



### **Planteamiento del problema:**

¿De qué manera podremos purificar y almacenar el agua de lluvia para que pueda ser utilizada por la población del Distrito Federal?

### **Antecedentes:**

Según una de las estimaciones más aceptadas, poco más del 97% del volumen de agua existente en nuestro planeta es agua salada y está contenida en océanos y mares; mientras que apenas algo menos del 3% es agua dulce o de baja salinidad. Del volumen total de agua dulce, estimado en unos 38 millones de kilómetros cúbicos, poco más del 75% está concentrado en casquetes polares, nieves eternas y glaciares; el 21% está almacenado en el subsuelo, y el 4% restante corresponde a los cuerpos y cursos de agua superficial (lagos y ríos).

En México, más de 10 millones de personas no tienen red pública para recibir el servicio de agua entubada; la cobertura en zonas rurales registra 68%, en contraste con 94.3% de las zonas urbanas.

De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), existen alrededor de 653 mantos acuíferos, de los cuales 104 están sobre-explotados.

La disponibilidad natural del agua por habitante en México en 2005 fue de cuatro mil 573 metros cúbicos anuales. En el Valle de México se registró la menor cantidad per cápita (192 metros cúbicos), mientras que en la región Frontera Sur la mayor concentración (poco más de 25 mil metros cúbicos).

En la mayor parte del país el escurrimiento superficial es abundante en los meses de julio, agosto y septiembre; pero sí no se almacena, el agua se va a las alcantarillas y no puede ser aprovechada en los meses de marzo, abril y mayo, por lo que el balance hidráulico anual no permite evitar la sobreexplotación de los cuerpos de agua en época de estiaje (cuando no hay lluvias).

La creciente necesidad de lograr el equilibrio hidrológico que asegure el abasto suficiente de agua a la población se logrará armonizando la disponibilidad natural con las extracciones del recurso mediante el uso eficiente del agua.

México obtiene el agua que consume la población de fuentes tales como ríos, arroyos y acuíferos del subsuelo. Estos acuíferos se recargan de forma natural en época de lluvias, sin embargo, la época de lluvias tiene una duración promedio de cuatro meses lo que propicia una escasa captación. Aunado a esto, del total de agua captada por lluvias, aproximadamente el 70% se evapora.

La desproporción que existe entre la cantidad de agua que se capta por escurrimiento y las extensiones territoriales que comprenden aunado a la corta temporada de lluvias hace que la disponibilidad del agua sea cada vez menor.

Bajo este panorama México enfrenta actualmente graves problemas de disponibilidad, desperdicio y contaminación del agua. La proporción del líquido que recibe tratamiento ha pasado de 20 a 35% en los últimos años.

El 60% de la población mundial carecerá del líquido para 2025 y vivirá en regiones con escasez de agua, si se mantiene su actual ritmo de consumo, que duplica al de crecimiento demográfico, según datos difundidos por la ONU en Ginebra.

En México, existe una disponibilidad natural promedio de 465 mil 137 hectómetros cúbicos (hm<sup>3</sup>) de agua al año, que lo ubica en el ámbito mundial como uno de los países con disponibilidad baja, informó el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI)

En todo el mundo 1.1 mil millones de personas no tienen acceso seguro al agua potable, y 2.4 mil millones no cuentan con saneamiento.

Según la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) en 2030 en los países miembros, entre ellos México, los problemas relacionados con el agua que no están bien

gestionados y requieren de una atención urgente son: escasez de agua, calidad de las aguas subterráneas y el uso y contaminación de aguas por la actividad agrícola.

De no contar con políticas adecuadas para el cuidado del agua, en 2030 alrededor de 3.9 mil millones de personas en el mundo vivirán en zonas con insuficiente agua, según el INEGI.

**Objetivo general:**

Aprovechar el agua pluvial por medio de la instauración de contenedores en casas y escuelas los cuales tendrán un sistema de purificación a base de filtros y diversas sales, aplicando los procesos de filtración, floculación y desinfección, con la finalidad de tener la seguridad de la potabilidad del agua.

**Hipótesis:**

A través de procesos químicos como la floculación, filtración y desinfección aplicada a las aguas pluviales, canalizadas de las azoteas de las casas y escuelas, obtendremos agua purificada para usarse en las necesidades humanas y para remediar uno de los problemas que afectan al Distrito Federal.

**Método:**

Se propone un modelo para la captación, tratamiento y almacenamiento del agua pluvial, en el cual se llevará a cabo el siguiente proceso:

En primera instancia, la recolección del agua de lluvia comenzará en el techo. Éste tendrá un declive de 5 grados, lo cual permitirá que el agua pase a los canales de lámina galvanizada que se encontrarán en su perímetro. Estos canales a su vez estarán conectados a una tubería en común, cuya entrada será protegida por una malla para evitar el paso de partículas grandes. El agua será canalizada hasta un primer contenedor (1.36 metros de alto por 1.10 metros de ancho y con un volumen de 1000 litros. Los materiales de construcción de este contenedor son resinas de polietileno. El peso del contenedor será de 22 kilogramos) en donde se llevará a cabo el proceso de coagulación-floculación y aireación. Este proceso comenzará una vez que la bomba indique que se ha alcanzado el nivel de agua deseado. Cuando esto suceda, el alimentador de sustancias químicas suministrará automáticamente sulfato de aluminio en las cantidades necesarias, las cuales son 1.3 gramos por litro de agua, para atrapar las partículas suspendidas en el agua. A su vez, el agitador comenzará a funcionar, llevando a cabo la agitación por espacio de 15 a 20 minutos, primero con un agitado rápido y luego con uno lento. Una vez terminada dicha agitación comenzarán a sedimentar las partículas suspendidas, lo cual tomará otros 20 minutos aproximadamente. Cuando hayan sedimentado las partículas, se abrirá la válvula de paso con mando electrónico por tiempo, permitiendo el paso del agua hacia el contenedor de cloración. Esta válvula se encontrará a unos 20 centímetros arriba del fondo del contenedor para evitar que los lodos formados pasen al contenedor de cloración (mismas dimensiones, capacidad y peso que el contenedor anterior).

Una vez dentro el agua que se está tratando, otro alimentador automático suministrará hipoclorito de sodio en las cantidades adecuadas que son 1 miligramo por litro de agua para matar todo tipo de microorganismos que se encuentren en ella. A su vez se activará el agitador para llevar a cabo la agitación por espacio de 20 minutos.

Terminada la cloración, el agua pasará al filtro, el cual estará conformado por camas de arena, grava, carbón activo y arena, en ese orden, las cuales retendrán partículas orgánicas e inorgánicas, olor, color sabores indeseables y lluvia ácida que pueda contener nuestra agua.

Concluida la filtración, el agua caerá por gravedad a la cisterna (3.80 metros de alto por 2.40 metros de ancho y con un volumen de 15 mil litros. Tendrá un peso de 400 kilogramos) que se encontrará por debajo del nivel del suelo (el tipo de cimentación será determinada por el tipo de suelo).

Para suministrar el agua almacenada en la cisterna, se requiere enviarla al tinaco que se encuentra en la parte más alta de la casa, por lo que la cisterna deberá estar equipada con una válvula de llenado y un flotador, para no exceder la capacidad de ésta; una pichancho conectada a la entrada de la bomba mediante una tubería. Para impulsar el agua hacia el tinaco, a la salida de la bomba se colocará una tubería con una válvula de esfera para regular el paso del agua.

Se realizó un modelo a escala en el que se simuló el funcionamiento para recolectar agua de lluvia, a la que se le aplicaron los procesos de purificación antes mencionados.

Para llevar a cabo el proceso de floculación-coagulación colocamos en un vaso de precipitados de un litro, el agua de lluvia recolectada a la cual le agregamos 1.3 gramos de sulfato de aluminio. Colocamos el vaso sobre una parrilla eléctrica con agitador magnético para poder realizar la agitación rápida y lenta, y la aireación. Este proceso tomó aproximadamente 20 minutos. Después, dejamos el agua reposar por espacio de 20 minutos con una agitación lenta, para dejar que los flóculos formados sedimentaran.

A continuación, decantamos la muestra de agua floculada en otro vaso de precipitados, al cual le añadimos 1 miligramo de hipoclorito de sodio, con el fin de eliminar bacterias y microorganismos que pudiera tener. Se llevó a cabo otra agitación para mezclar perfecta y uniformemente todo el hipoclorito con el agua. Se dejó reposar la mezcla por espacio de 10 minutos.

Una vez concluida la cloración, pasamos el agua por un filtro formado por arena, grava, carbón activado y arena. Dicho filtrado tardó 3 días. Finalmente, pudimos observar el agua filtrada, la cual no presentaba turbiedad, olor ni partículas visibles.

Por lo estudiado con anterioridad, llevamos a cabo la prueba de pH para determinar la acidez o basicidad de nuestra agua, utilizando indicadores de pH.

### **Resultados:**

En la simulación se obtuvieron los siguientes resultados:

El proceso de floculación-coagulación dio como resultado lodos, los cuales sedimentaron en el fondo del vaso de precipitados, indicando que el sulfato de aluminio, el floculante utilizado, había atrapado las partículas suspendidas en el agua.

El proceso de cloración fue utilizado para adquirir un agua libre de bacterias y microorganismos, utilizando como base hipoclorito de sodio por sus propiedades altamente bactericidas.

En el proceso de filtración se atraparon sustancias orgánicas e inorgánicas, olor, sabor y color indeseables e incluso acidez que el agua de lluvia puede presentar debido al contacto con los gases del efecto invernadero, los cuales son óxidos de nitrógeno y el dióxido de azufre.

El pH que presentó el agua después de llevar a cabo la prueba fue de 6.4 aproximadamente, lo que nos indica que es un agua débilmente ácida, pero no dañina para la salud humana, y por lo tanto es utilizable y aprovechable.

No utilizamos pruebas de metales pesados, ya que al tratarse de agua de lluvia, y de acuerdo a sus propiedades, ésta no debe de contener dichos metales, pues se trata de un agua blanda.

### **Conclusiones:**

En México el problema del agua no se ha solucionado de manera adecuada, por lo que es necesario generar conductas y estrategias en la población que ayuden a ahorrar y aprovechar el agua.

Colocar recipientes que capten el agua de lluvia en las azoteas de las casas y escuelas es una manera de recolectarla para su aprovechamiento, ya que de otro modo se va a las alcantarillas. Sin embargo, es necesario que pase por procesos físicos y químicos para garantizar su calidad para ser utilizada en las necesidades humanas.

La propuesta que planteamos a partir de este proyecto es la instauración de este sistema en las casas y escuelas del Distrito Federal, con el fin de evitar el desperdicio de las aguas pluviales y de esta forma poder resolver los problemas de distribución y de escasez de este recurso vital en zonas de bajo suministro de agua.

A la larga sería conveniente incluir el sistema como una propuesta de ley, para que por norma oficial sea instaurado.

### **Fuentes de información:**

1. Domenech, X. *Química de la hidrosfera, origen y destino de contaminantes*, Madrid, 1995.
2. *Estadísticas del Agua en México*. México, D.F., viernes 11 de julio de 2003. SEMARNAT. CNA.
3. Cuadernos del medio ambiente, *Las calidades del agua*. Fubes, Barcelona, 1999.
4. [http://www.cronica.com.mx/nota.php?id\\_notas=291799](http://www.cronica.com.mx/nota.php?id_notas=291799).
5. <http://www.esmas.com/noticierostelevisa/mexico/716082.html>. México.