

INSTITUTO DE CIENCIA APLICADA  
Ciudad Universitaria, México 20, D.F.

---



INSTITUTO DE GEOFISICA  
BIBLIOTECA

Nota científica y técnica  
Nº 14

~~LOS~~ PROBLEMAS DE LA HIDROLOGIA APLICADA EN MEXICO

por A. Loehnberg  
Hidrólogo de la UNESCO

---

Texto de la conferencia dictada en la Universidad de México,  
en la Facultad de Ciencias, el 22 de enero de 1959.  
Traducido al español por el Sr. E. Jauregui.



## NOTAS DE INTRODUCCION

A instancia de la Unesco he estado trabajando como hidrólogo en el Instituto de Ciencia Aplicada desde principios del año 1957. Mi misión bajo los auspicios de la Unesco está a punto de terminar por lo que aprovecho esta oportunidad para presentar un informe sobre las actividades de la Sección de Hidrología que se han desarrollado durante los últimos años. Esta información contiene también una discusión de algunos problemas de la hidrología aplicada en México: aquellos problemas que el Instituto a afrontado directamente en los campos de la ciencia y de la investigación, en la aplicación de técnicas hidrológicas para la solución de problemas de abastecimiento y aquellos con los que un instituto universitario puede estar ligado solo marginalmente, pero que sin embargo, cabe dentro del área de interés para una institución que considera sus tareas específicas como parte de un esfuerzo general para ampliar el conocimiento y mejorar las condiciones de vida del país.

Antes de presentar el informe y algunas conclusiones deseo agradecer a mis colaboradores del Instituto, a las autoridades universitarias y a muchos colegas dentro y fuera de la Universidad por su lealtad y cooperación. Recibir y dar muestras de lealtad es, además de cuestión de suerte, el resultado de la adaptación y del esfuerzo constante. El observar y sentir la manifestación de tales empeños hace que el hombre se torne agradecido y también humilde ya que, con la sola intención no se puede lograr una colaboración eficaz. Esto se logra con un espíritu de libertad salpicado con un grano de gracia. De la presencia de este espíritu hemos tenido muchas pruebas durante el período de trabajo.

Instituto de Geofísica - El Instituto de Geofísica dió su protección a nuestro Instituto hasta hace <sup>muchos</sup> años, y tengo la impresión, en mis contactos personales y científicos con sus directivos, que se considera como continuo soporte para él. Sin embargo, el Instituto de Geofísica no tan sólo actuó como un guardian sino sirvió también como modelo para nuestro instituto. El profesor Monges Lopez y el Dr. Adem han logrado reunir y mantener un grupo de hombres de ciencia dentro de una universidad de enseñanza en la verdadera expresión de la ciencia humanitaria. Estos ejemplos son poco frecuentes en la historia de la mayoría de las universidades y representan un don precioso a los estudiantes y para la nación.

Instituto de Ingeniería - Un espíritu semejante emana del trabajo cada vez mayor del Instituto de Ingeniería que ha encontrado en el Ing. Hiriart un director y un amigo para todos los que colaboran con él y que combina las virtudes de un ingeniero con aquellas del investigador. Estoy agradecido al Dr. Carrillo, rector de la Universidad, por el consejo que me dió al principiar mi misión de buscar colaboración con el grupo de personas que trabajan en el Instituto de Ingeniería. Esta es prueba de la verdad, demostrada hace muchos años ya por Leonardo de Vinci y por Bacon que la ocupación en tareas prácticas y a veces limitadas no cierra la puerta a las manifestaciones más altas del espíritu. La cooperación con los trabajos de recuperación de la costa marítima de Holanda inspiró a Lorentz para desarrollar nuevos teoremas en física y matemática y dió por resultado los magníficos trabajos de Thijssse sobre mareas. Los problemas del hundimiento de la ciudad de México habrán de conducir a la investigación básica sobre las condiciones de frontera entre los estados fluido y sólido de la materia.

Instituto de Geología - La sección hidrológica del ICA ha encontrado una colaboración genuina de parte del Instituto de Geología en el proyecto mancomunado para preparar una bibliografía de geohidrología en México, la cuál está apunto de ser publicada gracias al apoyo generoso del Ing. Blasquez. El Ing. Salas, director del Instituto de Geología, fué el primero de mis colegas locales en la ciencia de la tierra en ofrecer al experto de la Unesco una investigación en colaboración: la relacionada con las futuras fuentes de abastecimiento de agua de Monterrey. El Sr. Salas expresó su liberalidad también al estar de acuerdo en asignar a su antiguo colaborador, el Ing. Mooser, al Instituto de Ciencia Aplicada y al Depto. Central del D.F. para que así se pudiera preparar un mapa geohidrológico del Valle de México. Más adelante hablaremos mas extensamente acerca de esta importante contribución.

Coordinador de Ciencias - Si el Instituto de Geofísica ha actuado como la madre adoptiva del ICA, el Dr. Barajas, Coordinador de Ciencias, es con justicia su padre adoptivo; su tarea fué y es todavía difícil, hay que recordar que el papel de padre en la educación de los hijos siempre se subestima. Como es sabido, el ICA es todavía una especie de hijo ilegítimo al cuidado de la Universidad, y la función poco envidiable del Dr. Barajas ha constituido entre otras en buscar aquí y allá para "alimentos". En el desempeño de esta misión el Dr. Barajas ha actuado admirablemente; ayudado por la visión humanitaria con la que la ley mexicana y la sociedad tratan a los hijos nacidos fuera del matrimonio. Pero el dinero es solo parte de la educación, y con frecuencia no es la más importante, como lo atestiguan los hijos de padres ricos. El Dr. Barajas en su función de Coordinador de Ciencias tiene que ser también coordinador de hombres de ciencias, cosa que es aún más difícil, puesto que requiere sabiduría además de conocimientos. El Dr. Barajas ha sido un padre sabio, guardián y consejero. Nunca me regañó aún cuando me ponía yo impaciente por el hecho de que la sección de hidrología no tenía el número deseable de ayudantes.



Personal del Instituto de Ciencia Aplicada - Los números, claro está, no tienen nada que ver con la calidad, y me da gusto poder rendir tributo a un grupo mas bien pequeño de investigadores que siguen una carrera científica con perseverancia, que a un número más elevado de ayudantes menos empeñosos. Comenzaré por el Sr. Jauregui, joven investigador de la sección de hidrología que, alentado por el Dr. Fournier d'Albe, realizó hace dos años un estudio de la urbanización en relación con el clima por medio de observaciones sobre la reducción de la visibilidad en la ciudad de México que ha tenido lugar los últimos 20 años. Se inició en la investigación hidrológica con un trabajo sobre la comprensión del agua en un acuífero confinado ayudando a la interpretación de los datos de los pozos en la región de Monterrey. Durante los angustiosos días de septiembre - cuando una inundación amenazaba a la capital - el Sr. Jauregui y los miembros de la sección de meteorología del Instituto, bajo la dirección del Dr. Fournier d'Albe, se pusieron a la disposición de las autoridades locales y consagraron su tiempo libre a la previsión del tiempo para esta emergencia.- Los geólogos, Sras. Mooser y Lorenzo, prepararon con mucha dedicación y éxito un mapa geohidrológico del valle de México y sus alrededores. Este mapa está casi terminado para un área de 13.000 km<sup>2</sup>, faltando solo un area adicional de 5000 km<sup>2</sup> que todavía está por hacerse. Esperamos que las hojas definitivas se publiquen quizá con una ayuda de la Unesco; serían un ejemplo de la combinación de los estudios ~~de los recursos~~ <sup>por cada</sup> hidráulicos y geológicos en la República. Este mapa representa una cantidad enorme de trabajo de detalle, incluyendo el examen paciente de centenares de fotos aereas, de docenas de maps topográficos e históricos y, por supuesto, de multiples viajes en el campo.

La colección e interpretación de datos, su preparación ordenada en tablas y mapas, y su resumen en forma de reportes, notas y publicaciones no habrían podido hacerse sin la eficaz ayuda de los dibujos de la Srta. Calvario y el magnífico trabajo de las secretarias, la Sra. Recourt y la Srta. Figueroa.

x)

Relaciones fuera de la Universidad - Aunque creo que mi educación científica en Europa y mi experiencia práctica en Israel y otros países de Medio Oriente me fueron útiles para mi misión en México, no quedarán ustedes asombrados al saber que mis primeras contactos fuera de la Universidad no fueron alentadores. Un servidor internacional - que no esta familiarizado con las condiciones locales, con la tradición y con el conocimiento acumulado - está acostumbrado a encontrarse alguna reserva, cuando no franca desconfianza. No puede ser de otro modo en un mundo dividido por cruentas guerras, por barreras de lenguaje y por la cultura, por diferentes niveles de vida, por las fronteras y por la ignorancia mútua. La organización de las Naciones Unidas tiene apenas trece años, y su programa internacional de ayuda es todavía más joven.

x) Deseo agradecer a mi colega de la Unesco, Dr. Fournier d'Albe, su solicitud para relacionarme dentro y fuera de la Universidad, y también por haberme otorgado el beneficio de muchas discusiones científicas sobre problemas comunes a la meteorología y a la hidrología.

Tomando el consejo de mi anciano padre, de que solamente el trabajo honrado y serio fortifica al hombre consejero frente a su conciencia, empecé a aplicar mis conocimientos en este país, sin apoyarme demasiado en el prestigio del que indudablemente goza la Unesco en México.

Por suerte la noble frase de la Universidad "Por mi raza hablará el espíritu" no está limitada solo a sus facultades si no que representa una realidad en la vida mexicana. Después de olvidar las primeras desilusiones, yo, el experto extranjero, fui aceptado por mis colegas locales como otro colega de tantos. Hoy, mas bien me siento abochornado por el "embarras de richesse" y por las innumerables muestras de cooperación de mis colegas. Esto habla mucho en favor de su vanguardia técnica y administrativa, siempre atenta y dispuesta a utilizar todas las fuerzas positivas del mundo exterior para hacer del país un lugar adecuado para una nación moderna.

Obras Hidráulicas - La mejor carta de recomendación del Depto. Central del D.F., es la acertada dirección del re-edificador y modelador de su capital, el Lic. Uruchurtu. Mi profesión me ha puesto en estrecha colaboración con Obras Hidráulicas del Depto. Central, en la planeación de las fuentes de abastecimiento de agua presentes y futuras y en la elaboración de proyectos para detener el hundimiento de la ciudad. En esta Dependencia trabaja un grupo de ingenieros dispuestos a escuchar el consejo y la crítica bien intencionada; un grupo que no busca la propia gloria ni la satisfacción de sus ambiciones; un grupo que podría ser la envidia de muchos países por su dedicación al bienestar público. He mencionado ya al Ing. Hiriart, su jefe, en quien se demuestra que la investigación en la Universidad no excluye a un hombre de tareas prácticas en gran escala. Lo mismo puede decirse del Ing. Ochoa, Jefe del Depto. de Planeación, que combina sus trabajos de planeación y proyecto con los de la Educación superior. El subdirector, Ing. Huerta, y todo el personal técnico de Obras Hidráulicas compartieron también nuestro fértil intercambio de información y progreso común al precisar las líneas de investigación y acción. Este intercambio se extendió también a las organizaciones con las cuales O.H. combina sus tareas técnicas: Aguas y Sanamiento del D.F., bajo la experimentada dirección del Ing. Molina; al administrador del Sistema del Lerma, Ing. Sánchez y sus ayudantes, y a la Comisión Hidrológica de la Cuenca del Valle de México. Esta última organización diestramente encabezada durante el año pasado por el Ing. Cruickshank, merece gran aprecio por la exactitud de sus observaciones e investigaciones relacionadas con datos hidrométricos, topográficos, hidrológicos, meteorológicos e hidráulicos para el Valle de México. El Ing. Molina Berbeyer, que dirige los estudios geoquímicos de la Comisión no debe desanimarse por lo solitario del camino que recorre entre las geo-ciencias aplicadas de este país, porque el uso de las poderosas armas modernas de la geoquímica en la forma de espectrómetros, microanálisis e indicadores radiocativos debe impulsar sus esfuerzos de pionero a un mayor reconocimiento de su importancia en los futuros proyectos para el desarrollo del agua subterránea.



Las investigaciones sobre mecánica de suelos del Ing. Sainz de la misma Comisión también encontrarán completo reconocimiento sólo después de algunos años más, cuando puedan tomarse medidas efectivas para detener el hundimiento de la ciudad.

Las muchas juntas a las que asistí en las oficinas de O.H., incluyendo las que tuve con mi culto amigo el Ing. consultor Sr. Noriega, y con el Ing. Avila, el devoto geólogo, representaron para mí como esfuerzo de grupo, el mas exacto parecido con las de Tahal-Mekoroth, una de las principales organizaciones públicas hidráulicas mas destacadas en el mundo, de la cual fui consultor en Israel.

Si el Israel, que es un país no mucho mayor ni más rico que los valles de México y de Toluca, ha encontrado deseable establecer una organización hidrotécnica varias veces más grande que O.H. y la Comisión, México se beneficiaría mucho estudiando este ejemplo y decidiéndose a ampliar la gama de actividad de las instituciones relacionadas con el agua en el D.F., que cuidan de su más importante necesidad física.

Secretaría de Recursos Hidráulicos - México es uno de los pocos países que, en una etapa temprana de su desarrollo, ha sido suficientemente previsora para establecer una Sría. de Recursos Hidráulicos por separado. No es sólo en las naciones que pueblan el cinturón árido en donde se considera el agua actualmente como una llave del progreso; también en los países industrializados de las zonas templadas se ha encontrado que la política y administración del agua del pasado no pueden ya hacer frente a las demandas presentes y futuras. México posee una maquinaria progresista en su S.R.H. que tendrá cada vez funciones siempre crecientes y que por lo tanto, tendrán necesidad de cooperación con un instituto de investigaciones para la hidrología aplicada y la ingeniería hidráulica. Desgraciadamente, el año pasado, con sus cambios de gobierno, no fué propicio para traducir tales tendencias en resultados prácticos, pero la consolidación de la administración que ahora tiene lugar, habrá de conducir al estudio de este asunto con urgencia. El ICA inició contactos con la S.R.H. en discusiones con el sub-secretario anterior, Ing. Echegaray, en el comienzo de la planeación común del agua para la ciudad de León, por iniciativa del Ing. Anaya, y en fructíferas discusiones sobre exploración de aguas subterráneas con el excelente geólogo, el Ing. Lesser Jones.

Provincias - Los gobernadores de Coahuila, San Luis Potosi y Yucatan me invitaron a visitar sus capitales y a ayudar a preparar planes para el abastecimiento de agua que ellos, con mucha razón, consideran de primera importancia para la industrialización de sus capitales y para el desarrollo de sus tierras agrícolas. Yucatan y Coahuila son dos casos especiales para un hidrólogo: Coahuila por su naturaleza desértica, Yucatan por la forma cársica de su terreno, que provoca un comportamiento "patológico" del ciclo hidrológico.

Ninguno de estos estados puede solucionar sus problemas de agua solamente con sus propios medios técnicos y financieros. Se justifica aquí una ayuda nacional o quizá internacional. Al establecer institutos del desierto, los estados de Coahuila y Chihuahua han iniciado una ayuda entre sí muy recomendable. Mi colega, de la Unesco, el Dr. Fournier d'Albe y yo, hemos aportado nuestra modesta ayuda a estos esfuerzos. Sin embargo, hemos solicitado de la Unesco que considere lo más pronto posible una extensión en su programa de zonas áridas que ahora se dedica solamente a África del Norte y Asia, más bien que a las Américas. Esperamos que el Centro de la Cooperación Científica de la Unesco en Montevideo proponga un primer simposio sobre Zonas Áridas a los países de América Latina, para que así México pueda dar y recibir su parte de ayuda.

El problema de agua en Yucatan es único y complejo, no solo desde el punto de vista hidrológico como se explicó arriba, sino también por razones de orden geográfico y económico. La península es una de las pocas regiones de la República que cuenta con precipitación abundante, y con las facilidades adecuadas para el almacenamiento de agua en el subsuelo. Pero el terriblemente elevado número de las enfermedades hídricas en Mérida - uno de los más elevados grados en el mundo - ha convertido lo que un día fue un paraíso en un hospital gigantesco que cuenta con pocos doctores, debido a que las aguas negras y las aguas potables han formado un círculo vicioso. Esta situación solo tiene remedio a un alto costo. En las planicies cercanas a Mérida se ha iniciado otro círculo vicioso con la plantación de henequén; debido a que, al suprimir la selva, es decir la cubierta de vegetación continua que conserva la humedad del suelo todo el año, y al poner en su lugar henequén que no se riega, surgió un raro fenómeno de erosión interna del suelo provocado en gran escala por el hombre. Puesto que el delgado suelo en Yucatan descansa en una base de roca de piedra caliza altamente permeable, la precipitación que se concentra en cortos períodos de lluvia deslava fácilmente el suelo, sin que haya esperanza de recuperarlo, una vez que este suelo ha sido calcinado y agrietado por el sol durante la estación de secas. Este círculo destructor tiene que suprimirse, limitando el cultivo del henequén, introduciendo la expansión de sistemas de rotación de siembras y por la aplicación de métodos de irrigación cuidadosamente seleccionados.

Organizaciones no gubernamentales - Dedicaré ahora algunas palabras para hablar de la cooperación con organizaciones no gubernamentales. Hace pocos años se reunió un grupo de geohidrólogos para asociarse formando la Asociación Geohidrológica Mexicana, que bajo la presidencia del Ing. Veytia, desarrolla diversas actividades como dar conferencias, organizar excursiones e imprimir publicaciones. Agradézco a mis colegas de este grupo su invitación para intercambiar con ellos ideas acerca del manejo del agua en el Valle de México y doy las gracias también por haberme hecho partícipe de la instructiva excursión al campo geotérmico de Michoacán. Desgraciadamente, la A.G.M. todavía



tiene que compartir el espacio en sus publicaciones con la Asociación de Ingenieros de Minas, Metalurgistas y Geólogos de México. El editor de "Ingeniería Hidráulica en México", Ing. Neyment, tiene más suerte en este respecto, ya que dicha publicación que mantiene un alto nivel internacional, goza del apoyo de S.R.H. Lo mismo ocurre con los Boletines Hidrológicos publicados por la Comisión H.C.V.M. que, sin embargo, debido a la naturaleza muy especializada de los datos de observación que en ellos aparecen, abarca a un círculo profesional limitado.

El Instituto de Geología de la Universidad publica de vez en cuando monografías geohidrológicas, y el ICA hizo la descripción de sus actividades hidrológicas en una serie de trabajos y notas mimeografiadas.

Puesto que "Ingeniería Hidráulica" representa la publicación oficial de la S.R.H. parece que hay cabida suficiente en México para una revista hidrológica mas general que informe a los profesionales y no profesionales acerca de las obras hidráulicas públicas y privadas que se realizan en México y de las nuevas tendencias hidrológicas. Esta laguna la podría llenar tal vez la recientemente creada "Asociación Hidrológica Mexicana S.A.", a la cual, a solicitud de las autoridades de la Universidad, proporcioné consejos técnicos. El Ing. Armando Gutierrez, de la sección de agua potable de la S.R.H., consagrará con entusiasmo sus energías en la fundación de esta Asociación cuyo objeto es el de hacer mas consciente al país de los problemas del agua. Este grupo comprenderá especialistas y administradores de sistemas de riego y de abastecimientos municipales, de funcionarios públicos y representantes de la industria hidráulica mexicana. Aunque sus fines y sus actividades se basan en asociaciones semejantes que existen en Francia e Inglaterra, tiene esta organización características inherentes a la significación enorme del agua en el país, que cuenta con mas del 80% de su superficie de zonas áridas y semi-áridas.

La industria - Se ha demostrado que en todos los países altamente desarrollados la ciencia pura y aplicada de una sociedad avanzada no puede florecer excepto si existen relaciones intimas entre la industria y los institutos universitarios. La tendencia de esta cooperación ha pasado de los contratos eventuales para propósitos de investigación y de educación al financiamiento de proyectos específicos. En los países que yo conozco dichos financiamientos estan previstos en los estatutos universitarios que se relacionan con la industria y fueron instituidas por las universidades de suerte que garantizan una autonomia científica en proyectos industriales, y no hay razon para que la Universidad de México no obtuviera beneficios en equipo, del personal e investigaciones de dichas posibilidades.

Con el rápido desarrollo de la industria del agua en el terreno de la construcción, la perforación, los materiales de construcción, tubos, bombas, máquinas e instrumentos, algunas industrias con cierta visión seguramente llegarán a la conclusión de que el futuro desarrollo de sus productos y de sus servicios no pueden ser completamente mantenidos por los propios laboratorios de las compañías.



Sus aportaciones y el apoyo a proyectos de investigación específicos que se realicen en un Instituto de Hidrología Aplicada habrán de ser benéficos para la industria del agua y, al mismo tiempo, habrán de ayudar a extender el campo de actividades y la influencia de la máxima casa de estudios del país.

Tengo la convicción de que los industriales de amplio criterio del país estarían dispuestos a buscar la forma de iniciar tales relaciones.

Conclusión - De mis relaciones con el trabajo hidrológico, científico y práctico en México, he llegado a las siguientes conclusiones: es muy necesario crear un Instituto de Hidrología en la Universidad. El uso del agua y su administración habrán de jugar un papel de primerísima importancia en el desarrollo del país. Por no tener otra alternativa los actuales administradores de O.H. y casi todos los hidrólogos consultores, los ingenieros y los investigadores adquirieron sus conocimientos por medio de la experiencia o en forma autodidacta, ó los adquirieron como una especialidad secundaria de las carreras de ingeniería, de minas ó de física. Se requieren urgentemente cursos sistemáticos de hidrología para los post-graduados y para que dichos cursos sirvan como preparación para la instrucción especializada que puede agregarse a otras facultades. ¿Porqué, por ejemplo, la Escuela de Comercio no incluye en su programa un curso acerca de la administración de los sistemas de aguas? ¿Porqué la Escuela de Leyes no enseña las Leyes de aguas <sup>nacionales</sup> además de la internacional? También se necesita un instituto de investigación hidrológica que acompañe y apoye las obras hidráulicas públicas, para probar y mejorar los métodos de exploración, para recomendar normas industriales. Finalmente, podría ayudar al Gobierno Federal en la elaboración de la base científica para un plan maestro nacional de agua.

Espero que estas conclusiones no se consideren ni como fantasías piadosas, ni como nociones pre-concebidas. Constituyen solamente deducciones honradas de una situación y de un potencial que he observado. Es cierto que hace dos años las hubiera considerado ridículas. Sin embargo, con mucha sorpresa he ido descubriendo que no solo he encontrado personas de amplio criterio, consagradas al progreso de su pueblo - como es común encontrar en las naciones jóvenes - sino también he descubierto amplias islas de responsabilidad cívica y serios esfuerzos de grupo en cuestiones de agua, que prometen mucho para el futuro del país.

ACTIVIDADES DE LA SECCION HIDROLOGICA Y  
DISCUSION DE ALGUNOS PROBLEMAS DE HIDROLOGIA APLICADA

Documentación - Una vez expuestas algunas de las actividades de la sección de hidrología en el capítulo anterior, podemos ser más breves al hacer un resumen de nuestro trabajo. Para comodidad de ustedes se ha distribuido una lista de las publicaciones que contiene 33 títulos agrupados de la siguiente manera: publicaciones científicas, notas técnicas y científicas y los informes técnicos. Estos informes abarcan la mayor parte de las actividades del Instituto: aquéllas relacionadas con la teoría de la hidrología aplicada y con los problemas hidrológicos generales que se presentan en México; aquéllos relacionados con la exploración y la explotación del agua subterránea y con el análisis de datos experimentales y, finalmente aquellos que describen la planeación del agua y los abastecimientos de agua para la ciudad de México y para otras ciudades de provincia.

Los pocos temas que podemos tocar aquí se han seleccionado de tal suerte que empezaremos con un ejemplo conocido por muchos de ustedes: el problema del agua en la ciudad de México. Esto nos brindará una oportunidad para examinar algunos conceptos del ciclo hidrológico y para observar la manera como las ideas tradicionales están gradualmente cambiando con el impacto de las nuevas técnicas y de la expansión de la investigación. Finalmente analizaremos en forma tentativa la posición que la República ocupa respecto al agua a la luz del conocimiento hidrológico moderno y veremos como con el empleo de planes maestros se ayudará al desarrollo del país y a cambiar el aspecto de sus tierras.

Los problemas de la Ciudad de México - En la ciudad de México no hay agua suficiente, aunque algunas veces, como en septiembre y octubre del año pasado, había tanta agua en la capital de lluvia y de avenidas que algunos barrios se inundaron. Es difícil lograr el equilibrio entre el déficit y el exceso. El agua de inundaciones no es una buena fuente para abastecimientos domésticos; además, el almacenamiento de las cantidades relativamente limitadas del escurrimiento que se dirige hacia la ciudad resulta poco económico. De manera que los problemas de la escasez y el exceso de agua permanecen sin ser resueltos, y se han agravado seriamente por el hundimiento de la ciudad debido al bombeo excesivo de cientos de pozos que se encuentran dentro del área construida y a la consolidación resultante del subsuelo que ha perdido su alta presión .

Hace algunos años existían unos 3000 pozos privados y 250 pozos municipales de los que se bombeaba un total de  $9m^3$ /seg de agua subterránea; afortunadamente el número de pozos privados se ha ido reduciendo mientras tanto, aunque el volumen total de extracción casi no ha variado ya que los pozos clausurados eran chicos, antiguos y poco eficientes. De hecho con 30-60 pozos municipales bastaría para extraer la cantidad óptima permisible, unos  $2-3m^3$ /seg.



La ciudad tiene pues un deficit de  $9-2=7\text{m}^3/\text{seg}$  de agua de sobre-bombeo. Si a esto le agregamos los volúmenes necesarios debidos al subconsumo actual y a nuevas necesidades de la población (unos  $3-5\text{m}^3/\text{seg}$ ), y si comparamos este deficit de  $10-12\text{m}^3/\text{seg}$  con los  $20\text{m}^3/\text{seg}$  de que dispone actualmente el Depto. del D.F., podremos darnos cuenta de la magnitud del volúmen que se merma del potencial actual. Estos datos son bien conocidos de los encargados de la planificación del agua, quienes han heredado una mala situación que por añadidura se vió empeorada por el crecimiento sin precedentes de la ciudad. Los planificadores se han encontrado con la falta de comprensión por parte del público en lo que se refiere a fondos, nuevas tarifas para reducir el desperdicio de agua y el poder administrativo necesario para afrontar esta situación.

De manera que el hundimiento continua a razon de unos  $30\text{cm}/\text{año}$ . El centro de la ciudad anteriormente al mismo nivel ~~abajo~~ del Lago de Texcoco, se encuentra ahora a  $6-8\text{m}$  bajo de el y abajo tambien de grandes secciones del canal principal de desagüe quedando tambien cada vez más altos los lechos de los arroyos que traen las inundaciones. De suspenderse el sobrebombeo cesará el hundimiento; si el bombeo continua como hasta ahora el movimiento descendente continuará tal vez por unos 100 años al término de los cuales la ciudad de México se encontrará a más de  $20\text{m}$  de su altura original y por debajo del Lago de Texcoco.

Los investigadores científicos y los ingenieros mexicanos han explicado el hundimiento física y matemáticamente y han encontrado los medios de protección contra dicho hundimiento para los edificios que actualmente se construyen. Sin embargo, a medida que el hundimiento prosigue, resulta imposible evitar los daños en edificios antiguos, en los ductos (de agua, drenaje, teléfonos, etc.) en los pavimentos, etc., Se sabe muy poco acerca del monto de estos daños y es indispensable realizar un censo económico de este tipo. Cuando se conozcan los resultados el público va a recibir una sorpresa tremenda.

Pocos países pueden enorgullercerse como México de tener tan pocos enemigos; sin embargo, el mundo en que vivimos es inestable. Habiendo vivido más de 25 años en condiciones de guerras mundiales y civiles y sirviendo como técnico en las fuerzas armadas, no puedo menor que expresar mis temores sobre la vulnerabilidad de la capital desde el punto de vista militar, ocasionada por el hundimiento. Ningún país debería exponerse tan fácilmente a tal derrota potencial.

Tal vez se comprenda mejor la seriedad del hundimiento si lo comparamos con un fenómeno semejante que ocurre en Holanda. Allá las causas tienen su origen en las actuales condiciones cálidas después de la última época glacial, hace 20.000 años, lo que ha ocasionado la retirada de los hielos de Escandinavia. Como resultado de la fusión del hielo del N<sup>o</sup> rte el nivel del mar se ha elevado a razon

de unos 12 cm por siglo. Además, ya que la corteza continental descansa sobre una base plástica (Sima), las regiones liberadas de hielo en Escandinavia se han elevado para mantener el equilibrio. El material plástico subyacente (Sima) se ha acumulado en el sur de Noruega y Suecia creando una depresión hacia el sur y dando por resultado el hundimiento del norte de Holanda, a razón de 20 cm/siglo. La combinación de los dos fenómenos, levantamiento de nivel del mar y hundimiento de la corteza, resultan en un hundimiento aparente o real de 3mm por año - contra los 300 mm/a de la ciudad de México ! Aunque pareciera que los 3mm por año no fuesen peligrosos para Holanda, los hombres de ciencia holandeses han demostrado que se requieren continuamente grandes obras públicas para la elevación de los diques, para bombeo, etc., para contrarrestar el hundimiento. En Holanda trabajan muchos investigadores e ingenieros dedicados a observar y estudiar el fenómeno y se destinan fondos considerables para evitar los efectos de dicho hundimiento. El hundimiento de Holanda no se puede impedir; en cambio en la ciudad de México sí se puede suprimir; y el medicamento para remediar el mal es aún más sencillo: suprimir el sobre-bombeo.

Pero de dónde traer las cantidades de agua que hacen falta? Mi amigo, el Ing. Noriega, un poco más pesimista, aunque no sin razón, basa su pronóstico suponiendo que las partidas de gastos disponibles en años venideros para las obras hidráulicas serán un poco más elevados que hasta ahora y concluye que 18 años pueden ser suficientes para que desaparezca el déficit. De ocurrir así la ciudad se hundiría aproximadamente otros 5 m; el peligro de inundaciones y otros peligros se cernirían sobre la ciudad por todavía más de media generación. Deseamos correr estos riesgos? En mi opinión el sobre-bombeo puede y debe terminar en un período de cinco años. Esto implicaría erogaciones anuales por un período limitado 2 a 3 veces mayores que las actuales, esto es, según el Depto. de O.H., la suma total ascendería a unos 3000 millones de pesos. Un porcentaje insignificante de este presupuesto dedicado a la planeación, exploración e investigación sería la mejor inversión del capital. Un Instituto de Hidrología en la Universidad podría ser de utilidad para estos fines y también para preparar un grupo de nuevos especialistas.

Retardamiento del hundimiento - Se podría hacer algo mientras tanto para hacer más lento el hundimiento? Se han analizado varios procedimientos entre otros la realimentación artificial por medio de pozos de absorción. La Comisión del Valle de México ha usado varios pozos en Mixcoac para inyectar agua decantada de las avenidas. La capacidad de absorción resultó ser excelente aunque el método tiene inconvenientes. En primer lugar el agua para inyectar no se encuentra disponible en grandes cantidades y no se puede transportar económicamente a los sitios adecuados, y en segundo lugar, para que la realimentación sea efectiva se requerirán varios años.



En tercer lugar es posible que el agua de realimentación que se introduzca en los mismos acuíferos en explotación lleguen a contaminar la fuente principal de abastecimiento. Si se retiran los pozos de absorción y en cambio debido al lento movimiento del agua subterránea los efectos de la realimentación artificial en el subsuelo bajo la capital serían todavía más retardados.

El factor tiempo en el movimiento del agua subterránea, del cual los hidrólogos han aprendido mucho en los últimos años con el estudio de las sustancias radioactivas naturales o inducidas puede usarse para demorar el hundimiento. Hasta ahora, más del 95% del volumen de agua bombeado de abajo de la ciudad circula en formaciones que llegan hasta 350m de profundidad. Los acuíferos explotados no forman un depósito homogéneo y continuo sino que se encuentran separados por capas casi impermeables. Esta independencia hidráulica parcial de las formaciones productivas hasta los 300m de profundidad se ha demostrado por medio de muchas observaciones exactas de sus diversas presiones hidrostáticas. Ya que los levantamientos geológicos y gravimétricos indican una continuación de esta disposición de "emparedado" de los estratos acuíferos e impermeables hasta una profundidad de 1000m, se puede pensar en el siguiente procedimiento: tórnense de 10 a 20 pozos de la ciudad, profundizándoles hasta llegar a los 800m; clausúrense los primeros 600m y explótese el acuífero por debajo de los 600m. Puesto que la extracción de agua profunda afecta a la presión de las capas superficiales sólo después de muchos años, se podría disponer así del tiempo suficiente para que mientras tanto se realizaran las obras de introducción de agua de nuevas fuentes y así disminuir la rapidez del hundimiento.

Otra solución parcial para proteger estructuras públicas individuales, o aún manzanas de edificios valiosos, sería la creación de "islas" hidráulicamente uniformes. Si se disponen geométricamente espaciados pozos de absorción de acuerdo con las propiedades hidrológicas del acuífero superior se podrán producir y mantener niveles piezométricos iguales en el área gobernada por los pozos haciendo que se detenga el hundimiento en dichas áreas. Este procedimiento se podría aplicar a la importante Estación de Bombas de Xotepingo.

Las nuevas fuentes - Prosiguiendo ahora con las soluciones más definitivas de reemplazar el agua de los pozos sobrebombados por nuevas fuentes y las demandas cada vez mayores, hemos recomendado al Depto. de O.H. la explotación diligente y exhaustiva de las fuentes cercanas antes de introducir agua de sitios más lejanos. No tan sólo es esta la solución más barata sino que es también una regla importante en asuntos de agua en relación con el desarrollo regional general. No examinaremos aquí este punto con más detalle pues nos llevaría más allá del propósito de esta conferencia. Basta

decir que todo el Valle de México considerado como una unidad geoeconómica, incluyendo tal vez el Valle de Toluca, debe considerársele asociado en sus programas de agua con el correspondiente a la Capital. Sólo de esta manera la capital podrá contar con las franjas de zonas verdes, con un abastecimiento suficiente de verduras frescas, flores y frutas, conservando los suelos del valle y reduciendo la incidencia de las tolvaneras.

Para calcular el abastecimiento potencial del Valle y sus alrededores, se llevó al cabo un análisis diferencial del piso del Valle con sus diversos suelos, de los bloques montañosos circundantes, tomando en consideración unidades homogéneas en cuanto a sus características climáticas, topográficas, petrográficas e hidrológicas. Se tomaron en cuenta también las regiones localizadas sobre los parteaguas hacia el W y S. Se analizaron entonces la precipitación, evaporación, escurrimiento e infiltración en cada unidad para así determinar la realimentación de agua subterránea y los abastecimientos potenciales. El mapa geohidrológico detallado que preparó el Ing. Mooser fué aquí de mucha utilidad. De estos trabajos se derivaron varias conclusiones. En primer lugar, el estudio regional comparado reveló que las mejores áreas de abastecimiento en el S y SE son todavía las menos explotadas. El actual déficit en el abastecimiento de la ciudad se puede subsanar con la ampliación de las fuentes de Xochimilco-Chalco, y Amecameca. En segundo lugar, se encontró que sabemos muy poco acerca del mecanismo de la evaporación y de los valores que esta adquiere según se varíe la posición del nivel del agua sobre o bajo el suelo. Lo cual nos indujo a elaborar un plan para el establecimiento de una estación hidrológica experimental en el Valle de México, que sería de utilidad no sólo a los planificadores locales sino al estudio de la evaporación en los países semiáridos. Es inapropiada la aplicación en México de las fórmulas tradicionales desarrolladas para las latitudes templadas; esta conclusión nos lleva a poner énfasis sobre el valor de la investigación original. Se sabe que un 80% de los pozos del Valle de México no se encuentran ubicados estratégicamente (hidrológicamente hablando). Además, el fondo del Valle no es lugar ideal para obtener rendimientos óptimos ya que se pierde ahí mucha agua por evaporación. Finalmente se puede evitar en gran parte la pérdida por evaporación ubicando estratégicamente los nuevos campos de pozos cerca del borde de las montañas. El Depto. de O.H. ha comenzado a poner a prueba esta teoría perforando algunos pozos en la trastierra de Xochimilco. Los tres primeros pozos que se han terminado han batido todos los récords y muestran una gama de valores de rendimiento específico como la de los mejores del mundo.- Como una tercera parte de la explotación, hicimos una revisión del concepto "parteaguas" en nuestro artículo "Parteaguas desarmoniosos". Aplicando los conceptos ahí vertidos a la situación en la altiplanicie mexicana, encontramos que lo que corrientemente se denomina una unidad hidrológica o hidrográfica no se comporta siempre como tal en condiciones vírgenes. Aún más,



vimos que con los métodos modernos de exploración y perforación profunda, con la manipulación de las reservas de agua subterránea y de los campos de pozos, con la realimentación controlada y dirigida, podríamos cambiar la posición de los parteaguas. En la región de Amecameca, por ejemplo, hay posibilidades de extraer de la llamada área "transparteaguas" un volumen de  $4-6m^3/seg.$

Modificación del ciclo hidrológico - La discusión de las técnicas de manipulación nos conduce al tema general de la modificación del ciclo hidrológico. Antiguamente se consideraba - y todavía muchos libros de texto reflejan esta actitud - al ciclo hidrológico como un fenómeno natural al cual el hombre debería adaptarse para sobrevivir. Los hidrólogos y los ingenieros hidráulicos procuraban no perturbar el equilibrio natural y mantener dicho equilibrio entre las diversas fases. Actualmente, al impulso del crecimiento de la población, la presión para alcanzar mejores niveles de vida y ayudados por mejores medios técnicos y científicos, nos hemos visto orillados a intentar cautelosamente, y en algunos casos audazmente, la modificación del ciclo y adaptarlo a las necesidades humanas. Ya ustedes habrán oído hablar de la lluvia artificial y de los nuevos enfoques de la física atmosférica que permitirán mejores pronósticos y los primeros experimentos prácticos intentados por el hombre para la modificación del clima fuera de los edificios. También es probable que ustedes sepan de los esfuerzos que actualmente se llevan a cabo para convertir el agua salobre en agua dulce y a un costo reducido. Estos son adelantos de importancia en el conocimiento de nuestra atmósfera y también de los abastecimientos de agua para satisfacer necesidades urbanas o industriales en las costas áridas y en los desiertos. Más decisivas para las condiciones de vida en muchos países, incluyendo a México, aunque no tan divulgadas, habrán de ser las modificaciones a las fases superficial y subsuperficial del ciclo hidrológico y su administración mancomunada. Un nuevo equilibrio más humano, se creará entre el hombre y la naturaleza, haciéndonos menos susceptibles a depender de los caprichos del tiempo, de las inundaciones, de enfermedades asociadas al clima y de la escasez del agua. Gracias a la exploración profunda y a los nuevos métodos de perforación de pozos de agua y de petróleo, se sabe que los depósitos de agua subterránea son mucho muy superiores en extensión a los depósitos superficiales. Las reservas de agua subterránea acumulada en el pasado geológico reciente sobrepasan a las cantidades superficiales de agua dulce. Explotando parte de estas reservas podremos convertir las minas de agua subterránea en depósitos de operación. Esto se puede lograr desviando el escurrimiento hacia el subsuelo, impidiendo de este modo que parte del agua de los ríos se pierda en el mar y que se presenten las inundaciones, reduciendo también las pérdidas por evaporación. Estas técnicas cambian las relaciones numéricas entre las fases hidrológicas, reducen al mínimo los desperdicios de agua y sus efectos destructivos, aumentando considerablemente los beneficios de la administración racional del agua.

Tanto la mejor información con que contamos sobre las interacciones entre las fases superficial y subsuperficial del ciclo hidrológico, como las modificaciones que hemos podido introducir y las mayores profundidades que ahora consideramos como prácticas para el uso del agua, han profundizado nuestro conocimiento "superficial". Han hecho que surja la hidrología como disciplina autónoma. En Escandinavia y Europa oriental, por ejemplo, los servicios meteorológicos abarcan casi siempre a la hidrología como un apéndice de la meteorología; y esto se deriva del hecho de que en las latitudes templadas y frías, las aguas superficiales han sido por mucho tiempo más que suficientes para satisfacer las necesidades del hombre, y que al parecer, desde el punto de vista científico, el ciclo hidrológico consistía principalmente de una interacción entre las fases aérea y superficial. La expansión de las actividades del hombre hacia regiones semi áridas, donde el agua escasea y donde la evaporación es el principal enemigo de la precipitación, de las aguas superficiales y de las que se encuentran a poca profundidad, ha estimulado el desarrollo de los horizontes profundos de agua subterránea. Al mismo tiempo ha fomentado la investigación de la evaporación y modo de evitarla, el uso del agua salobre una vez reducida su salinidad por medio de métodos de ingeniería hidrológica y la utilización de la energía solar para bombear agua subterránea. Los hidrólogos que trabajan en las zonas áridas se encuentran a la vanguardia de la hidrología como ciencia, al reformular y mejorar nuestro conocimiento del ciclo hidrológico. Las regiones semidesérticas son también los lugares de avanzada en donde ha tenido lugar por primera vez la transportación de agua a grandes distancias por medio de modernos y complejos sistemas, lo cual ha hecho que abramos los ojos no sólo para trabajar a mayores profundidades, sino para abarcar áreas mucho más extensas.

Transporte a grandes distancias.- Ya que este aspecto de la hidrología aplicada habrá de ser muy significativo para el futuro desarrollo de México, lo examinaremos con algún detenimiento. El transporte a gran distancia no es cosa nueva. En las antiguas culturas desarrolladas en el Asia Medio Occidental y en Norteafrica se construyeron canales de decenas y centenares de kilómetros, que fueron las fuentes de vida para dichas culturas. Los largos acueductos fueron el orgullo de Roma y de las potencias coloniales antiguas en su marcha hacia la fundación de ciudades. Pero estos sistemas dependían del flujo por gravedad y estaban limitadas por los sencillos y primitivos dispositivos mecánicos e hidráulicos de la época. Las ruedas hidráulicas de cubetas, <sup>con 20 m. de diámetro</sup> que he visto en el río Orontes en Siria representan probablemente una culminación en la historia de la ingeniería antigua, pero dichas ruedas solo pueden elevar unos cuantos ~~centímetros~~ <sup>centímetros</sup> cúbicos por hora. La revolución moderna que ha tenido lugar en el transporte de agua descansa en varios descubrimientos técnicos; tales como el desarrollo de la energía eléctrica, las poderosas bombas que elevan el agua a alturas considerables,



la maquinaria para la construcción y excavación, la producción de cemento, las tuberías de fierro y concreto, la explotación avanzada del agua y las técnicas de administración; tanto en el sur de California como en el sur de Asia Soviética, Israel e India, el agua se importa de regiones que la tienen en exceso, atravesando barreras montañosas y, a veces bombeandola a altiplanos y valles que, una generación atrás, parecían destinados a sufrir una aridez perenne. En el centro de Israel se está terminando la instalación de dos tuberías de 1.5m de diámetro y 100km de longitud cada una; dichas tuberías transportan agua para irrigación de las áridas tierras bíblicas: el Negueb, haciendo que fructifiquen los campos hasta 300m por encima de las fuentes de abastecimiento. Actualmente se construye allá un nuevo canal y tubería de 300km de largo (la tubería de 3m de diámetro). El estado de California ha iniciado la realización del proyecto del río Feather que habrá de traer agua del norte del estado hasta el rincón más austral, cerca de San Diego, cruzando varios parteaguas a lo largo de una distancia de 800 km.

Planeación del agua - Estos aspectos de la transportación del agua a gran distancia nos ofrecen la oportunidad de que examinemos el último y tal vez el más interesante aspecto de la hidrología aplicada contemporánea: la planeación del agua por medio de planes maestros. Son pocos los países que como México están predestinados por la naturaleza a necesitar de la aplicación de planes de utilización del agua en gran escala. Aunque los 4/5 partes del territorio mexicano no reciben suficientes lluvia para asegurar las cosechas y para la industrialización, el area total de la república recibe afortunadamente la precipitación suficiente y cuenta con las fuentes de agua necesarias para satisfacer todas las necesidades futuras. Casi toda la tierra irrigable se puede irrigar para abastecer al país con los alimentos para su población, con materia prima para la industria y con productos de exportación que equilibren sus importaciones. Hay otros países en las mismas latitudes que México que son menos afortunados. Egipto por ejemplo. Aún cuando se construyeran varias presas como la de Asuan serían todavía como un oasis en la enorme extensión del desierto. El Irán seguirá siendo un país árido con parches de verde aún cuando se haya alcanzado la explotación óptima de sus reservas potenciales de agua. En Israel, mi país, no se puede esperar que alcancemos a irrigar toda el área irrigable.

La aridez de grandes regiones del centro y el norte de México puede dejar de ser una maldición si se combina armoniosamente la riqueza de la abundante insolación con las fuentes locales de agua, complementadas con la importación de este líquido de las regiones que tienen exceso de él. Son tan grandes los excedentes de agua en el SE de México que se requiere realizar obras de mejoramiento que eliminen el exceso de agua para librar dicha región del peligro de inundaciones periódicas y de las zonas pantanosas. De querer aplicar el principio de desfogar las aguas superabundantes de esta región hacia el mar, privaríamos al N del país de su único medio de

salvación. La comunicación y transportación de agua a lo largo de la costa del Golfo de México, dirigida de S a N representa por lo tanto una de las características básicas de una planificación nacional. Las distancias implicadas serían aproximadamente de 300 - 400 km entre el Pánuco y el Bravo, entre el Papaloapan y el Pánuco y entre el Grijalva-Usumacinta y el Papaloapan. Las 4 corrientes pueden considerarse como los elementos principales de equilibrio en la explotación de las aguas excedentes. Otra característica básica de la planeación nacional del agua sería la de retener la mayor cantidad posible en los altiplanos para ser usada ahí. Ya que las cuencas intramontanas seguirán siendo las más saludables y pobladas del país, la política a seguir habrá de ser el cuidado y preservar cada gota que caiga en dicha región. Este principio tiene consecuencias de alcance y exige que se altere la política de integración de la energía hidroeléctrica, la industria y la agricultura.

Como tercer objetivo de un plan maestro para México se debería seguir la política de coordinar la explotación de las aguas superficiales y subterráneas y de los depósitos superficiales y subterráneos. Puesto que el agua es escasa y es alta la evaporación en las zonas semi-áridas de México debemos conservar los recursos limitados, y basarnos en mayor grado que en las regiones frías y templadas, en una administración inteligente del agua subterránea.

El agua subterránea deberá tratarse no sólo como un mineral de la corteza terrestre que puede extraerse, independientemente de su reposición y enriquecimiento por medios artificiales. Del mismo modo deberán explotarse y administrarse los ríos y lagos no solo desde el punto de vista de la precipitación sino como ocurrencia de agua que depende también del agua subterránea. Ya que las relaciones numéricas entre las fases superficial y subterránea del ciclo hidrológico son susceptibles de modificación en el espacio, en tiempo y en cantidad, habrán de alterarse siempre que la civilización derive algún beneficio de dicho cambio.

Finalmente, la planeación por medio de planes maestros requiere una serie de consideraciones económicas, sociales y administrativas que van más allá del campo de la hidrología que, sin embargo, están indisclublemente ligados a hechos técnicos y científicos relacionados con el agua. A menos que se fije el precio del agua en relación con su producción, las obras hidráulicas para fines urbanos y agrícolas no podrán mantenerse y ampliarse adecuadamente. Tam poco será posible controlar el comportamiento económico del uso del agua y las prioridades para el gasto de los presupuestos públicos. En aquellas regiones donde los costos del desarrollo del agua son elevados los precios habrán de ser más altos que en las regiones ricas en agua. De otro modo no existirá el aliciente necesario para abastecer agua en forma cautelosa y promover la diversificación de



los cultivos de acuerdo con las diversas condiciones naturales existentes en las distintas regiones del país. El agua está considerada tanto en los países de economía liberal como en los que tienen su economía controlada, como una mercadería como lo es la energía eléctrica y no como un derivado de servicios sociales. Se considera como un servicio social solamente en las obras públicas tales como el control de inundaciones o lugares de recreo.

Otras consideraciones de carácter socio-económico en la planeación del agua son las que se refieren a la necesidad de instalar los medidores de agua en todo el país para evitar los despilfarros del precioso líquido en la irrigación y en el uso doméstico; reducir la contaminación del agua, para aumentar las posibilidades de recreación en ríos y lagos y finalmente crear un instrumento federal en el campo del agua, algo parecido a la Comisión Federal de Electricidad, para poder coordinar la administración del agua en todos sus diversos aspectos.

Nota final.- Deseo terminar aquí con una nota de advertencia y de esperanza. Podrá parecer que el examen de la planeación del agua tal vez invoque ideas de proyectos demasiado grandiosos que no están al alcance de un pueblo que todavía lucha contra el analfabetismo; tal vez se pueda creer que se trata de las fantasías futuristas de un técnico que no tiene el cuidado de mantener los pies sobre la tierra. Sin embargo, muy lejos estoy de tratar de alentar a mis oyentes a la realización de metas irrealizables.

La planeación del agua en escala nacional es el único remedio para la amarga experiencia que sufren los países industrializados por haber dejado pasar la oportunidad al destruir fuentes de agua que una vez fueron puras, al desperdiciar los recursos acuíferos preciosos y el capital nacional.

México se encuentra todavía al comienzo de su desarrollo como nación moderna y puede por lo tanto aprender de los errores de otros. La experiencia adquirida aquí en dos años me ha convencido de que el país se encuentra preparado para aplicar este conocimiento para beneficio de todos sus habitantes. Solo me resta expresar mis deseos y esperanza por que el trabajo que en el campo de la hidrología aplicada se lleva a cabo en la Universidad para preparar técnicos y hombres de ciencia, y para fomentar la investigación y su aplicación, encuentre el apoyo público que merece.

La ayuda de la Unesco, que hizo posible mi colaboración en México, quedará ampliamente retribuida, siempre que algún día llegue a ser innecesaria como resultado de la cooperación e iniciativa locales, que yo he observado en una forma tan evidente.