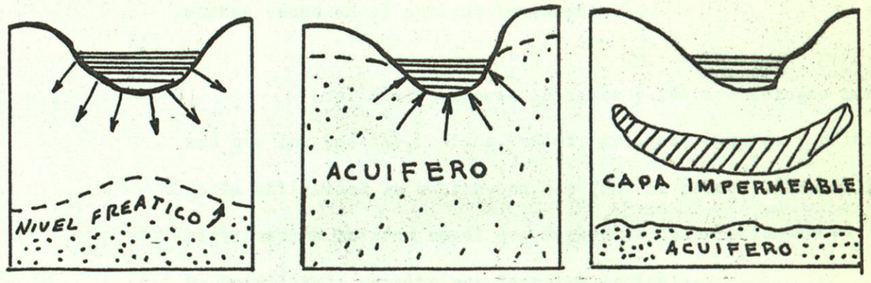

CORRIENTE INFLUENTE — CORRIENTE EFLUENTE — CORRIENTE AISLADA

FIG 12

II.- MOVIMIENTO DEL AGUA SUBTERRANEA.

II-1 Orígenes e Historia.

Aunque el propósito de este trabajo es más bien de naturaleza práctica, es conveniente tener una idea general que cubra los orígenes de estos estudios, hasta las más modernas prácticas que se llevan actualmente a cabo, y es por eso que hablaremos en forma general de lo que pudiera llamarse la historia de los estudios del agua subterránea y luego, con más detenimiento nos internaremos en cada punto con el interés que cada uno requiera.

Experimentar, investigar, localizar algo, es en definitiva,

estudiar ese algo y es por eso que podríamos decir que los estudios de las aguas subterráneas se remontan a épocas muy lejanas. La llamada vara de virtudes o vara adivinadora, utilizada para diversos fines, entre ellos el de localizar agua, es mencionada muchas veces en el antiguo testamento.

Los historiadores antiguos y los arqueólogos informan que los escitas, persas, medos, griegos, romanos y chinos de la antiguedad la usaron con ese fin. El primer libro de la civilización moderna en el que figura su descripción fue en "De Re Metállica", escrito por Georgius Agrícola.

Fuera del campo de la magia y las propiedades especiales de los adivinadores y sus varas, y entrando en el campo de la especulación científica es interesante notar que las civilizaciones orientales dejaron muy poca literatura concerniente a esta materia, y a pesar de que los griegos le dieron considerable atención al origen de las aguas subterránea, su contribución fue sorprendentemente estéril en relación a sus trabajos en filosofía y matemáticas.

Nombres de famosos hombres como Miletos, Aristóteles, Marcos Vitruvius y Séneca, están relacionados con especulaciones acerca de los orígenes de las aguas subterráneas.

Bernard Palissy fue tal vez el primero que tuvo una idea moderna del ciclo hidrológico, sin embargo posterior a él, uno de los más influyentes científicos de su tiempo, Kepler,

afirmaba que la tierra era como un enorme animal que digería agua del mar y que el agua dulce de los manantiales era el producto de su metabolismo.

Los estudios más científicos llevados a cabo en cuanto a la cantidad de lluvia caída, la evaporación y la elevación del agua por capilaridad fueron hechos por los científicos franceces. Pierre Perrault y Edmé Mariotte quienes llegaron a la conclusión de que los manantiales eran alimentados por la lluvia que se infiltraba en la tierra.

Más tarde el eminente astrónomo inglés Edmund Halley publicó estudios acerca de la evaporación realizada en el Mediterráneo y concluyó que esa evaporación era suficiente para producir el flujo de los ríos hacia el mar, añadiendo así apoyo a la teoría de los dos científicos franceses mencionados.

Los primeros estudios científicos del movimiento ya específicamente del agua subterránea que se conocen fueron hechos por Henry Darcy en 1856 y sus experiencias fueron publicadas en su libro "Les Fontaines Publiques de la Ville de Dijón" sin embargo, estudios del movimiento del agua en tubería y a través de tubos capilares fueron hechos con anterioridad por G. Hagen en 1839 y casi simultáneamente por J.L.M. Poiseuille en 1841, siendo Darcy quien afirmó con sus experiencias en filtros de arena los estudios anteriores, y las conclusiones a que habían llegado de que el flujo es proporcional al gradiente hidráulico. Darcy anunció entonces su ley, de un modo más completo y adaptada a sus experimentos,

diciendo que: "La descarga a través de un medio poroso es proporcional al producto del gradiente hidráulico, el área de la sección transversal normal al flujo y el coeficiente de permeabilidad del material atravesado". De esta ley, y de explicar cada uno de los términos en ellos mencionados nos ocuparemos un poquito más adelante.

En 1863 Dupuit aplicó la ley de Darcy a la hidráulica de los pozos, y para el desarrollo de su ecuación utilizó un pozo que se encontraba situado en el centro de una isla circular, condición que se vé es altamente idealizada y de limitada aplicación.

La fórmula de Dupuit fue modificada por Thiem en 1906 y llevada a una fórmula que la hace aplicable a problemas más generales.

Para su desarrollo utilizó por primera vez dos o más pozosde observación para determinar el coeficiente de permeabilidad. Los pozos de observación son perforaciones de las cuales no se extrae agua alguna y sólo sirven para medir las variaciones del nivel producidas por las extracciones del pozo bombeado.

Algunas fórmulas análogas fueron dadas a conocer a su vez por Slichter (1899) Turneaure y Russell, (1901) Muskat y Botset (1932) e Israelsen (1950); pero, como fue demostrado por Wenzel en 1942, todas ellas fueron simplemente modificaciones del método de Thiem y por su parte Jacob en 1944 demostró que las fórmulas de Wenzel eran también especializadas de la de Thiem.

Todos estos métodos mencionados pueden ser clasificados en conjunto como método de equilibrio porque se aplican con-

siderando un estado estacionario de equilibrio entre el caudal que concurre o fluye hacia el pozo y el caudal que sale del pozo, o que se bombea.

En 1935 C.V. Theis logró uno de los progresos más notables en el conocimiento de la hidráulica subterránea, basándose en la analogía entre el flujo del agua subterránea y el flujo calórico por conducción en un sólido, o el flujo de electricidad a través de un conductor sólido. Esta teoría de Theis introduce el factor tiempo y el coeficiente de almacenamiento (del cual también hablaremos después) y esto hizo posible el cálculo de futuros niveles de bombeo cuando el flujo del agua del subsuelo, debido a ese mismo bombeo, no se acerca a una condición de equilibrio y por eso este método se llama de Noequilibrio o de Variación.

El método de Theis presenta muchas dificultades para determinar los coeficientes de transmisibilidad y almacenamiento (las llamadas constantes de formación de un acuífero) debido a las complejidades matemáticas que entraña y en 1937-1938 Theis sugirió un método a Jacob y Wenzel para lograr una solución más práctica del problema, quienes lo describieron en 1940 y 1942.

En 1944 Wenzel y Greenlee presentaron una generalización de la solución gráfica de Theis, mediante la cual los coeficientes se pueden calcular haciendo pruebas de uno o varios pozos de bombeo operados a varias descargas.

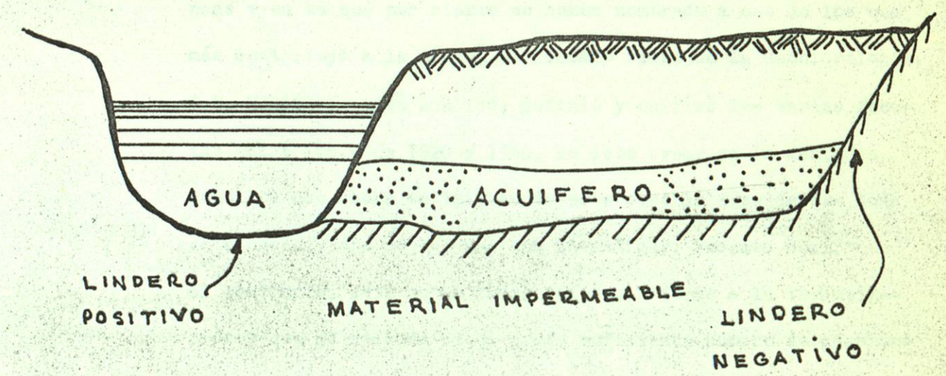

FIG - 13

Siguiendo con la reseña histórica de los estudios del agua subterránea diremos que en 1937 Muskat extendió la aplicación del método de equilibrio a problemas que presentan linderos hidrológicos con su llamado método de imágenes y en 1941 Theis ilustró la aplicación de su fórmula de no-equilibrio a un problema especial de linderos en el cual se consideró el efecto que ejercía un pozo sobre el flujo de una corriente cercana. Por último, en 1948 Ferris aplicó el método de imágenes al uso de la teoría de no-equilibrio en el tratamiento de problemas con linderos sencillos.

Esta sucinta historia que cubre unos cuantos de los nombres que se han distinguido en el estudio de las aguas subterráneas y en la que por cierto no hemos nombrado a uno de los que más contribuyó a la misma, el llamado Padre de la Geohidrología, O.E. Meinzer, quien analizó, definió y unificó las varias facetas entre los años 1920 y 1940, no debe crear en la mente de aquellos que ahora se inician en este caso la idea de que todo está hecho y que no hay más que investigar. Podemos decir que al contrario, este es un campo virgen, abierto a la investigación y que no existen en el mundo suficiente número de geohidrólogos para poder llevar a cabo la batalla que tristemente la humanidad está perdiendo, la bella batalla de preservar limpios y puros aquellos depósitos subterráneos que todavía lo están y de purificar los que la civilización moderna ha contaminado así como la de su explotación científica y eficiente.

Dada la circunstancia de que, tristemente, se encuentra muy difundida la creencia de que ciertas personas tienen poderes especiales para, por medio variados, localizar corrientes de agua subterránea y puntos exactos donde perforar para obtener un buen pozo, debemos decir algo al respecto.

Generalmente aquellas personas que se dedican a estos menesteres se valen en la actualidad de ramas bifurcadas de ciertos árboles y en cada país tienen su madera preferida, por ejemplo: en España el duraznero, en Cuba la guayaba, en México el sauce y la gobernadora y en E.U. el duraznero y el sauce. La forma normal de sujetarlo y otra menos usual se muestra