseables de alcanzar con el Programa.
3. Diseño metodológico. Se precisará el esquema metodológico para el desarrollo de los trabajos y análisis a ser realizados en la primera etapa, incluidos los criterios para la determinación de la cantidad y calidad del agua potable y de las aguas residuales, así como para el análisis de las prácticas y tecnologías actuales de manejo y uso del agua.
4. Aplicación de herramientas de análisis. Se procederá a la aplicación de distintas herramientas de análisis (software, métodos informáticos, instrumentación, técnicas

analíticas) determinadas para el tratamiento de la información derivada de los trabajos de campo y de las investigaciones de gabinete.

5. Sistema de información Geográfico. Se diseñará y aplicará un Sistema de Información Geográfico para el despliegue de la información generada durante la primera etapa, como base para la difusión de los resultados y para el establecimiento de un sistema de medición por comparación que permita a las distintas dependencias de la UNAM evaluar sus avances en la materia.

Actividades de campo

1. Levantamiento topográfico de la red primaria de distribución que alimenta a los distintos edificios del Campus de Ciudad Universitaria.
2. Instalación y operación de los medidores necesarios para medir los caudales en los pozos que alimentan a la red de distribución de agua potable de Ciudad Universitaria y en puntos estratégicos de la red de distribución, así como los caudales que ingresan a la planta de tratamiento.
3. Detección de fugas en la red primaria del sistema de distribución de agua dentro del Campus de Ciudad Universitaria.
4. Instalación y operación de los medidores necesarios para la medición de los caudales que ingresan a los distintos edificios administrados por el Instituto y la Facultad de Ingeniería, así como de los caudales de aguas residuales que en los mismos se generan.
5. Muestreos y análisis (in situ o en laboratorio) necesarios para evaluar la calidad del agua que se suministra a Ciudad Universitaria (en pozos y red de distribución), de la que se suministra a los distintos edificios y de la que finalmente se consume al interior de estos.
6. Instalación y operación de los medidores necesarios al interior de una muestra seleccionada de edificios del Instituto y Facultad de Ingeniería, con objeto de precisar los volúmenes utilizados en cada uso o servicio.
7. Muestreos y análisis (in situ o en laboratorio) complementarios para evaluar con mayor detalle la calidad del agua que se suministra a la muestra seleccionada de edificios del Instituto y Facultad de Ingeniería, así como de la que se consume en su interior.

8. Aplicación de encuestas y entrevistas diseñadas para determinar las prácticas y tecnologías de uso en la muestra de edificios mencionada en el punto anterior.
9. Muestreos y análisis (in situ o en laboratorio) para caracterizar la calidad de las aguas residuales que ingresan a la planta de tratamiento y las que salen de ella, así como los que permitan determinar la eficiencia y efectividad de los distintos procesos que la componen.

Resultados de la primera etapa

La conjunción de los trabajos de gabinete y campo habrán de resultar en:

1. Metodología para la formulación, evaluación e implantación de un programa de manejo y uso del agua en la UNAM (Versión 1), con una Guía Práctica para su aplicación en las distintas dependencias de la UNAM.
2. Balance hídrico general de Ciudad Universitaria, incluido un diagnóstico general sobre las prácticas y tecnologías de uso del agua, en cantidad y calidad, así como una primera percepción sobre el potencial de mejora.
3. Detección de fugas en la red primaria de distribución de Ciudad Universitaria, con recomendaciones específicas para su reparación y monitorización sistemático.
4. Auditoría de Agua en el Instituto y Facultad de Ingeniería, que comprenderá:
 1. Balance hídrico general y por edificio, con sus variaciones estacionales.
 2. Diagnóstico de fugas en el sistema hidráulico del área de influencia del Instituto y Facultad de Ingeniería, con las medidas de remediación correspondientes.
 3. Caracterización de las prácticas y tecnologías de uso en una muestra de edificios.
 4. Caracterización de la calidad del agua que ingresa a los edificios y de la que se usa en su interior.
 5. Caracterización de las aguas residuales que se generan en los edificios e instalaciones del Instituto y Facultad de Ingeniería y específicamente, en la muestra de edificios seleccionada.

6. Situación actual del manejo y uso del agua (línea de base) y potencial de mejora en el corto y mediano plazos (eficiencia, ahorro, recirculación, calidad del agua y generación de aguas residuales).
7. Identificación de alternativas de reducción potencial de consumo, aseguramiento de la calidad del agua para consumo humano y manejo adecuado de las aguas residuales en los edificios e instalaciones del Instituto y Facultad de Ingeniería.
8. Evaluación económica y de los posibles impactos técnicos y ambientales que da soporte al programa específico de manejo y uso del agua en el Instituto y Facultad de Ingeniería, con acciones específicas en el corto y mediano plazos.
9. Lecciones aprendidas y recomendaciones para perfeccionar la Metodología establecida y extender su aplicación al resto de la UNAM.
10. Primera versión del Sistema de Información Geográfico del Manejo y Uso del Agua en la UNAM, con indicadores de evaluación por comparación.

Segunda etapa

La segunda etapa se caracteriza por la aplicación directa de la Metodología (Versión 2) al Campus de Ciudad Universitaria, así como por su difusión e impulso en los demás Campus de la UNAM.

Esta segunda etapa comprende también trabajos de gabinete y campo.

Cabe señalar que la ejecución de la segunda etapa supone la participación activa de las distintas dependencias alojadas en el Campus de Ciudad Universitaria. Esto es, cada dependencia se hará cargo de elaborar e implantar el PUMAGUA en los edificios e instalaciones bajo su administración.

En este sentido, el papel del Instituto de Ingeniería se centra, además de las tareas específicas que se señalan más adelante, en proporcionar el apoyo técnico a las dependencias para el diseño, evaluación e implantación de las acciones específicas que habrán de implantar las dependencias.

Además del uso del agua y la problemática asociada a la generación, tratamiento y reúso de las aguas residuales, se incluirá una visión general sobre la problemática asociada al problema de inundaciones y al potencial de aprovechamiento del agua de lluvia, incluido el establecimiento de zonas de recarga.

Actividades de gabinete

1. Retroalimentación. Con las experiencias de la primera etapa se procederá a revisar y perfeccionar la metodología adoptada, con miras a su aplicación en el resto del Campus de Ciudad Universitaria.
2. Promoción y coordinación. Se establecerán los mecanismos de difusión y coordinación con las distintas dependencias del Campus de Ciudad Universitaria para determinar la forma de diseñar, evaluar y poner en marcha su programa específico de manejo y uso del agua.
3. Apoyo técnico. Se proporcionará el apoyo técnico necesario para que las dependencias desarrollen las capacidades necesarias para llevar a cabo las actividades de gabinete a que se refiere la primera etapa.
4. Aplicación de herramientas de análisis. Se continuará con la aplicación de distintas herramientas de análisis determinadas para el tratamiento de la información derivada de los trabajos de campo y de las investigaciones de gabinete contempladas dentro de la segunda etapa.
5. Integración. Se mantendrá el flujo de información necesario para que los resultados de los programas específicos que establezca cada dependencia puedan ser incorporados al PUMAGUA, así como para fines de monitorización.
6. Sistema de Información Geográfico. Se incorporará la información generada por cada dependencia para fines de difusión y evaluación por comparación.

Actividades de campo

1. Como parte de su papel integrador dentro del PUMAGUA, el Instituto de Ingeniería, en colaboración con las dependencias responsables, llevará a cabo las actividades de campo siguientes:
2. Levantamiento topográfico de los componentes que integran las redes de agua potable y alcantarillado de los edificios que comprenden a las diferentes dependencias.
3. Instalación y operación los medidores necesarios para determinar los caudales que ingresan a los sectores que distribuyen el agua potable a las distintas dependencias, de tal forma que se pueda precisar el balance hídrico general del Campus de Ciudad

Universitaria, antes de su distribución a los edificios correspondientes.

4. Inventario de los usos del agua en Ciudad Universitaria, global y por dependencia.
5. Evaluación de las condiciones de calidad y manejo del agua tratada que se reusa dentro de las instalaciones universitarias (por ejemplo, el riego de áreas verdes en la zona conocida como “Las Islas”).
6. Cada una de las dependencias, incluidas aquellas que fuera del Campus de Ciudad Universitaria decidan incorporarse al PUMAGUA, con el apoyo técnico del Instituto de Ingeniería, habrá de realizar las actividades siguientes:
 1. Inventario de los usos del agua en sus distintos edificios e instalaciones.
 2. Instalación y operación de medidores para determinar los caudales que ingresan a los distintos edificios bajo su jurisdicción, así como para determinar los caudales de aguas residuales que se generan en los mismos.
 3. Diagnóstico de fugas en el sistema hidráulico del área de influencia de la dependencia, con las medidas de remediación correspondientes.
 4. Muestreos y análisis (in situ o en laboratorio) necesarios para evaluar la calidad del agua se suministra a los distintos edificios a cargo de la dependencia y del agua que se consume al interior de los mismos, así como para caracterizar la calidad de las aguas residuales que se generan, con sus variaciones estacionales.
 5. Instalación y operación de los medidores necesarios al interior de una muestra seleccionada de edificios, con objeto de precisar los volúmenes utilizados en cada uso o servicio.
 6. Aplicación de encuestas y entrevistas diseñadas para determinar las prácticas y tecnologías de uso en las muestras de edificios mencionados en el punto anterior.

Resultados de la segunda etapa

La concurrencia de los esfuerzos que hayan desplegado todas las dependencias de la UNAM, dentro y fuera del Campus de Ciudad Universitaria se traducirá en los resultados siguientes:

1. Metodología validada para la formulación, evaluación e implantación de un Programa de Manejo, Uso y Reuso del Agua en la UNAM (Versión 2), con una Guía Práctica para su aplicación en las distintas dependencias de la UNAM, dentro y fuera del Campus de Ciudad Universitaria. Además de un catálogo de buenas prácticas, la Guía Práctica incorporará criterios y metodologías para la evaluación económica de distintas prácticas y tecnologías, como base para la toma de decisiones.
2. Balance hídrico detallado en el Campus de Ciudad Universitaria, incluido un inventario de las prácticas y tecnologías de uso vigentes en los distintos edificios e instalaciones del Campus, con sus correspondientes indicadores de efectividad y eficiencia vis a vis prácticas y tecnologías que han demostrado su beneficio y costo-efectividad a nivel nacional e internacional.
3. Auditoría de Agua en las dependencias que se hayan incorporado al PUMAGUA, que comprenderá:
 1. Balance hídrico general y por edificio, con sus variaciones estacionales.
 2. Diagnóstico de fugas en el sistema hidráulico del área de influencia de la dependencia, con las medidas de remediación correspondientes.
 3. Caracterización de las prácticas y tecnologías de uso en una muestra de edificios de la dependencia, con sus variaciones estacionales.
 4. Caracterización de la calidad del agua que ingresa los edificios y de la que se usa en su interior, con sus variaciones estacionales.
 5. Caracterización de las aguas residuales que se generan en los edificios e instalaciones en la muestra de edificios seleccionada por la dependencia, con sus variaciones estacionales.
 6. Situación actual del manejo y uso del agua (línea de base) y potencial de mejora en el corto y mediano plazos (eficiencia, ahorro, recirculación, calidad del agua y generación de aguas residuales).

7. Identificación de alternativas de reducción potencial de consumo, aseguramiento de la calidad del agua para consumo humano y manejo adecuado de las aguas residuales en los edificios e instalaciones de la dependencia.
8. Evaluación de la factibilidad técnica de la implantación de recirculación y reuso por dependencia en función del gasto, caracterización del agua residual generada y los requerimientos de tratamiento.
9. Evaluación económica y de los posibles impactos técnicos y ambientales que da soporte al programa específico de manejo y uso del agua desarrollado por la dependencia, con acciones específicas en el corto y mediano plazos.
10. Evaluación de la recarga potencial del acuífero mediante pozos de absorción por agua pluvial y agua residual tratada.
11. Sistema de Información Geográfico del Manejo y Uso del agua en la UNAM, con indicadores de evaluación por comparación. En forma gradual, a medida que se vayan incorporando las distintas dependencias dentro y fuera del Campus de Ciudad Universitaria, el sistema permitirá desplegar en forma gráfica la infraestructura del Campus y de las dependencias, así como sus principales características en cantidad y calidad.
12. Programa de Manejo, Uso y Reuso del Agua en la UNAM, PUMAGUA, que integra los resultados anteriores y donde se presenta la programación de acciones y medidas que habrán de adoptar o estén en proceso de adoptar las distintas dependencias de la UNAM, dentro y fuera del Campus Universitario en el corto y mediano plazos para alcanzar resultados medibles en términos de, entre otros, reducción de consumos, incrementos en la eficiencia de uso, manejo de las aguas residuales, reuso de aguas tratadas y manejo de las aguas de lluvia.
13. Sistema de monitorización del PUMAGUA.
14. Programa de difusión y educación a los usuarios que impulse la implantación del PUMAGUA y haga accesible sus resultados fuera del ámbito universitario.
15. Realizar una visión general sobre la problemática asociada al problema de inundaciones y al potencial de aprovechamiento del agua de lluvia, incluido el

establecimiento de zonas de recarga.

16. Programa de impacto del PUMAGUA con la comunidad que se encuentra en los alrededores de Ciudad Universitaria.

Una vez analizados los puntos anteriores, podemos observar cierta discrepancia entre las definiciones básicas de misión, visión, objetivos y metas las cuales son fundamento de toda planeación, y debido a ello, nuestro propósito es implantar esa esencia estratégica necesaria para todo proyecto de inversión, la cual a su vez nos guiará hacia una correcta toma de decisiones.

Esas decisiones se verán reflejadas en factores tan importantes como el tiempo de ejecución y lo administrativo, sin dejar de un lado el económico ya que, como una filosofía de ingeniería industrial aplicada, hemos optado por desarrollar un sistema altamente productivo, donde se logren los objetivos creados con la menor cantidad de recursos económicos posibles.

Citas de artículos relevantes:

***A.5 Lluvia lista para beber, por Aleida Rueda. Artículo publicado en ¿Cómo ves?, julio de 2008.
Fuente: <http://www.comoves.unam.mx/>***

En un país tan rico en contradicciones como México es difícil encontrar discordancias que aún puedan sorprender, pero las hay. Por ejemplo, los habitantes del Distrito Federal (D.F.) maldecimos con ardor las lluvias torrenciales que nos ensopan los veranos, mientras que en buena parte de la ciudad escasea el agua potable.

Según la Comisión Nacional del Agua, en el D.F. llueve un promedio de 720 milímetros al año, que multiplicados por los 1 500 [km²] de superficie equivalen a unos 35 000 litros por segundo. Los habitantes de la capital de México consumen 30 000 litros por segundo. Algo similar ocurre en el sur del país, donde cae el 80% de la lluvia pero las condiciones de saneamiento restringen el acceso al agua potable.

Bien empapado en el tema, el ingeniero Manuel Anaya Garduño ideó un sistema para cosechar el agua de lluvia que sobra a fin de resolver parcialmente el problema del agua potable en beneficio de las más de 150 000 comunidades rurales que carecen de infraestructura. “El sistema consiste en captar agua de lluvia en los techos, almacenarla en cisternas y dirigirla a una planta donde se purifica y se envasa”, explica Anaya, investigador del Colegio de Postgraduados (COLPOS).

En 1977 Manuel Anaya asistió a la Primera Conferencia Mundial de Lucha contra la Desertificación, convocada por la ONU y celebrada en Nairobi, Kenia. De esta experiencia surgió el proyecto de lo que hoy es el CIDECALL: Centro Internacional de Demostración y Capacitación

para el Aprovechamiento de Agua de Lluvia, una organización dedicada a llevar agua de lluvia potable a comunidades rurales. Las siglas juegan con el vocablo náhuatl *calli*, que significa “casa”. Además de crear este centro, Anaya envasó el vocablo prehispánico que significa agua, *atl*, y produjo la primera marca de agua de lluvia embotellada en México: *Lluviatl*.

Esto distingue al proyecto de Anaya de otros similares en otras partes del mundo. Es cierto que China, India, Australia, varios países de Centroamérica y Sudamérica y algunas islas del Caribe capturan lluvia en los techos, pero ninguno, según Anaya, aplica el proceso de purificación del CIDECALL. “En esto somos pioneros a nivel internacional”, afirma. Margarita Pacheco, directora ejecutiva de la Alianza Internacional de Cosecha de Lluvia (IRHA), lo garantiza: “Este ejemplo lo he presentado en varias partes del mundo y ha suscitado gran interés. Cuando estuve en Nepal, llevé una botella de agua de lluvia mexicana y ha servido como fuente de inspiración para proyectos similares”.

Las botellas y garrafones de “lluvia potable” cuestan 50% menos que las marcas extranjeras de renombre. Anaya explica que en la purificación de cada garrafón “se invierten cuatro pesos con 30 centavos y se vende al público en 11 pesos”. Llenar un garrafón de marca comercial cuesta 20 pesos. Aunque el proyecto de comercializar Lluviatl apenas se está iniciando, el ingeniero pretende vender franquicias de su producto para que llegue a los grandes supermercados y compita con las marcas comerciales.

La lluvia embotellada cuesta 50% menos que las comerciales.

No está claro qué tan fácil sea amasar una fortuna vendiendo lluvia para beber. En cambio, sí hay quien da por hecho que poner agua potable al alcance de quien no la tiene es una buena manera de combatir la pobreza. Entre los que comparten este convencimiento están la ONU y las 191 naciones que la conforman, México incluido, que se han comprometido con las llamadas Metas del Milenio, establecidas hace cinco años para combatir la pobreza por medio del desarrollo científico y tecnológico. Uno de los objetivos más prominentes es precisamente reducir a la mitad, para el año 2015, el porcentaje de personas que carecen de acceso al agua potable.

Comparado con los 13 millones de pesos que invirtió el Distrito Federal en proyectos para agua potable, drenaje y saneamiento en 2005, el costo de potabilizar agua de lluvia es una bicocha: poco más de 1 millón y medio de pesos alcanzaron para la construcción de la cisterna y la planta, así como la tecnología que importó el CIDECALL de España y Alemania. “No se necesitan grandes inversiones, ni potabilizar a todo el país, sino planes de acción que incluyan a los habitantes”, asegura Anaya.

Un ejemplo notable es el proyecto que ya está en marcha en la zona mazahua del municipio de San Felipe del Progreso, Estado de México. Ahí, con 300 pesos por persona, que sumaron un total de 1 500 000 pesos, se aseguró el acceso al líquido a 5 000 habitantes, a razón de 200 litros diarios por familia.

Contado así, el proyecto a escala pinta bien. Pero trasladado al ámbito contradictorio del Valle de México, cuesta creer que la solución sea tan sencilla.

En el Distrito Federal, el panorama referente al agua destila desencanto: el volumen disponible no alcanza, la potabilización es deficiente y la distribución insatisfactoria.

La cuestión del volumen tiene dimensiones precisas. Si bien la ONU recomienda una disponibilidad diaria mínima de 150 litros de agua potable por habitante, la Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial del D.F. coloca esa cifra en 300 litros diarios. Para los 8.6 millones de habitantes que registró el Censo de Población del año 2000 en el Distrito Federal, se necesitan, entonces, tres millones de litros de agua... ¡por día! La ya excesiva demanda de la ciudad, que equivale a 30 000 litros por segundo, podría ser satisfecha por los 35 000 litros por segundo que tenemos disponibles provenientes de los mantos freáticos (25 000 l/s) y de los ríos Lerma y Cutzamala, así como de las pocas fuentes superficiales que quedan (10 000 l/s), sin embargo, 35% de esta agua —unos 12 000 litros por segundo— se pierde en fugas, desperdicio y mal mantenimiento de las redes.

Esto explica por qué sólo el 68% de las viviendas del D.F. recibe agua las 24 horas del día; el resto, tan sólo dos veces por semana, con carencias particularmente graves en las delegaciones Iztapalapa, Tláhuac, Benito Juárez, Álvaro Obregón y Miguel Hidalgo. Y llueve sobre mojado, porque las tuberías que reparten agua en la capital —13 000 kilómetros, que puestos en línea recta cubrirían unas 28 veces la distancia entre el Distrito Federal y Chihuahua— requieren reparaciones miles de veces al año, a pesar de lo cual se pierde por fugas entre el 30 y 40% del caudal. El panorama se presenta tan desolador que quizá deberíamos hacer como los aztecas y danzar para clamar solución a los cielos. Anaya asegura que con el agua de lluvia “bastaría para asegurar el líquido de por vida a las más de 150 000 comunidades con menos de 100 habitantes”, que, por pequeñas y lejanas, no han sido dotadas de infraestructura de agua potable.

Sin embargo, captar, almacenar y beber agua de lluvia en zonas rurales como San Felipe es aceptable, pero hacerlo en una de las ciudades más contaminadas y pobladas del mundo resulta hasta peligroso. La atmósfera capitalina está compuesta de aire aderezado con monóxido de carbono e hidrocarburos sin quemar, óxidos de nitrógeno, dióxido de azufre, plomo y ozono (véase en este mismo número “Aire limpio, ¿un milagro?”). A través de este revoltijo contaminante tienen que pasar las gotas de lluvia, y no hay cómo negociar que lo hagan *fast track*; es inevitable que algo se quede en el agua de lluvia. En consecuencia, el proyecto del CIDECALL debe pasar por un grueso filtro de escepticismo: ¿realmente es posible eliminar las partículas contaminantes de la lluvia?

El agua de lluvia bastaría para abastecer a más de 150 000 comunidades rurales.

Antes de la idea de Anaya, en la parte trasera del COLPOS no había más que terrenos medianamente fértiles sin uso específico. Hoy se erige ahí la planta de purificación CIDECALLI, única en su tipo. Su techo está diseñado para enviar el agua de lluvia a una gran cisterna

impermeabilizada con láminas de cloruro de polivinilo (comúnmente llamadas geomembranas de PVC), un material no dañino que protege al líquido. Ahí se inicia el proceso de purificación, según lo describió el ingeniero Alejandro Uruzqueta, colaborador del proyecto.

Una vez que el agua está almacenada en la cisterna y se le ha dado un tratamiento germicida, una bomba la impulsa hacia tres filtros de 20, 10 y cinco micras (milésimas de milímetro), que apartan lo que técnicamente se conoce como sólidos en suspensión; retiran el mal olor, color y sabor, y eliminan el excedente de cloro. Pero el filtrado no puede limitarse a eliminar cosas por su tamaño. Por eso la siguiente etapa del proceso es tajante: acabar con toda forma de vida suspendida en el agua (y que haya sobrevivido al tratamiento inicial) por medio de radiación ultravioleta. Se trata de ondas electromagnéticas “entonadas” para dañar los ácidos nucleicos de los microorganismos, haciéndoles absorber energía en cantidades tales que se destruye la estructura del ADN.

Suena bien... y, sin embargo, no basta. Después de todo, la vida surgió y evolucionó a la luz del Sol, pletórica de radiación ultravioleta. Se antoja, entonces, cerrar la pinza desde otro frente.

Paradójicamente, una buena alternativa la ofrece el mismísimo compuesto que nos ha protegido del exceso de luz ultravioleta del Sol desde que hay vida en el planeta: el ozono. Indispensable a 25 kilómetros de altura en la famosísima capa de ozono, resulta en cambio fatal para la vida de los bichos en los tanques de agua almacenada. Formada por tres átomos de oxígeno apiñados como en vecindad, a diferencia de las moléculas de oxígeno que respiramos que se componen de sólo dos átomos, la molécula de ozono es, en efecto, altamente oxidante. Si el ataque de los rayos ultravioleta sobre el ADN suena como a batalla futurista, lo que hace el ozono es prácticamente medieval: oxida las membranas de las células hasta dejarlas como murallas en ruinas.

Luego de estas proezas de higiene bioquímica, el agua se envasa en garrafones de 19 litros y botellas de un litro y 500 mililitros, previamente esterilizados. El resultado: ¡lluvia lista para beber!

La naturaleza también tiene sus contradicciones. Mientras el 80% de las lluvias cae de forma torrencial entre mayo y noviembre, el resto del año es casi de pura sequía. Por si fuera poco, cuando llueve, cae disparate: más de 2 000 milímetros en el sur del país, mientras que en el norte la precipitación anual apenas llega a los 500 milímetros, según datos de la Comisión Nacional del Agua.

Aunque parecería que Tláloc, dios azteca de la lluvia, favorece sólo a algunos y sólo a veces, la posibilidad de beber agua de cielo no se esfuma durante los meses que no llueve ni en las zonas de sequía, porque los sistemas de almacenamiento son adaptables a cada zona y etapa del año. Aunque haya meses sin lluvia, la cantidad que cae de mayo a noviembre es suficiente para tener agua durante todo el año si se almacena cuidadosamente.

En el caso de las zonas secas, el promedio de precipitación dicta la superficie de techo que hace falta, así como las dimensiones de la cisterna. Entre menor sea la cantidad de lluvia, mayor será la superficie de cosecha, de modo que con 10 o 12 precipitaciones la cisterna llegue a su máxima capacidad.

Siendo así, ¿por qué tolerar el sinsentido de que el Distrito Federal, ahogado por chaparrones que cada año parecen más violentos, tenga millones de ciudadanos condenados a vérselas negras para obtener agua limpia? “El problema del agua puede solucionarse con proyectos a pequeña escala”, asegura Anaya. “Escuelas, fábricas, universidades y empresas del sector privado podrían invertir en sus propios sistemas de agua de lluvia” y evitar así, aunque sea poco a poco, la sobreexplotación del acuífero.

La idea es tan atractiva que rebasa el ámbito del Colegio de Postgraduados de Chapingo, en Texcoco. La ONU, junto con 15 organizaciones civiles de todo el mundo que conforman la Asociación por el Agua de Lluvia (*Rainwater Partnership*), promueve acciones para la cosecha de lluvia en China, Tailandia, Kenia, Brasil, Alemania, Zambia e India. “Lo importante es romper con los paradigmas. Terminar con las ideas tradicionales de abastecimiento de agua. Dejar de explotar los mantos acuíferos y mirar al cielo. Captar agua de lluvia es una alternativa viable y barata”.

Aleida Rueda es pasante de Ciencias de la Comunicación / Periodismo de la UNAM. Actualmente colabora en la Unidad de Periodismo de Ciencia, DGDC-UNAM

A.6 ¿Cuáles son los principales problemas sobre la calidad del aire en la Ciudad de México?
http://www.transparenciamedioambiente.df.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=87%3Aicuales-son-los-principales-problemas-sobre-la-calidad-del-aire-en-la-ciudad-de-mexico&catid=50%3Aaire&Itemid=419

El aire limpio está compuesto principalmente por nitrógeno y oxígeno, en pequeñas proporciones se puede encontrar vapor de agua, dióxido de carbono y otros gases nobles. La contaminación del aire es la introducción de sustancias a la atmósfera que causan un desequilibrio en su composición original.

El aire contaminado contiene gases, polvos, olores y humos en grandes cantidades que dañan la salud de las personas, animales y plantas. Además deteriora la infraestructura urbana y algunos materiales de uso cotidiano.

Existen dos tipos de contaminantes:

- **Primarios:** Los que son arrojados directamente a la atmósfera como resultado de un proceso de combustión como son el dióxido de azufre (SO₂), el monóxido de carbono (CO), vapores de combustibles y solventes, plomo (Pb) y partículas suspendidas.
- **Secundarios:** Una vez en el aire, algunos contaminantes primarios reaccionan con otros compuestos y forman otros contaminantes de igual o mayor toxicidad, como el ozono (O₃), el dióxido de nitrógeno (NO₂) y algunos tipos de partículas.

El viento, las variaciones de temperatura, la cantidad de radiación solar y la lluvia son los principales factores meteorológicos que influyen y determinan la distribución, dispersión y concentración espacial de los contaminantes en el aire.

La contaminación del aire no es exclusiva de las grandes ciudades, sin embargo, la presencia de contaminantes tóxicos representa uno de los principales problemas ambientales, sobre todo en sitios con las características económicas, sociales y fisiográficas de la Ciudad de México.

A.7 Azoteas verdes colectan agua de lluvia. Publicado: Domingo, 22 de noviembre de 2009 a las 6:00 Por: Nelly Acosta Vázquez, en internet: <http://www.cnnexpansion.com/expansion/2009/11/20/la-cosecha-de-agua>

Justo detrás del Hospital Español, en la colonia Polanco de la Ciudad de México, se observa, en lo alto de un penthouse, una palmera en la azotea. Como éste, en un edificio en la capitalina colonia del Valle se ha creado en la parte superior un área común con espacios verdes, al igual que otro en la colonia Patriotismo y un par de casas en Bosques de las Lomas y Lomas de Chapultepec.

Son azoteas verdes, un concepto impulsado por la empresa mexicana eConstrucción, que intenta impulsar la recuperación de agua fluvial para el uso doméstico o industrial, a través de un espacio verde.

“Este sistema se ha usado desde los años 70 en Alemania. Ya es algo probado”, dice Alejandro Tazzer, cofundador y director general de eConstrucción. “Aquí en la ciudad hemos logrado que una casa recupere hasta 65% del agua que cae de la lluvia para sus tareas cotidianas: lavar trastes, usar el WC y hasta bañarse”.

El 1 de octubre de 2008, con una pequeña inversión de 250,000 pesos, crearon una constructora que incorpora soluciones ecológicas con el uso de materiales 100% mexicanos. La idea ha funcionado. A un año, han vendido 25 millones de pesos, no sólo con azoteas verdes, sino con todo tipo de proyectos sustentables.

Está el caso de una nave industrial en Tlaxcala. *El cliente no estaba muy convencido de estas innovaciones, confiesa Tazzer. Pero cuando terminamos la primera fase de la planta, que fue la captación de agua de lluvia en 1,000 metros cuadrados, quedó asombrado al comprobar que tan sólo en cuatro días había captado 300 metros cúbicos de agua de lluvia.*

Hoy, esta nave industrial tiene la capacidad de captar agua en una superficie de 5,000 metros cuadrados, por lo que ya planea la construcción de un lago artificial para almacenar todo el vital líquido que obtiene para sus procesos de manufactura.

Tazzer asegura que no se trata de soluciones complicadas: se usa lo que ya tienen los inmuebles con una inversión que va desde 1,200 a 1,600 pesos por metro cuadrado de jardín, dependiendo de su tamaño y la dificultad de acceso.

Recibimos mucha lluvia y sólo nos preocupamos por sacarla de nuestras vidas. ¿Por qué no preocuparnos ahora para que ninguna gota que nos llega, se nos vaya por el caño?, se pregunta Tazzer.

¿Es realmente viable utilizar el agua de lluvia?, ¿existe una veta de negocios en este concepto?

Según explica Jorge Legorreta, arquitecto y urbanista, especialista en la transformación de la Ciudad de México, la llamada crisis del agua de la Zona Metropolitana no es por falta de líquido, sino por exceso de ésta.

Estamos frente a un gran paradigma. Tenemos hasta 72,000 litros de agua por segundo fluyendo, 24 horas al día, y no aprovechamos ni la tercera parte porque no sabemos cómo. Crear sistemas de depósito mejores, fomentar la captación de agua de lluvia, la creación de drenajes especiales y hasta la desalinización del agua de mar son opciones que no sólo son viables sino que son necesarias, dice Legorreta.

Como coordinador del Centro de Información del Agua de la Universidad Autónoma Metropolitana, explica el gran dilema hidráulico al que nos enfrentamos los 22 millones de habitantes de la Zona Metropolitana. *¡Tenemos agua por todas partes y lo único que hacemos es verlo como un problema!, se lamenta.*

¿Son entonces erróneos los mensajes que aseguran que los habitantes de esta gran urbe estamos por vivir la mayor escasez histórica de este líquido?

En lo absoluto. El problema, dicen los expertos, no sólo atañe a la escasez reciente que padecen los sectores medios: se suma a la carencia permanente de los sectores de bajos ingresos, provocada por una mala distribución de este líquido.

A Legorreta le resulta apasionante explicar el dilema. Muestra un gran mapa, que ocupa toda una pared de su centro de trabajo y señala:

Estamos rodeados de 60 montañas y tenemos 45 ríos circulando alrededor. Eso provoca que seamos una zona que genera lluvia de forma abundante. Toda esa agua, proveniente de las montañas, ríos y la lluvia, baja de forma permanentemente a la ciudad, razón que explica las constantes inundaciones, incluso históricas, que no hemos podido resolver. Al ser una cuenca cerrada (como una cazuela), la ciudad se ha desgastado desde el siglo XVII en sacar todo este líquido y, a su vez, en buscar de forma desesperada agua para abastecer a sus habitantes, dice.

Se estima que 70% de ésta se obtiene del subsuelo, y el resto, del abastecimiento externo, como el Sistema Cutzamala, que cada vez es más escaso. Y aunque tenemos un gran tinaco de agua debajo, una laguna de 1,100 km², no se puede apostar a su extracción.

Nos hemos hundido 10 metros en los últimos 100 años por la extracción de este manto acuífero, ya no podemos arriesgarnos, asegura Legorreta.

Según afirma Legorreta, la Zona Metropolitana es una de las regiones del mundo con mayor captación de lluvia por estar rodeada de montañas. Calcula que quizás nos caen 600 metros cúbicos de agua de lluvia por segundo. En el sur, desde el Ajusco hasta el volcán Iztaccíhuatl, llueve 1,100 milímetros promedio anuales. En otras regiones, llueve 400 milímetros promedio anuales.

La mayor parte de esa agua se evapora. Y muy poca, muy poca, es la que se puede aprovechar. Pero, aún así, es 15 veces más del agua que extraemos, asegura.

En términos medibles, esto corresponde a la aproximación que hace Alejandro Tazzer, de eConstrucción, quien calcula que en la Ciudad de México caen 743 litros de agua de lluvia por metro cuadrado, cifra que es equivalente a lo que una familia de clase media, de cuatro personas, utiliza en un día.

Los arquitectos hemos hecho algo absurdo: mandar por un tubo toda el agua que cae en nuestros techos. Por fortuna, hay un sector de profesionistas dedicados a la construcción, que de manera más consciente ha dicho: almacenemos agua de lluvia, dice Legorreta.

Está el caso del arquitecto Néstor de Buen, que en 1996 patentó el eConcreto, un material permeable al agua que ya se vende en Estados Unidos, Corea, Colombia y Europa, y que ha recibido infinidad de reconocimientos, pero que no genera grandes ventas en México.

Así como los proyectos sociales del Centro Internacional de Demostración y Captación en Aprovechamiento del Agua de Lluvia (Cidecalli), del Instituto Internacional de Recursos Renovables México (IRRI-México) y del Centro de Investigación para el Desarrollo (CIDAC).

Sin embargo, pese al impacto social, ecológico y hasta económico que la captación de agua de lluvia representa, aún es una idea poco explorada.

La captación de lluvia es un negocio que apenas empieza a ganar terreno en el mundo. Está más enfocado a proyectos sociales que a iniciativas redituables, explica Heather Landis, analista de la consultora londinense Lux Research, especializada en negocios innovadores y sustentables.

En casi todos los casos existentes, principalmente en Europa, Landis reconoce que se trata de un esfuerzo conjunto entre los gobiernos y la iniciativa privada. Sin esta mancuerna, asegura, los proyectos que se generan corren el riesgo de quedar como meras anécdotas innovadoras.

El directivo de eConstrucción lo confirma. *Hay mucho interés por parte de la gente. Pero, desgraciadamente, en casi todas las nuevas construcciones no se está planteando un sistema de captación fluvial. Porque no se exige, no se hace,* dice Tazzer.

Además, de acuerdo con Cidecalli, no todas las azoteas de la Ciudad de México son candidatas a convertirse en captadoras de lluvia. Considera que el potencial está más en las zonas industriales o en los espacios abandonados de la ciudad.

La captación de agua pluvial sólo es una pieza más del rompecabezas. No resuelve el problema de escasez de agua en su totalidad. Hace falta más información tecnológica que logre detectar los problemas fluviales y empresas que desarrollen equipo y software que ayuden a identificar con precisión las oportunidades de lluvia que tiene cada ciudad, dice Landis, de Lux Research.

Como dijera Legorreta, estamos ante un nuevo paradigma, más allá de la reingeniería y los negocios.

Hay que aprender a almacenar el agua dentro de la propia 'cazuela' (Zona Metropolitana), a usar el agua de lluvia y la que baja de los ríos. Escasez, distribución y evitar catástrofes. Ésos son ahora los retos, dice el urbanista.

A.8 Captarán en Iztapalapa agua de lluvia; en internet:

<http://ciencias.jornada.com.mx/ciencias/noticias/captaran-en-iztapalapa-agua-de-lluvia>

La Universidad Autónoma Metropolitana y la Delegación Iztapalapa trabajan en la construcción de un pozo de infiltración para la Red de Drenaje Pluvial que permitirá la captación aproximada

de 150 litros por segundo de agua de lluvia, para evitar que el líquido se desperdicie y contribuir a un mejor manejo del recurso en México.

El pozo es producto del convenio específico de colaboración signado por el doctor Óscar Monroy Hermosillo, rector de la Unidad Iztapalapa, y el licenciado Longinos García Ríos, delegado de la demarcación.

De acuerdo con el doctor Monroy Hermosillo esta infraestructura servirá de laboratorio a académicos especialistas en las ingenierías Hidrológica y Electrónica, así como en Biotecnología, Economía y Sociología, entre otras disciplinas, cuyos estudios contribuirán a que el método de infiltración se reproduzca en diversas partes de la ciudad.

El licenciado García Ríos destacó que aproximadamente 70 por ciento del agua que se suministra al Distrito Federal es subterránea proveniente de pozos, y de acuerdo con el balance hidráulico del Sistema de Aguas de la Ciudad de México se extrae en promedio siete mil litros por segundo más de los que se infiltran.

Los estudios realizados por los especialistas permitirán también observar los efectos del acuífero por la infiltración de 15 millones de metros cúbicos de agua por temporada, producto de la captación anual de lluvia aproximada de 700 milímetros, recolectada por 170 pozos perforados y a cielo abierto construidos por la delegación entre los años 2001 al 2008.

La demarcación espera la construcción de 10 pozos más; sin embargo, se requieren por lo menos 6 mil en toda la ciudad.

El pozo –ubicado al interior de la citada sede académica– recolectará el agua de lluvia de las azoteas de los edificios L, T, A-T, S, A-S, R y Q y la infiltrarán a los mantos acuíferos.

La operación de esta perforación impedirá que el volumen de agua sature los colectores que conducen los escurrimientos provenientes del lado norte del Cerro de La Estrella. El pozo tendrá una profundidad de 96 metros y un diámetro de 60 centímetros; su capacidad será de 150 litros por segundo, considerando una intensidad de lluvia de 35 milímetros, por un lapso de 30 minutos, y recolectará agua de 7,500 metros cuadrados de azotea.

Este túnel vertical de absorción contará con tubos multipiezómetros para medir abatimientos de niveles en zonas granulares, conductividad, pH, temperatura y sólidos totales disueltos en partes por millón.

Los primeros 150 centímetros del pozo estarán construidos de segmentación sanitaria, mortero, cemento-arena y tubo para ademe de la segmentación rayado con lámina de acero, después de

los 150 centímetros y hasta los 600 estarán fabricados con tubería de ademe lisa, de diámetro variable y espesor de 6.3 milímetros.

A.9 Aspectos químicos de la lluvia ácida, sección publicada en el artículo: *Posible impacto de la lluvia ácida en los ecosistemas mexicanos, en internet:*

<http://www.teorema.com.mx/agua/posible-impacto-de-la-lluvia-ácida-en-los-ecosistemas-mexicanos/>

Diversos estudios sobre la química de la precipitación pluvial, realizados durante más de diez años por el laboratorio de Química Atmosférica del Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM, indican que bajo condiciones específicas se presentan precipitaciones pluviales con pH menores de 5, considerando que internacionalmente se denomina lluvia ácida aquella que tiene un pH menor de 5.6, correspondiente a un grado de acidez neutro de equilibrio.

La acidez de la lluvia es provocada, fundamentalmente, por el contenido de ácido sulfúrico en el agua de nube y en menor cantidad por el ácido nítrico; el primero se debe a la oxidación que lleva a cabo el bióxido de azufre a causa del peróxido de hidrógeno (H₂O₂) y el ozono (O₃).

El bióxido de azufre es emitido a la atmósfera en millones de toneladas al año, debido a la combustión del carbón fósil, que siempre contiene cantidades importantes de azufre y que durante la combustión se transforma en el bióxido de azufre correspondiente.

Por otro lado, el ozono se forma en la atmósfera baja, por su precursor, en NO₂ (bióxido de nitrógeno) por la interacción de la radiación solar, liberando un átomo de oxígeno que se une inmediatamente con una molécula, para formar el O₃. Los óxidos de nitrógeno también son producto de los procesos de combustión.

A.10 A continuación se cita el artículo *“Chemical composition of rainwater collected at a southwest site of Mexico City, Mexico”*, publicado el día 5 de marzo de 2007, elaborado por A. Báez; en colaboración con R. Belmont, R. García, H. Padilla y M.C. Torres; pertenecientes al Laboratorio de Química Atmosférica del Centro de Ciencias de la Atmósfera de la Universidad Nacional Autónoma de México, ubicado en Ciudad Universitaria:

Introducción:

La química de las precipitaciones ha sido exhaustivamente estudiada en áreas rurales y urbanas (Lee et al., 2000; Lara et al., 2001; Kulshrestha et al., 2003; Astel et al., 2004; Khare et al., 2004; Mouli et al., 2005) y algunos investigadores también han incluido metales traza (cuya interpretación generalmente se refiere a ciertos elementos, en este caso aquellos pertenecientes

a la familia de los metales, que se presentan en muy bajas concentraciones pero que a su vez son muy importantes para los procesos biológicos).

El estudio de los metales traza en precipitaciones húmedas y secas ha aumentado en las últimas décadas debido a los efectos adversos que éstos conllevan a la salud humana. Algunos metales como plomo (Pb), cadmio (Cd) y mercurio (Hg), entre otros, se acumulan en la biosfera y pueden ser tóxicos para los sistemas vivientes (Galloway et al., 1982; Barrie et al., 1987).

Fuentes antropogénicas han incrementado substancialmente las concentraciones de los metales traza en las deposiciones atmosféricas. Además, la precipitación ácida favorece la disolución de muchos metales traza, lo que aumenta su biodisponibilidad (cantidad y alcance que tiene una sustancia cuando es absorbida y circula por el torrente sanguíneo y los órganos). Si las concentraciones de los metales traza son muy altas, muchos de éstos pueden dañar la salud humana a través del consumo ya sea bebiendo el agua o por organismos acuáticos.

Los metales traza de las precipitaciones también pueden acumularse en aguas superficiales y suelos, donde pueden causar efectos dañinos para la vida acuática y ecosistemas forestales (Howard et al., 2004).

Los metales traza son transportados por lluvia, nieve y precipitaciones secas (término que corresponde a las partículas ácidas que desaparecen por gravedad o por impacto contra el suelo, edificios, plantas, etc.). Lo que la precipitación recoge o "lava" (**rainout-washout**, que se pueden interpretar básicamente como un proceso causado por la precipitación el cual se encarga de llevar contaminantes atmosféricos, e inclusive nucleares, al suelo, así como de su erosión), es la causa predominante de la deposición por lluvia (Seinfeld and Pandis, 1998).

Generalmente el 80% de los metales traza depositados por precipitaciones húmedas son disueltos en el agua de lluvia, llegando a la vegetación en la forma más favorable para que estos sean "recogidos" por estos últimos (Valenta et al., 1986). Los procesos de transportación y deposición atmosféricos son importantes en el reciclaje global de los metales traza.

Como la atmósfera de la Ciudad de México pertenece a una de las ciudades más contaminadas del mundo, se consideró importante que se analizaran los metales traza aluminio (Al), cadmio (Cd), cromo (Cr), plomo (Pb), níquel (Ni), manganeso (Mn) y vanadio (V) en fracciones solubles e insolubles de lluvia y los iones

SO_4^{2-} , NO_3^- , Cl^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , NH_4^+ , y alcalinidad (HCO_3^-) sólo para las fracciones solubles.

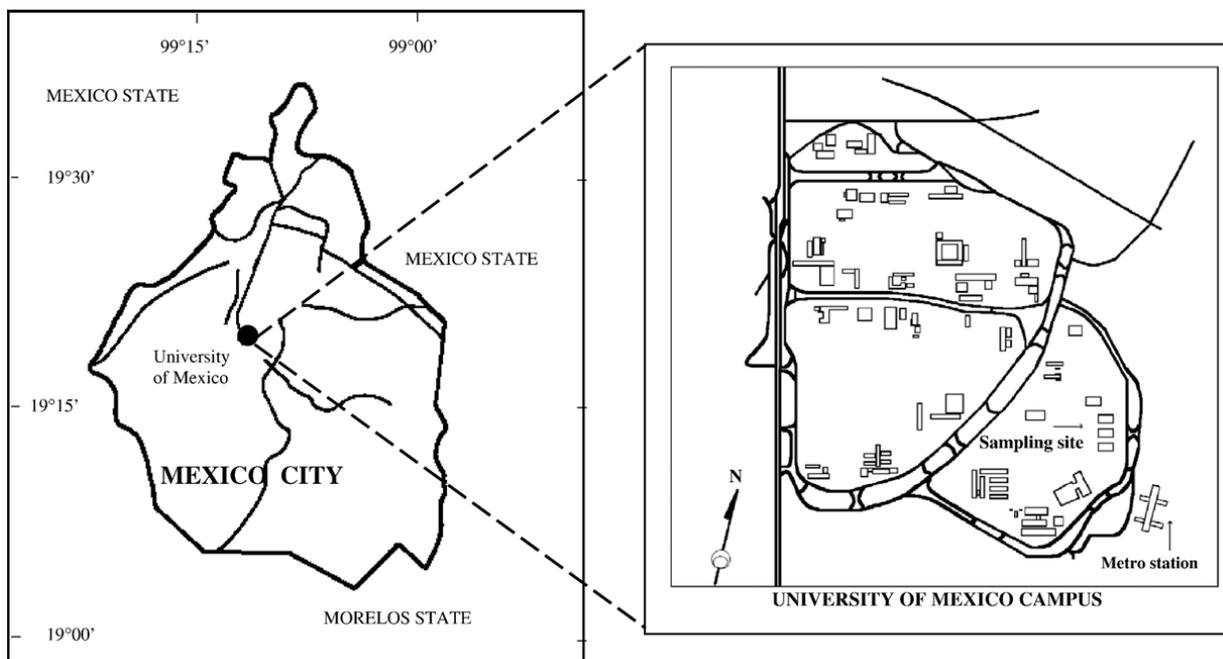
Báez et al. (1980) determinó las concentraciones de plomo, cadmio y cromo en el agua de lluvia en diversas regiones de México. Los resultados obtenidos en la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) en 1980 fueron 133, 0.88 y 4.54 [$\mu\text{g l}^{-1}$] para plomo, cadmio y cromo, respectivamente.

Desde que el gobierno promovió la reducción de combustibles con plomo, consideramos que era importante investigar los niveles de plomo presentes en la atmósfera después de que dicha reducción se llevara a cabo. Los valores obtenidos en el estudio fueron 22.7, 4.62 y 2.57 [$\mu\text{g l}^{-1}$], en el mismo orden, fueron notablemente menores que los obtenidos en 1980.

De cualquier manera, los resultados de 1980 no pueden ser comparados con valores recientes debido a que ambos, tanto la recolección de muestras como los métodos analíticos, eran muy diferentes en esa época, por citar algunas diferencias, las muestras de agua de lluvia fueron hechas basándose en la acumulación de 30 días de precipitación, ahora se hace de manera diaria o por eventos, y los instrumentos de análisis han tenido muchas mejoras.

Materiales y Metodología.

El edificio de Ciencias de la Atmósfera (véase figura inferior inmediata), en el Campus Ciudad Universitaria de la UNAM, fue donde se realizaron las muestras. Edificios rodeados por áreas verdes con tránsito vehicular que va de moderado a elevado es lo que caracteriza a este campus.



Las muestras fueron tomadas en el techo de dicho edificio. Precipitaciones húmedas fueron recolectadas únicamente durante el periodo que abarca mediados de mayo al final de octubre en los años 2001 y 2002, que es considerada la temporada de lluvias en la Ciudad de México (Jáuregui, 2000), con dos recolectores automáticos de precipitaciones húmedas y secas (Andersen, General Metal Works, Inc.) en cubetas estandarizadas de polietileno de alta densidad (HDPE). Durante la temporada de lluvias prevalecen vientos que vienen del norte y noreste (Jáuregui, 2000).

Se analizaron los metales traza aluminio (Al), cadmio (Cd), cromo (Cr), plomo (Pb), níquel (Ni), manganeso (Mn) y vanadio (V) en fracciones solubles e insolubles de lluvia, el pH y los iones SO_4^{2-} , NO_3^- , Cl^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , NH_4^+ , y alcalinidad (HCO_3^-) sólo para las fracciones solubles.

Resultados

A. Báez et al. / Atmospheric Research 86 (2007) 61–75

Table 1

Volume-weighted mean concentrations (VWMC), Standard Deviation of the VWMC (SDVWMC), Minimum (Min) and Maximum (Max) concentrations ($\mu g \Gamma^{-1}$) of trace metals in rainwater collected for the period 2001–2002

Metal	VWMC \pm SDVWMC			Minimum			Maximum		
	Soluble	Insoluble	Soluble+insoluble	Soluble	Insoluble	Soluble+insoluble	Soluble	Insoluble	Soluble+insoluble
Al	15.3 \pm 1.66	35.4 \pm 4.67	50.7 \pm 5.40	3.1	0.08	3.1	100	367	398
Cd	0.37 \pm 0.04	0.04 \pm 0.01	0.41 \pm 0.04	0.04	0.001	0.04	4.5	0.93	4.62
Cr	0.26 \pm 0.03	0.26 \pm 0.02	0.52 \pm 0.03	0.19	0.005	0.19	1.2	2.38	2.57
Mn	8.34 \pm 1.29	1.30 \pm 0.16	9.64 \pm 1.35	0.23	0.006	0.23	40.3	18.97	42.8
Ni	2.98 \pm 0.57	0.39 \pm 0.06	3.37 \pm 0.60	0.39	0.01	0.39	12.9	4.29	14.0
Pb	1.58 \pm 0.28	0.90 \pm 0.18	2.48 \pm 0.33	0.57	0.014	0.57	9.3	22.1	22.7
V	4.78 \pm 0.96	0.35 \pm 0.06	5.13 \pm 0.97	1.56	0.039	1.56	42.1	4.46	42.4

Comparación entre la Concentración media peso-volumen y la desviación estándar del mismo para los metales traza en $[\mu g l^{-1}]$, así como sus concentraciones mínimas y máximas.

Table 2

Volume weighted mean concentrations (VWMC), Standard Deviation of the VWMC (SDVWMC), Minimum (Min) and Maximum (Max) concentrations ($\mu g \Gamma^{-1}$) of ions in rainwater collected for the period 2001–2002

Ion	VWMC	SDVWMC	Minimum	Maximum
SO_4^{2-}	61.94	6.42	10.63	311.88
Cl^-	9.56	1.67	2.25	136.62
NO_3^-	42.62	4.74	5.71	202.86
Na^+	7.00	1.56	0.03	73.74
K^+	2.16	0.75	0.08	16.83
Ca^{2+}	26.44	5.92	0.25	437.90
Mg^{2+}	2.46	0.52	0.07	23.69
NH_4^+	92.35	8.20	28.57	413.57
H^+	8.34	1.79	0.12	77.62
HCO_3^-	27.36	6.69	0.00	485.70
pH	5.08	5.74	4.11	6.92

Comparación entre la Concentración media peso-volumen y la desviación estándar del mismo para los iones en el agua de lluvia recolectada en $[\mu g l^{-1}]$ así como sus concentraciones mínimas y máximas.

Table 3

Comparison of VWMC of major ions ($\mu\text{eq l}^{-1}$) in wet precipitation between Mexico City and other locations

Element	Ankara, Turkey ^a	Seoul, South Korea ^b	Hong Kong ^c	Piracicaba, Southeast Brazil ^d	Tirupati, India ^e	This study
SO ₄ ²⁻	52.1	70.9	48.6	18.7	127.96	61.94
Cl ⁻	41.1	18.2	37.6	7.0	33.91	9.56
NO ₃ ⁻	35.5	29.9	18.9	16.6	40.84	42.62
Na ⁺	23.0	10.5	31.8	2.7	33.08	7.00
K ⁺	3.55	3.5	2.2	2.9	33.89	2.16
Ca ²⁺	132	34.9	15.3	5.3	150.66	26.44
Mg ²⁺	19.7	6.9	7.8	2.3	55.51	2.46
NH ₄ ⁺	66.7	66.4	–	17.1	20.37	92.35
H ⁺	0.068	21.3	26.3	33.0	0.34	8.34

^a Kaya and Tuncel (1997).

^b Lee et al. (2000).

^c Tanner and Wong (2000).

^d Lara et al. (2001).

^e Mouli et al. (2005).

Comparación de la Concentración media peso-volumen para los iones en [$\mu\text{g l}^{-1}$] en la precipitación húmeda entre la Ciudad de México y otras locaciones.

A. Báez et al. / Atmospheric Research 86 (2007) 61–75

Table 4

Comparison of VWMC of trace metals in soluble and insoluble fractions ($\mu\text{g l}^{-1}$) in wet precipitation between Mexico City and other locations

Element	Ankara, Turkey ^a		Al-Hashimya, Jordan ^b	Singapore ^c	Guaíba, Brazil ^d	This study		
	Soluble	Insoluble				Soluble	Insoluble	Soluble+insoluble
Al	47	910	18.44	386	16.9	15.3	35.4	50.7
Cd	8.6	0.6	0.33	11.8	–	0.37	0.04	0.41
Cr	0.38	2.6	1.62	6.2	–	0.26	0.26	0.52
Mn	–	–	2.78	48.6	1.4	8.34	1.30	9.64
Ni	2.2	1.6	3.86	–	–	2.98	0.39	3.37
Pb	3.3	15.7	3.37	26.9	–	1.58	0.90	2.48
V	0.92	1.28	3.54	–	–	4.78	0.35	5.13

^a Kaya and Tuncel (1997).

^b Al-Momani et al. (2002).

^c Hu and Balasubramanian (2003).

^d Migliavacca et al. (2005).

Comparación de la Concentración media peso-volumen de los metales traza en fracciones solubles e insolubles [$\mu\text{g l}^{-1}$] en la precipitación húmeda entre la Ciudad de México y otras locaciones.

Table 6

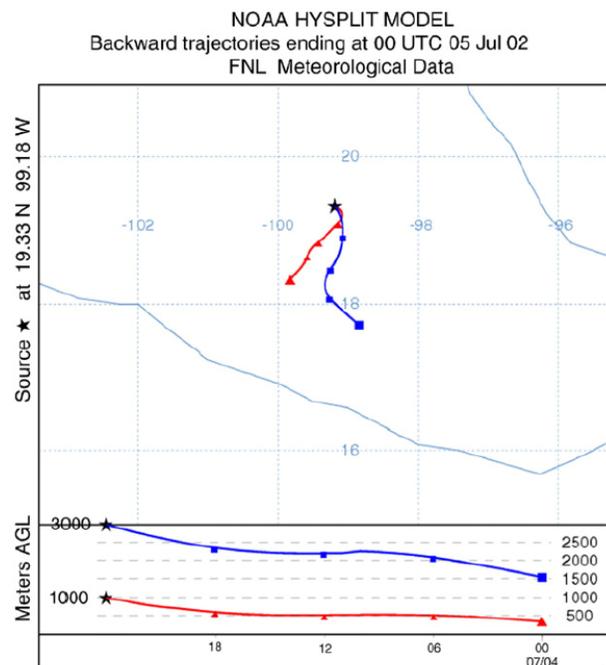
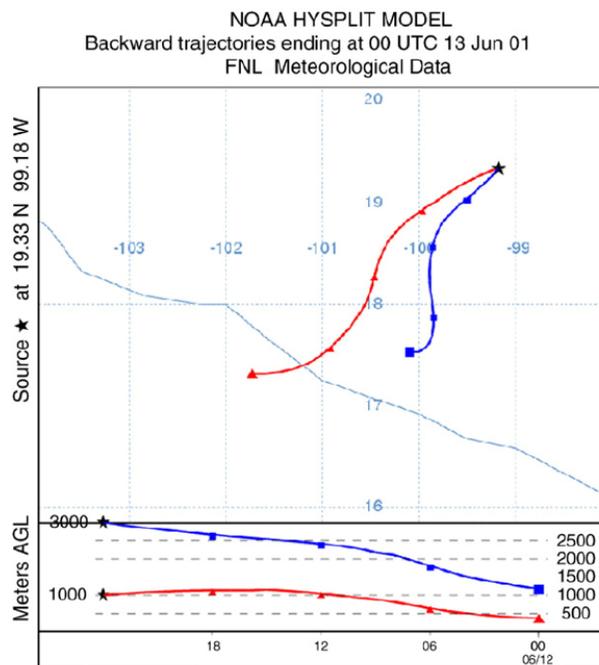
Volume weighted mean concentrations of trace metals (soluble+insoluble fractions) in $\mu\text{g l}^{-1}$ for four wind direction sectors in rainwater collected at the University of Mexico in 2001 and 2002

Metal	Air mass trajectory sector at 1000 m AGL ^a				Air mass trajectory sector at 3000 m AGL ^a			
	N–E	E–S	S–W	W–N	N–E	E–S	S–W	W–N
	Sector 1	Sector 2	Sector 3	Sector 4	Sector 1	Sector 2	Sector 3	Sector 4
	1°–90°	90°–180°	180°–270°	270°–360°	1°–90°	90°–180°	180°–270°	270°–360°
N	29	31	7	14	27	37	4	13
Al	62.0	39.2	76.2	47.1	57.1	53.4	49.8	37.2
Cd	0.37	0.56	0.34	0.68	0.46	0.54	0.21	0.50
Cr	0.43	0.50	0.72	0.71	0.43	0.57	0.53	0.56
Mn	11.5	8.51	9.04	9.79	10.4	8.74	9.26	11.3
Ni	4.56	1.98	5.43	3.56	3.20	2.48	6.26	4.98
Pb	2.52	2.49	2.03	2.57	3.19	2.23	2.39	2.00
V	4.03	4.34	2.22	11.4	5.87	3.61	1.70	8.25

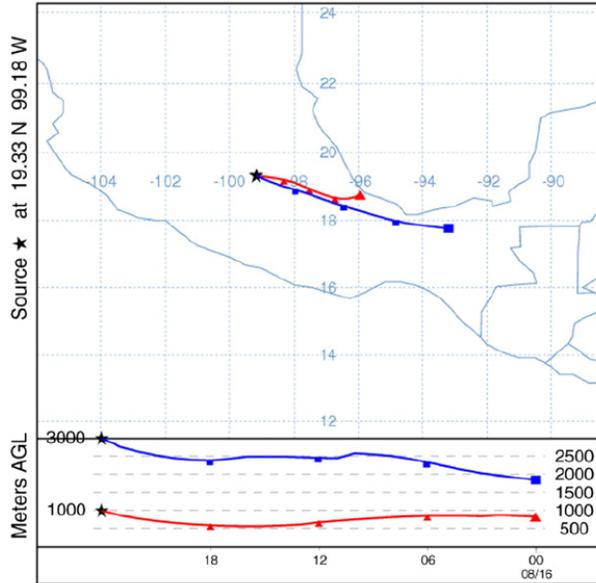
N=sample number.

^a Meters above ground level.

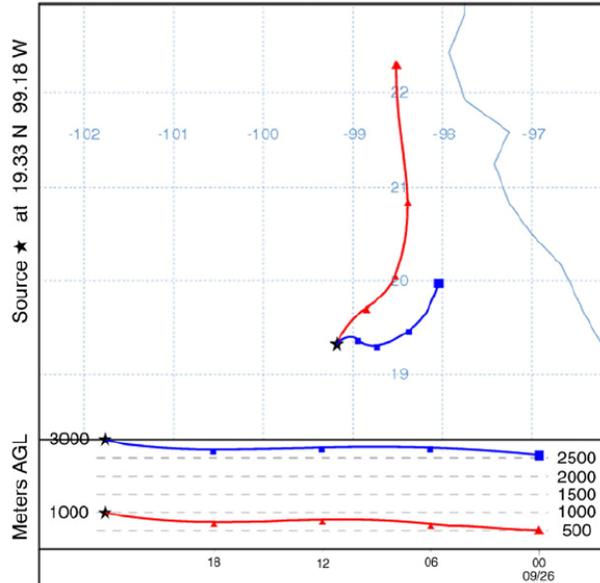
Concentración media peso volumen para los metales traza (fracciones soluble e insoluble) en $[\mu\text{g l}^{-1}]$ para los cuatro sectores de dirección del viento del agua de lluvia recolectada en Ciudad Universitaria en 2001 y 2002.



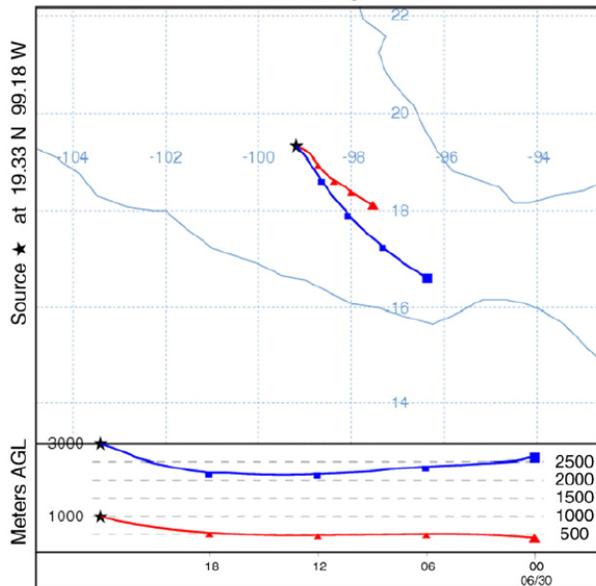
NOAA HYSPLIT MODEL
Backward trajectories ending at 00 UTC 17 Aug 01
FNL Meteorological Data



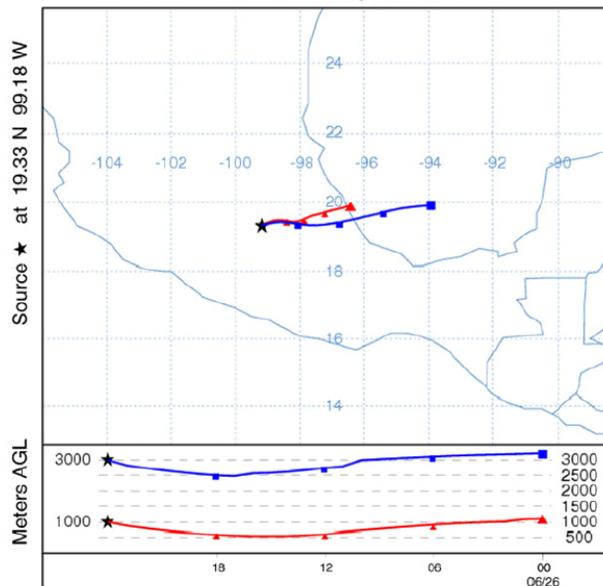
NOAA HYSPLIT MODEL
Backward trajectories ending at 00 UTC 27 Sep 01
FNL Meteorological Data



NOAA HYSPLIT MODEL
Backward trajectories ending at 00 UTC 01 Jul 02
FNL Meteorological Data



NOAA HYSPLIT MODEL
Backward trajectories ending at 00 UTC 27 Aug 02
FNL Meteorological Data



Trajectorias seleccionadas al azar de masas de aire observadas durante la temporada de lluvias de 2001 y 2002

Table 9
Trace metal solubility in rainwater collected at the University of Mexico for the period 2001–2002

Metal	Solubility (%)					
	Whole data		Samples with pH <5		Samples with pH >5	
	Average	Standard deviation	Average	Standard deviation	Average	Standard deviation
Al	42.56	30.40	49.19	28.36	40.63	32.06
Cd	80.52	21.29	89.1	9.53	79.14	22.29
Cr	46.27	25.41	45.47	21.52	48.25	27.17
Mn	79.69	18.54	79.91	18.35	79.36	18.41
Ni	78.63	20.9	81.54	14.52	80.04	21.95
Pb	58.67	29.07	60.79	26.5	58.76	30.15
V	85.81	14.36	87.37	15.38	86.08	14.07

Solubilidad de los metales traza en el agua de lluvia recolectada en Ciudad Universitaria en el periodo de 2001 y 2002.

Table 10
Wet-deposition fluxes in $\text{mg m}^{-2} \text{period}^{-1}$ for trace metals in rainwater collected in the period 2001–2002

Metal	VWM	Loading ^a
	1063^b	
Al	50.73	53.91
Cd	0.41	0.44
Cr	0.52	0.55
Mn	9.64	10.25
Ni	3.37	3.58
Pb	2.48	2.64
V	5.13	5.45

^a $\text{mg m}^{-2} \text{period}^{-1}$.

^b Amount of rainfall in mm.

Flujos de deposición húmeda en $[\text{mg m}^{-2} \text{periodo}^{-1}]$ para metales traza en el agua de lluvia recolectada en el periodo de 2001 a 2002.

A.11 A continuación se cita el artículo “Rainwater chemical composition at two sites of Mexico City” publicado el día 24 junio de 2005, elaborado por A. Báez; en colaboración con R. Belmont, R. García, H. Padilla y M.C. Torres; pertenecientes al Laboratorio de Química Atmosférica del Centro de Ciencias de la Atmósfera de la Universidad Nacional Autónoma de México, ubicado en Ciudad Universitaria:

Introducción

A pesar que las precipitaciones pluviales han sido estudiadas por muchos países por más de 30 años, estas siguen siendo importantes por las emisiones antropométricas y como es que algunas emisiones de gases y aerosoles están incrementando de manera continua.

Un ejemplo de las emisiones contaminantes al ambiente son los países industrializados los cuales son los principales emisores de contaminantes como los son el SO₂ y los NO_x además está comprobado que al controlar adecuadamente las emisiones los químicos presentes en las precipitaciones son reducidos de manera sustancial.

El presente estudio la composición química y la variación de la temporada fue determinada en un área muy contaminada y en una rural durante los periodos de 1994 a 2000.

Materiales y Metodología

La muestra fue escogida en la ciudad de México con un colector de agua colocado en el centro de ciencias de la atmósfera de la UNAM a una elevación de 2250 m por arriba del nivel del mar. La media anual de lluvia es de 860mm. La otra muestra es del poblado de rancho viejo el cual se encuentra con una elevación de 2700 m del nivel del mar y el cual no tiene fuentes cercanas de contaminantes de la atmósfera.

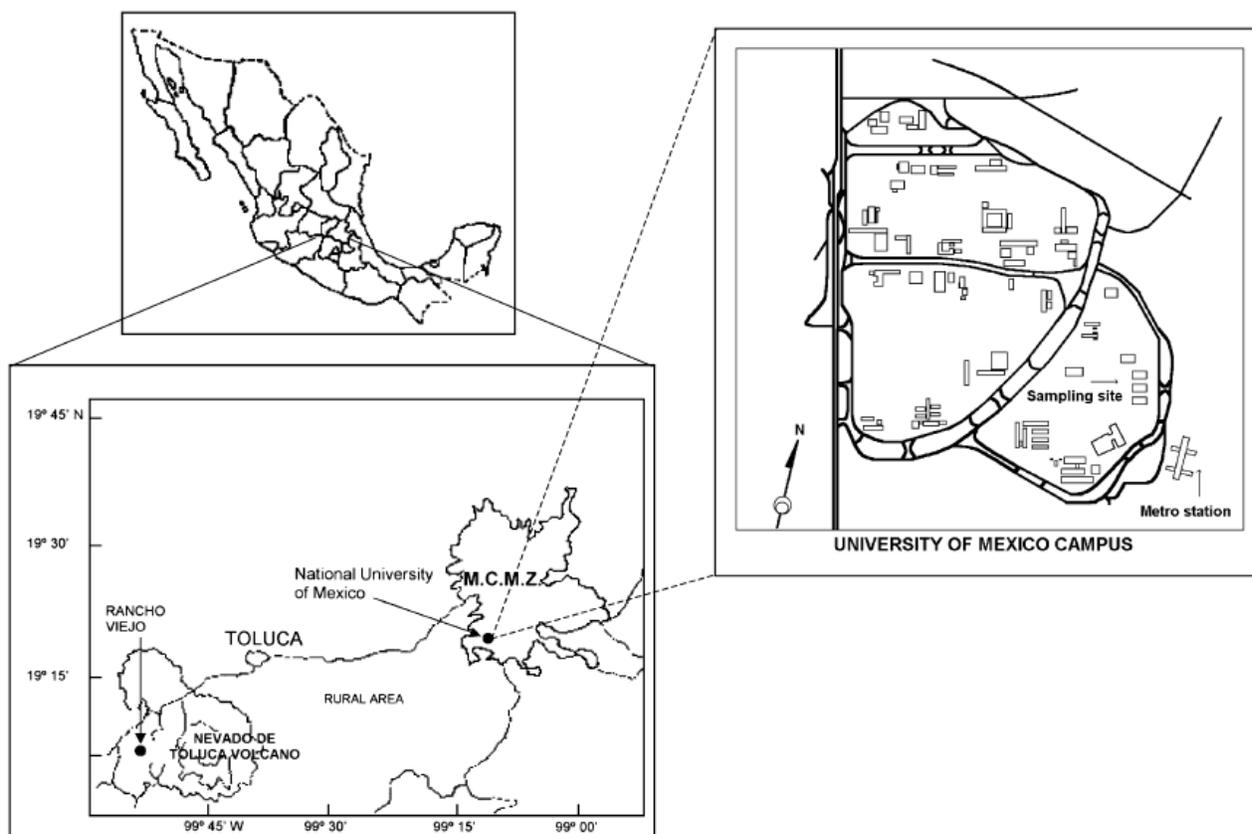
La muestra recolectada en la UNAM fue de 4363 mm la cual fue almacenada en recipientes de polietileno para su análisis sin alteraciones.

El análisis estadístico se realizó con el sistema Kruskal-Wallis ANOVA con lo cual se compararon los sulfatos y las concentraciones de calcio en diferentes sectores con mucho viento obtenido de la masa de aire de la ciudad a una altura de 1000 a 3000 m con respecto al nivel del suelo.

Las muestras se analizaron en busca de los siguientes compuestos: pH y los iones SO₄²⁻, NO₃⁻, Cl⁻, Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, K⁺, NH₄⁺.

La precisión de los métodos fue determinada por un análisis estándar de 10 muestras para las diferentes concentraciones. Los resultados muestran una precisión para los análisis de <5% de una desviación estándar relativa.

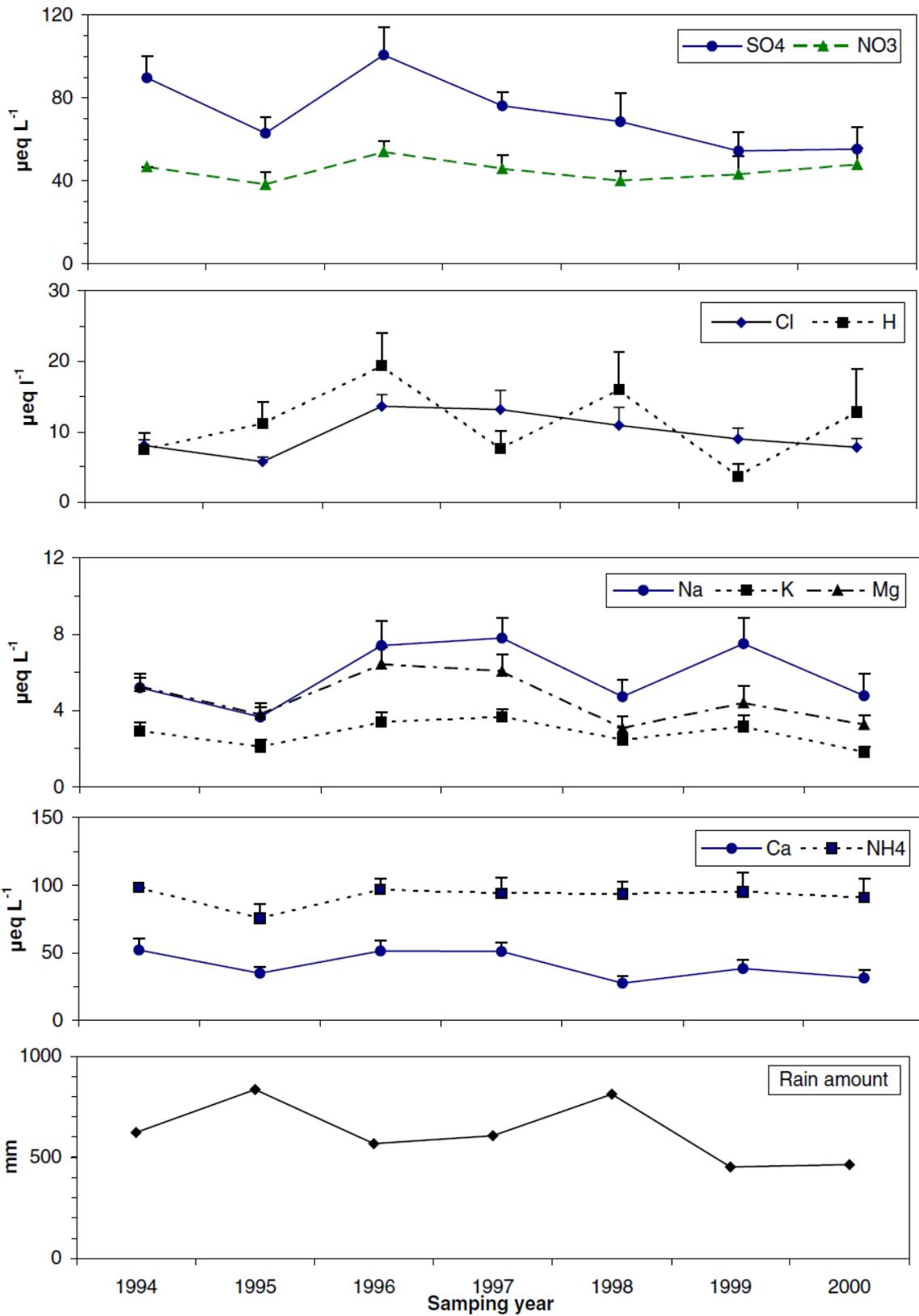
Localidad



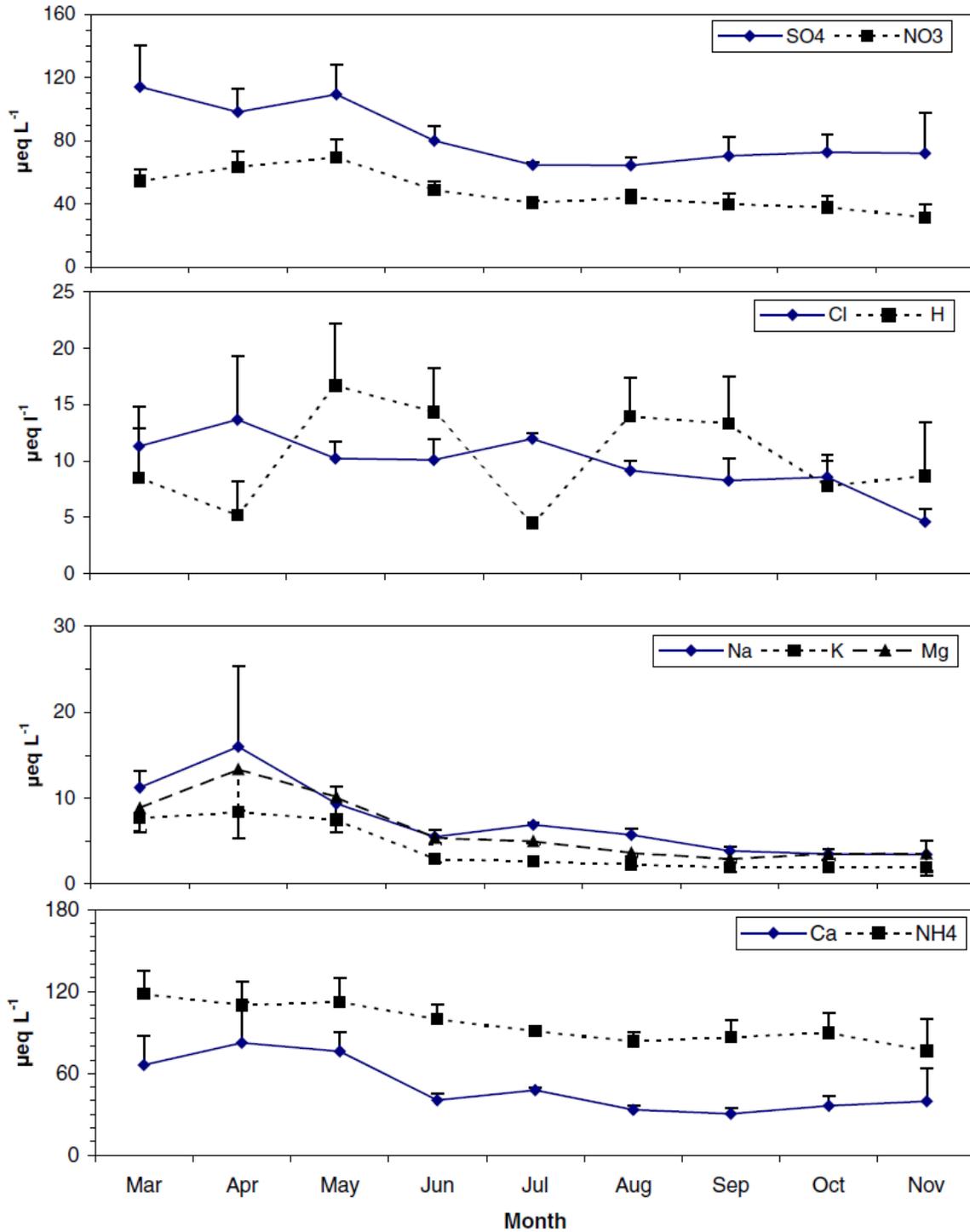
Las muestras analizadas fueron recolectadas en la Universidad Nacional Autónoma de México UNAM y en la zona boscosa de rancho viejo en el Estado de México, durante los periodos de 1994-2000 y 1994-1999 respectivamente.

En la UNAM las muestras fueron recolectadas durante las temporadas de lluvia de cada año durante el periodo en el que se analizó. Los resultados que se obtuvieron muestran las variaciones en los compuestos químicos de la lluvia en los diferentes años, la razón principal es por la variación de las condiciones meteorológicas o los cambios de las emisiones a la atmósfera. En ambos lugares el máximo de emisiones de SO_4 ocurrió durante el mes de marzo mientras que los mínimos fueron durante los meses de Julio y Agosto. El pH anual calculado para la ciudad de México fue de 4.95 el cual es un poco más alto que el reportado en otros lugares del país.

A pesar de todas las muestras analizadas se logró notar que los niveles de concentración de sulfatos y contaminantes se elevaban considerablemente conforme las masas de aires provenientes de Toluca hacia la ciudad.

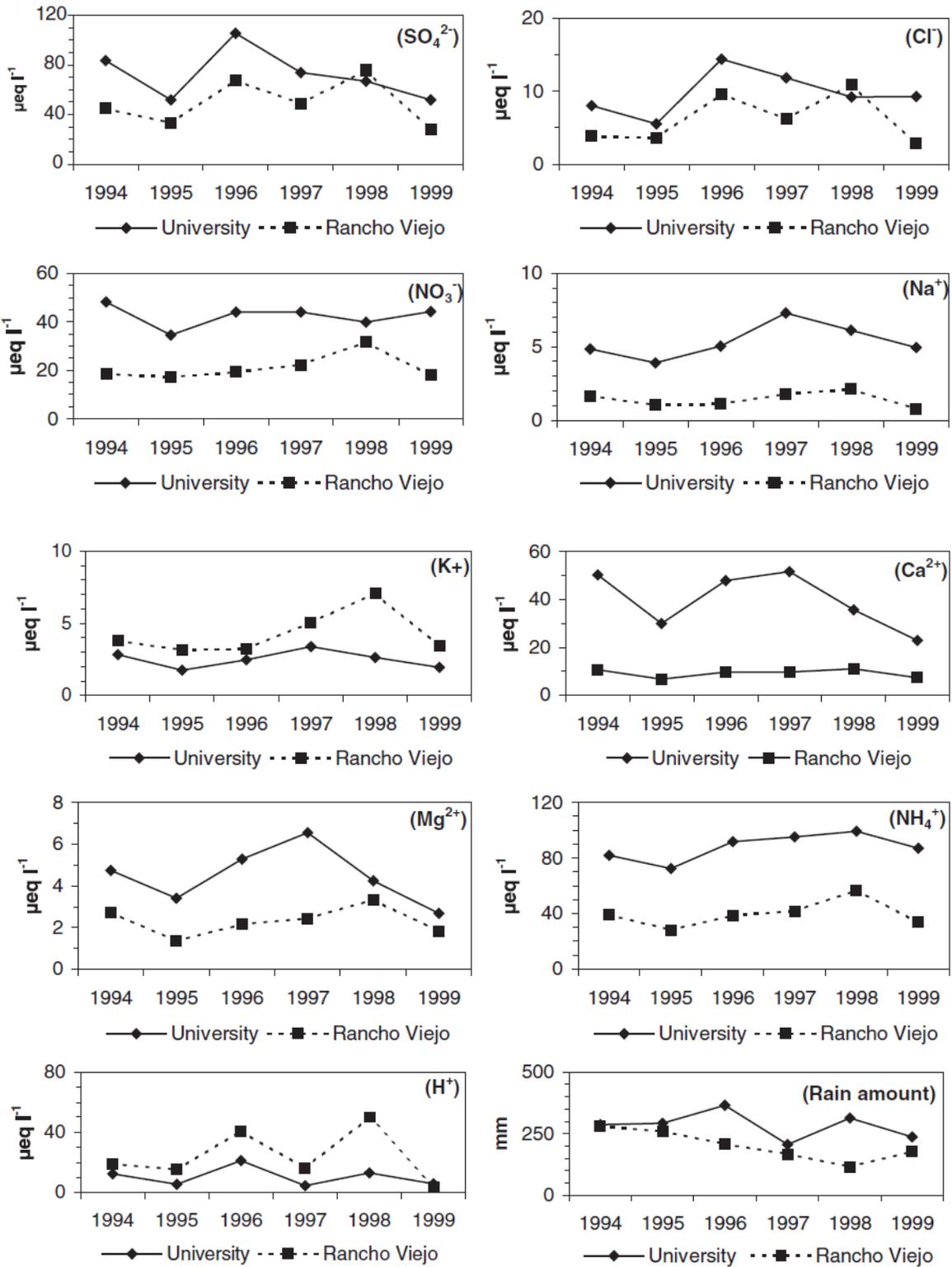


Media anual de las concentraciones de agua de lluvia y la desviación estándar de la misma (barras en las líneas) de los iones analizados.



Concentraciones medias mensuales del volumen de agua de lluvia y su desviación estándar de los iones analizados.

Es difícil realizar estos cálculos ya que son afectados directamente de eventos climatológicos como el del niño el cual incremento las precipitaciones en un 38% durante el periodo de 1997 a 1998.



Media de las concentraciones anuales en precipitaciones pluviales para los iones presentes en las mismas.

Comparación de la concentración de iones entre la región de Rancho Viejo y la Ciudad de México utilizando el método de Mann-Whitney en el periodo de 1994 a 1999.

	Median		T statistic ^a
	Mexico City (N=83)	Rancho Viejo (N=82)	
SO ₄ ²⁻	76.667	44.144	5227 [†]
Cl ⁻	9.296	4.198	5002 [†]
NO ₃ ⁻	42.857	20.633	4701 [†]
Na ⁺	4.522	1.022	4304 [†]
K ⁺	2.046	3.033	7703 [†]
Ca ²⁺	34.600	7.743	4122 [†]
Mg ²⁺	3.689	1.885	5095 [†]
NH ₄ ⁺	95.000	38.106	4012 [†]
H ⁺	1.148	14.986	8356 [†]

N es el número de muestras, T la suma de los valores más pequeños en la muestra del grupo, t la diferencia estadística entre las muestras p<0.05

A continuación se muestra una gráfica de los diferentes niveles de pH en algunos países comparando con el de México.

Site	pH	References
Albany, New York	4.2	Khwaja and Husain (1990)
Central Eastern Europe	4.4 to 4.5	Hjellbrekke et al. (1995)
Southern China	4.7	Wang and Wang (1996)
Japan	4.8	Hara (1998)
Korean peninsula	4.7	Lee et al. (2000)
Mexico City	4.95 (4.71 to 5.43)	This study

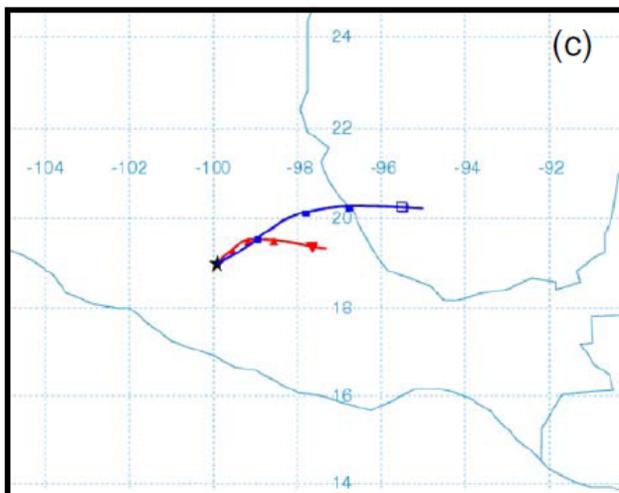
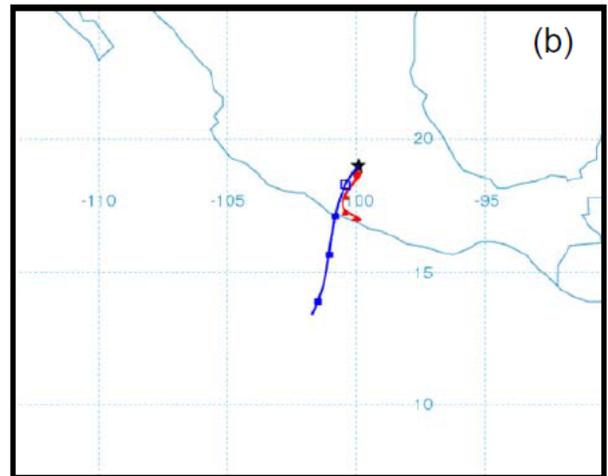
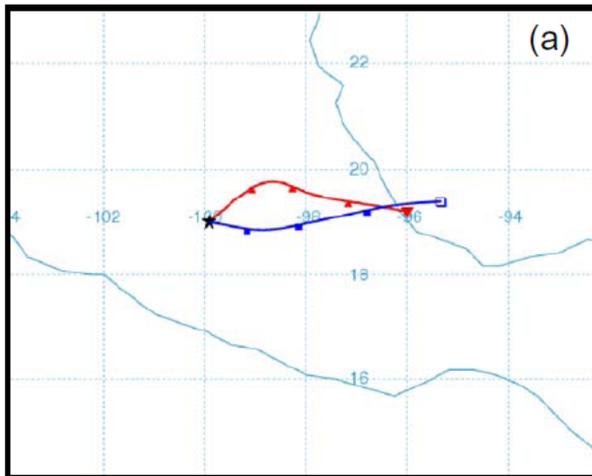
Concentración media de los compuestos analizados en diferentes sectores con corrientes de aire distintas (sector 1, 0-90°; sector 2, 91-180°; sector 3, 181-270°; y sector 4, 271-360°) en la UNAM

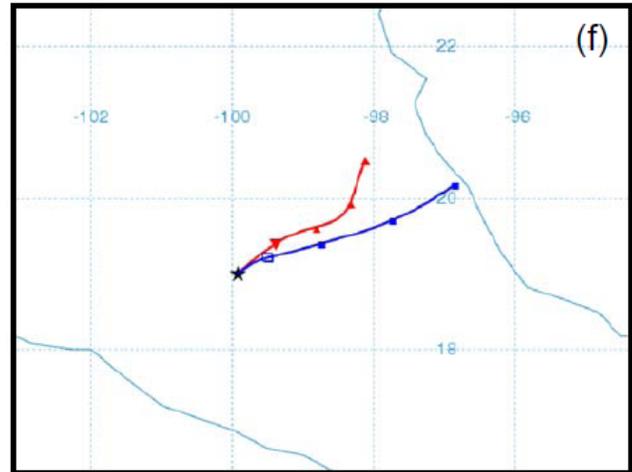
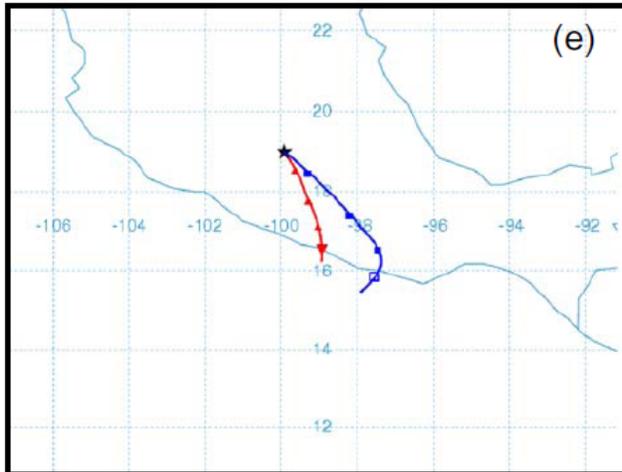
Ion	Air-mass trajectory sector at 1000 MAGL ^a				Air-mass trajectory sector at 3000 MAGL			
	Sector 1	Sector 2	Sector 3	Sector 4	Sector 1	Sector 2	Sector 3	Sector 4
N	95	44	10	10	74	59	12	14
SO ₄ ²⁻	62.3	76.2	55.5	67.5	56.4	73.9	60.6	75.6
Cl ⁻	11.0	10.4	10.5	6.9	10.3	10.8	7.4	12.0
NO ₃ ⁻	40.8	55.4	27.8	56.5	34.6	55.5	44.9	45.3
Na ⁺	7.4	5.3	2.5	5.4	7.5	5.2	4.6	4.8
K ⁺	3-0	2.4	2.9	2.4	2.9	2.3	3.2	3.7
Ca ²⁺	44.4	33.6	15.2	25.5	42.7	34.1	30.4	27.5
Mg ²⁺	5.1	3.8	1.7	2.7	4.7	3.8	3.5	3.9
NH ₄ ⁺	93.9	106	74.5	88.8	90.4	104	96.1	79.1
H ⁺	7.3	17.5	9.1	19.2	3.9	16.8	7.9	21.1

^a Meters above ground level.

A continuación se presentan los cambios en el flujo de aire durante las temporadas de:

- (a) agosto 97
- (b) octubre 97
- (c) junio 98
- (d) mayo 99
- (e) julio 99
- (f) septiembre 99





La correlación de Spearman's rho fue aplicada para identificar la relación entre las concentraciones de la UNAM y diferentes datos en la semana con lo que se puede apreciar la variación de estos.

Spearman's rho correlation between ion concentrations in wet precipitation collected at Mexico City from 1994 to 2000 ($N=303^a$)

	Cl^-	NO_3^-	Na^+	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	NH_4^+	H^+	HCO_3^-
SO_4	0.524 [†]	0.663 [†]	0.463 [†]	0.546 [†]	0.628 [†]	0.623 [†]	0.657 [†]	0.158 [†]	-0.0754
Cl^-		0.449 [†]	0.621 [†]	0.569 [†]	0.521 [†]	0.554 [†]	0.512 [†]	-0.117 [†]	0.177 [†]
NO_3^-			0.482 [†]	0.510 [†]	0.558 [†]	0.565 [†]	0.711 [†]	0.136 [†]	0.0242
Na^+				0.874 [†]	0.840 [†]	0.861 [†]	0.621 [†]	-0.484 [†]	0.551 [†]
K^+					0.787 [†]	0.843 [†]	0.619 [†]	-0.367 [†]	0.442 [†]
Ca^{2+}						0.955 [†]	0.696 [†]	-0.414 [†]	0.505 [†]
Mg^{2+}							0.660 [†]	-0.360 [†]	0.450 [†]
NH_4^+								-0.269 [†]	0.385 [†]
H^+									-0.885 [†]

^a Number of samples.

[†] Correlation is significant at $p \leq 0.05$ (two-tailed).

Spearman's rho correlation among ion concentrations in wet precipitation collected in Mexico City and Rancho Viejo on weekends from 1994 to 1999

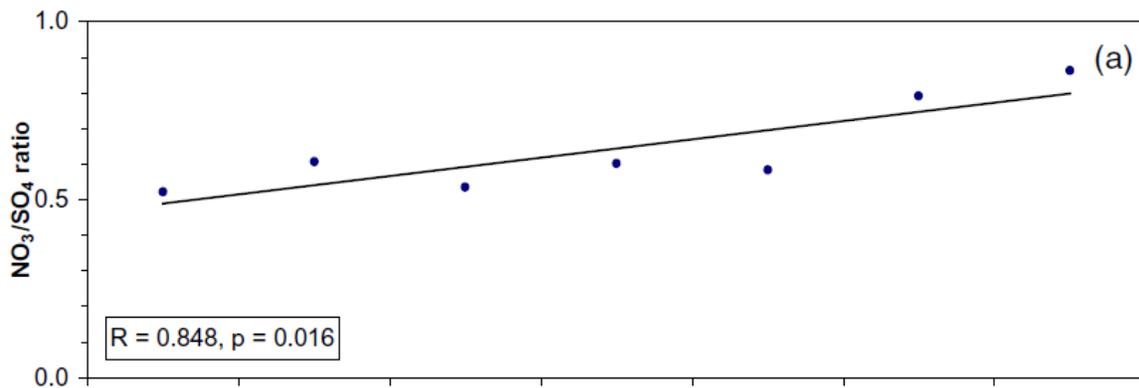
	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	NH ₄ ⁺	H ⁺	HCO ₃ ⁻	Rain amount
<i>Mexico City (N=83)§</i>										
SO ₄ ²⁻	0.557*	0.737*	0.518*	0.586*	0.735*	0.712*	0.737*	0.224*	-0.076	-0.486*
Cl ⁻		0.451*	0.724*	0.658*	0.589*	0.618*	0.562*	-0.0987	0.177	-0.368*
NO ₃ ⁻			0.522*	0.580*	0.624*	0.626*	0.737*	0.175	-0.010	-0.466*
Na ⁺				0.893*	0.821*	0.824*	0.701*	-0.419*	0.508*	-0.328*
K ⁺					0.794*	0.828*	0.717*	-0.288*	0.415*	-0.440*
Ca ²⁺						0.952*	0.796*	-0.267*	0.394*	-0.401*
Mg ²⁺							0.757*	-0.225*	0.372*	-0.422*
NH ₄ ⁺								-0.225*	0.377*	-0.492*
H ⁺									-0.909*	-0.057
HCO ₃ ⁻										-0.089
<i>Rancho Viejo (N= 82)^a</i>										
SO ₄ ²⁻	0.673**	0.765**	0.427**	0.264**	0.621**	0.537**	0.673**	0.729**	-0.289**	0.078
Cl ⁻		0.551**	0.555**	0.211	0.564**	0.490**	0.496**	0.504	-0.148	0.088
NO ₃ ⁻			0.477**	0.261**	0.785**	0.632**	0.736**	0.471**	-0.179	-0.143
Na ⁺				0.451**	0.638**	0.675**	0.588**	0.0495	-0.0079	-0.170
K ⁺					0.399**	0.650**	0.441**	-0.116	0.172	-0.192
Ca ²⁺						0.859**	0.745**	0.225**	-0.0182	-0.135
Mg ²⁺							0.695**	0.107	0.0114	-0.098
NH ₄ ⁺								0.173	0.170	-0.075
H ⁺									-0.625**	0.199
HCO ₃ ⁻										-0.198

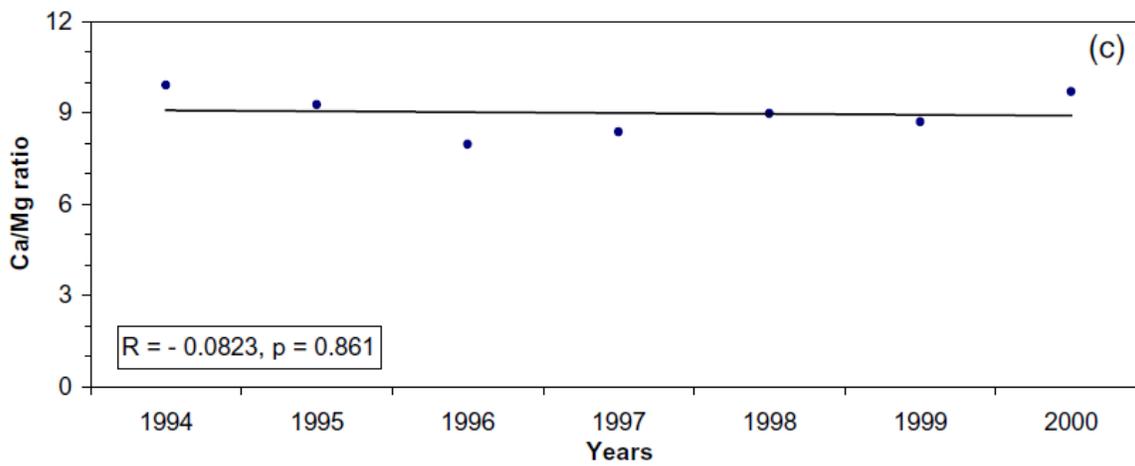
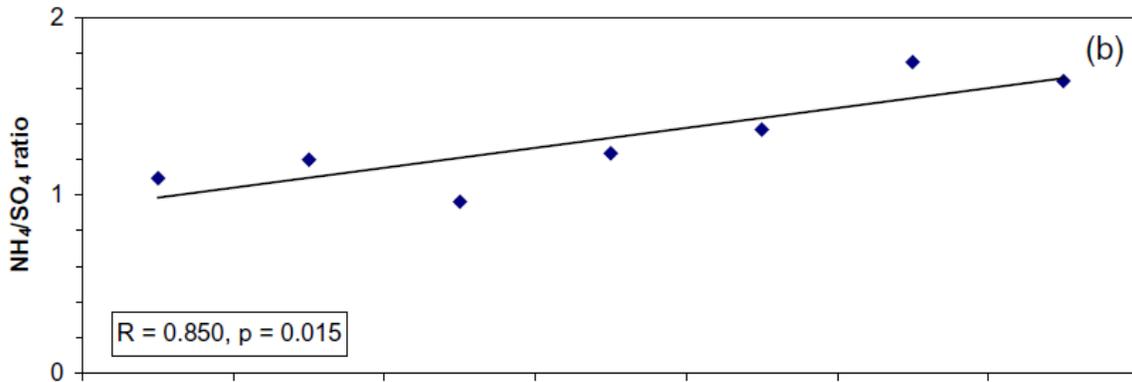
^a Number of samples.

* Correlation is significant at $p \leq 0.05$ (two-tailed).

** Correlation is significant at $p < 0.05$ (two-tailed).

Cambios en las concentraciones de iones de los diferentes compuestos y su variación en los periodos de 1994-2000





Multiple linear regression analysis using H^+ concentration as the dependent variable in Mexico City ($N=303^a$)

Model	Coefficient	Standard error	<i>t</i> -value	VIF ^b	<i>F</i> -ratio ANOVA ^c	<i>R</i>
Constant	8.133	2.121	3.835 [†]	0.000	90.810 [†]	0.690
NO_3^-	0.536	0.034	15.842 [†]	2.025		
Ca^{2+}	-0.195	0.023	-8.504 [†]	1.767		
NH_4^+	-0.140	0.026	-5.360 [†]	2.237		

^a Number of samples.

^b Variance inflation factor.

^c Analysis of variance for the variables included in the model.

[†] Significant at $p < 0.05$.

Bibliografía:

[1] *Ackoff, Rusell L. Un Concepto de Planeación de Empresas.*

Editorial Limusa, México DF, 1982. Pp 13-47.

[2] *Warren, Kirby E. Planeación a Largo Plazo.*

Editorial Diana, 1ra. Edición, México DF, 1971.

[3] *Thompson, Arthur / Strickland A. J. III. Administración Estratégica Conceptos y Casos, 11va.*

Edición, de, Mc Graw Hill, 2001,

[4] *Fleitman Jack. Negocios Exitosos, McGraw Hill, 2000,*

- Artículo "*Chemical composition of rainwater collected at a southwest site of México City, México*", publicado el día 5 de marzo de 2007, elaborado por A. Báez; en colaboración con R. Belmont, R. García, H. Padilla y M.C. Torres; pertenecientes al Laboratorio de Química Atmosférica del Centro de Ciencias de la Atmósfera de la Universidad Nacional Autónoma de México.

- Artículo "Rainwater chemical composition at two sites of México City" publicado el día 24 junio de 2005, elaborado por A. Báez; en colaboración con R. Belmont, R. García, H. Padilla y M.C. Torres; pertenecientes al Laboratorio de Química Atmosférica del Centro de Ciencias de la Atmósfera de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Vet, Robert J. 1991. "Wet Deposition: Measurement Techniques. The Handbook of Environmental Chemistry" Volumen 2 Parte F Reactions and Processes. Ed. Springer-Verlag Alemania

SMA. 2006. "Inventario de Emisiones a la Atmósfera de la Zona Metropolitana del Valle de México 2004". Secretaría del Medio Ambiente del GDF. Dirección General de Gestión Ambiental del Aire. Dirección de Inventario de Emisiones y Fuentes Estacionarias.

SIMAT. 2002. "Informe del Estado de la Calidad del Aire y Tendencias 2001 para la Zona Metropolitana del Valle de México". Secretaría del Medio Ambiente del GDF. Dirección General de Gestión Ambiental del Aire. Dirección de la Red Automática de Monitorización Atmosférico. Sistema de Monitorización Atmosférico de la Ciudad de México.

[5] *García Sierra, Pelayo. Diccionario filosófico Manual de materialismo filosófico Una introducción analítica.* En internet: <http://filosofia.org/filomat/> Definiciones de Método (<http://filosofia.org/filomat/df224.htm>), Definición (<http://filosofia.org/filomat/df223.htm>), y Filosofía (<http://filosofia.org/filomat/df008.htm>).

[6] *Gómez-Lobo, Andrés. ¿Qué entendemos por desarrollo sustentable?.* En: <http://www.sustentable.cl/portada/Andres/358.asp> . Extraído en abril de 2004.- Nebel, Bernard J. y Wright, Richard T. (1999). *Ciencias Ambientales. Ecología y desarrollo sostenible.* 6ª. ed. Versión en español. Pearson Educación. México. p. 14.

[7] *Programa PUMAGUA*, en <http://www.torreingenieria.unam.mx/PUMAGUA.html>.

[8] *Transporte y Dispersión*, en <http://www.windows.ucar.edu/earth/Atmosphere/transport.sp.html>.

Goodland, Robert; Daly, Herman; El Serafy, Salah; Von Droste, Bernd (editores) (1992). Medio ambiente y desarrollo sostenible. Más allá del Informe Brundtland. Ed. Trotta. Madrid. p. 14, 15.

Geisse G., Guillermo (2001). Pongámonos de acuerdo. En: *Revista Ambiente y Desarrollo.* Vol. XVII, Nº3, septiembre 2001. CIPMA. pp. 4-5.

Conceptos básicos sobre medio ambiente y desarrollo sustentable. Colección Educar para el ambiente. Manual para el docente. Proyecto INET/GTZ. Buenos Aires, julio de 2003. pp. 24, 51-52.

Banco Mundial. Desarrollo sustentable en el siglo XXI. En: <http://lnweb18.worldbank.org/ESSD/sdvext.nsf/43ByDocName/SustainableDevelopmentinthe21stCentury> Extraído en abril de 2004.

Mesografía:

<http://espanol.answers.yahoo.com/question/index?qid=20080116160411AAx6qFp>

Foros abiertos en yahoo

<http://www.promonegocios.net/empresa/mision-vision-empresa.html>

Definición de misión y visión por Iván Thompson

<http://definanzas.com/2009/06/04/definicion-de-objetivos/>

Definición de objetivos

<http://www.definicionabc.com/general/meta.php>

Definición de meta y concepto

<http://paginespersonals.upcnet.es/~jmg2/libro/ds7m7.htm>

Textos de dinámica de sistemas