

**Análisis Cuantitativo del Consumo de Agua en la CDMX**  
**Primer Semestre del 2019**



**EQUIPO TLACUEPALLI**

**LAURA ESPÍNDOLA SERNA**

**CARLOS JAVIER LÓPEZ CRUZ**

**JUAN FRANCISCO GRACIA SERCADO**

DATATON 2021

TU CIUDAD, TU DINERO

10-2021

# 1. Introducción

El desarrollo económico y crecimiento de una región trae consigo una mayor demanda de servicios, entre ellos el consumo de agua potable. En este sentido, tanto el gobierno como la población tienen la responsabilidad de hacer buen uso de este recurso vital. En este sentido, es importante recordar que el acceso al agua potable es un derecho universal, por tanto, todos los ciudadanos deberían ser provistos de agua de manera digna y de buena calidad.

En nuestro país, este derecho está referido en el artículo 4 Constitucional el cual cita “Toda persona tiene derecho al acceso, disposición y saneamiento de agua para consumo personal y doméstico en forma suficiente, salubre, aceptable y asequible. El Estado garantizará este derecho y la ley definirá las bases, apoyos y modalidades para el acceso y uso equitativo y sustentable de los recursos hídricos, estableciendo la participación de la Federación, las entidades federativas y los municipios, así como la participación de la ciudadanía para la consecución de dichos fines.” ([Fed01](#), [ed01](#))

Entre los organismos que están encargados de cumplir este derecho se encuentran La Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) a nivel gubernamental y el Sistema de Aguas de la CDMX (SACMEX) en nuestro estado. Dichas dependencias en sus páginas WEB, cuentan con toda la reglamentación y datos abiertos para que la población pueda hacer uso de ellos y de este modo conozca los derechos y obligaciones con respecto al uso del agua y se informe de todas las actividades que se realizan para que gocemos del agua que llega a nuestros hogares.

En el portal de datos abiertos de la CDMX se tienen contemplados tres aspectos con respecto al uso del agua los cuales son:

1. Consumo de Agua
2. Sistema de Captación de Agua de lluvia
3. Adecuación Sanitaria - Índice de Desarrollo Social en la Ciudad

A nuestro equipo, nos parece importante y de gran interés conocer cómo se comporta el consumo de agua en la CDMX, por ello, nos dimos a la tarea de analizar estos datos. Se invita al lector a que visite nuestra página web para poder interactuar juntos en este proyecto.

## 2. Objetivo General

Dar a conocer las características cuantitativas del consumo de agua potable en la CDMX en el primer semestre de 2019, en su totalidad, por alcaldía y colonia.

## 3. Justificación

Presentar información clara, ordenada y sencilla para que la ciudadanía pueda conocer los datos que se tienen con respecto al consumo de agua en CDMX y su relación con otras variables, por ejemplo, con la población total. Lo anterior nace por la necesidad de que la gente esté informada y tenga una visualización más sencilla de lo que se presenta actualmente.

La información utilizada se tomó de la base de datos referente al consumo de agua potable, que actualmente existe en el “Portal de Datos Abiertos de la CDMX”, ya que es la única fuente de información fiable y disponible con la que cuenta la ciudadanía.

## 4. Desarrollo del trabajo

### 4.1. Metodología

#### 1. Bases de información

Las bases de datos fueron tomadas del “Portal de Datos Abiertos de la CDMX” y del INEGI, de donde se descargaron:

- Consumo de agua: (<https://datos.cdmx.gob.mx/dataset/consumo-agua>)
- Censo de población y vivienda ITER\_CDMX 2020 ([https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/#Datos\\_abiertos](https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/#Datos_abiertos) )
- Sistemas de captación de aguas de lluvia (<https://datos.cdmx.gob.mx/dataset/scall>)

## 2. Homologación de datos

Se limpiaron los datos para poder realizar la unión entre ellos. Los campos que se depuraron son los referentes al nombre de las alcaldías en los cuales se quitaron los espacios en blanco, las tildes y se transformaron sus caracteres en mayúsculas. Esto se realizó para los datos de consumo de agua y los datos de censo de población de la CDMX.

| Variable                                       | Unidades de medida | Tipo de dato    | Base   |
|--|--------------------|-----------------|--|
| alcaldía                                       | sin unidades       | cadena de texto | Consumo de agua                              |
| colonia  | sin unidades       | cadena de texto | Consumo de agua                              |
| consumo_total                                  | sin unidades       | numérico        | Consumo de agua                              |
| consumo_total_dom                              | sin unidades       | Numérico        | Consumo de agua                              |
| consumo_total_no_dom                           | sin unidades       | Numérico        | Consumo de agua                              |
| consumo_totalmixto                             | sin unidades       | Numérico        | Consumo de agua                              |
| bimestre                                       | meses              | numérico        | Consumo de agua                              |
| geo_point_2d                                   | Longitud_Latitud   | cadena de texto | Consumo de agua                              |
| Nombre del municipio o demarcación territorial | sin unidades       | cadena de texto | Censo de población y vivienda ITER_CDMX 2020 |
| Nombre de la localidad                         | sin unidades       | cadena de texto | Censo de población y vivienda ITER_CDMX 2020 |
| Población total                                | habitantes         | numérico        | Censo de población y vivienda ITER_CDMX 2020 |

Tabla 1: Variables utilizadas en el análisis

## 3. Creación de gráficos

### ■ Consumo de Agua CDMX Primer Bimestre 2019

Se calcularon los totales por alcaldía de las variables: consumo\_total, consumo\_total\_dom, consumo\_total\_no\_dom y consumo\_total\_mixto. De las cuales se obtuvieron las fracciones porcentuales. Se construyó una gráfica de barras; representando en el eje horizontal la alcaldía y en el eje vertical el porcentaje de consumo de agua.

### ■ Consumo de Agua por Habitante CDMX Primer Bimestre 2019

Se calcularon los totales por alcaldía de la variable consumo\_total y de la Población total. Se creó la variable consumoPercapita, que es el resultado del cociente del total del consumo\_total entre la Población total por alcaldías. Con ello, se construyó una gráfica de barras en el colocando en el eje horizontal a la alcaldía y en el eje vertical el consumo per cápita.

### ■ Consumo de Agua CDMX (primer bimestre) v.s. Población de la CDMX

Se unieron los totales de consumo\_total y Población total por alcaldía y se construyó un gráfico de dispersión, donde en el eje horizontal se muestra la población total y en el eje vertical el consumo total de agua.

### ■ Mapa de Consumo de Agua CDMX Primer Bimestre 2019

La variable geo\_point\_2d, identifica al centroide de cada una de las colonias. La cual se desagregó en sus componentes, dando lugar a las variables longitud y latitud. Por otro lado se sumaron los totales de consumo de agua por colonia y se creó una clasificación de consumo de agua basada en el algoritmo de rupturas naturales de Jenks. Esta clasificación muestra los niveles de consumo bajo, medio y alto. Con esta información se geo-referenció las colonias en un mapa interactivo

- **Página web**

Se generó una página web, en el sitio que nos da github, para que sea accesible a todo aquel que tenga la liga. En el mismo espacio de github se deja el código, por si es de alguna utilidad. La idea es mostrar la información lo más fácil que se pueda. Las gráficas que se muestran son:

- Consumo de Agua
- Consumo de Agua Per Cápita
- Mapa de consumo de Agua por Colonia
- Consumo de Agua y Población

#### 4. Modelo Oferta-Demanda de agua

Para tener una idea de cómo es afectada la población ante el abastecimiento de agua potable, se desarrolló un modelo dinámico que simula el consumo de agua de una población y su efecto en el crecimiento de ésta.

El modelo genera aleatoriamente nodos que representan habitantes en una región. A los habitantes se les suministra agua a través de tuberías enlazadas entre los nodos de tal manera que se forma una red de suministro. La red de distribución de agua se abastece de un nodo llamado fuente.

Definición de los componentes del modelo

- a) **Nodos:** representan la población de cada zona. Una zona puede crecer, mantenerse estática o disminuir su tamaño. Un nodo no muere, no puede cambiar de lugar, no puede desaparecer y no puede ocupar el lugar de otro nodo.

Tiene las siguientes propiedades:

- Número inicial de habitantes por nodo.
- Tasa de crecimiento que se fija al inicio de manera aleatoria y es constante.
- Capacidad de carga, que es un tope de crecimiento máximo al que puede llegar la población del nodo.
- Tasa de consumo de agua que se da al inicio de manera aleatoria y es constante.

- b) **Enlaces:** son las tuberías que suministran agua a las colonias, se conectan entre los nodos para la formación de una red de suministro y están dirigidas (esta conexión se da por cercanía).

Las características de los enlaces son:

- Unidireccionales
- Inicio y fin.
- Flujo (agua que fluye por tiempo)

- c) **Fuente:** Es un nodo de naturaleza distinta a la población, pues este representa la zona de abastecimiento que puede ser una presa, un río o pozo. Puede ser infinita o finita, el usuario debe decidir de que modo quiere realizar su simulación.

**Construcción de la red** La red se construyó con base en el modelo gráfico de Gabriel y el algoritmo del mínimo árbol generador.

**Variables de iniciación** Estas variables toman un valor aleatorio al inicio de la simulación en cada nodo

- Población inicial ( $P_0$ )
- Tasa de consumo de agua ( $tca$ )
- Tasa de crecimiento deseado ( $tcd$ )

**Variables de control**

- **Cantidad de nodos:** El usuario decide cuál es la cantidad de nodos para la simulación.
- **Tope de crecimiento poblacional:** Lo máximo que puede crecer una población, es decir su capacidad de carga `capacidad_carga`.

- **Localización del pozo:** El usuario puede elegir en que lugar del mundo poner la fuente.
- **Oferta de agua inicial:** Es la cantidad de agua disponible para la red

#### Variables de orden

- **Crecimiento de la población**

$$P_{t+1}^i = P_t^i * tcr^i \quad (1)$$

Donde  $P_{t+1}^i$  es la población del nodo  $i$  en el tiempo  $t + 1$ .

- **Tasa de crecimiento real de la población (tcr):**

$$tcr_t^i = \frac{Demanda_t^i}{Oferta_t^i} * tcd \quad (2)$$

- **Demanda de agua:** Esta dado por la población en un nodo y su tasa de consumo de agua.

$$DA_t^i = P_t^i * tca^i \quad (3)$$

#### Dinámica del modelo

A partir de la fuente se suministra agua al nodo más cercano, una vez que este nodo satisface su demanda, la oferta restante pasa a sus vecinos cercanos con los que esta conectado. Si la conexión entre nodos es mayor a 1, la oferta de agua se divide entre la cantidad de nodos conectados y así sucesivamente hasta que llega al último nodo.

Si la demanda de agua es menor que la oferta, entonces la población que habita el nodo crecerá, en caso contrario la población disminuirá hasta que la demanda de agua sea menor o igual que la oferta.

La población tiene un crecimiento tope o máximo y en caso de que todos los nodos alcance su máximo la simulación se detiene.

Resultados que reporta

- Media de Población.
- Media de Consumo de Agua.
- Histograma de Números de Zonas v.s. Población.
- Monitoreo de la Cantidad de Zonas con Población Máxima.
- Monitoreo de la Cantidad de Zonas con Población Mínima.

## 5. Hallazgos

1. La alcaldía Cuauhtémoc es la que más consume agua en los tres rubros :uso domiciliario, no domiciliario y mixto.
2. Las alcaldías: Cuauhtémoc, Miguel Hidalgo y Benito Juárez, consumen más de una tercera parte de agua del total (38.92 %), esto equivale a la suma del consumo de las alcaldías: Coyoacán (6.38 %) , Venustiano Carranza(5.88 %), Iztacalco (5.19 %), Tlalpan(4.15 %), Cuajimalpa(2.44 %), Xochimilco (1.66 %), Magdalena Contreras (1.05 %), Tláhuac (0.71 %) y Milpa Alta (0.13 %).
3. La población de la alcaldía Iztapalapa está por encima de la media poblacional de la CDMX, sin embargo sobrepasa que su consumo de agua está apenas por encima de la media de consumo de agua total.
4. Las alcaldías Cuauhtémoc, Miguel Hidalgo y Benito Juárez son las que tienen un alto consumo por habitante. Estas tres alcaldías concentran el 61.61 % de consumo de agua por habitante.
5. Las alcaldías Milpa Alta, Tláhuac y Xochimilco, el total de sus colonias son de consumo bajo de agua, estas tres alcaldías se encuentran por debajo de la media de consumo total de agua . En contraste con la alcaldía Cuauhtémoc, de las 35 colonias que la componen, 10 son de consumo alto (29 %), siendo la alcaldía con más colonias con consumo alto respecto de su total. la alcaldía Iztapalapa de las 193 colonias, 183 son de consumo bajo (93 %), el restante son de consumo medio.

## 6. Propuestas

1. Nos encontramos con pocos datos para nuestro análisis, sólo restringiéndose al primer trimestre de 2019, por ello exhortamos a que se hagan públicos los datos históricos faltantes (si se tienen).
2. Las definiciones y conceptos que se encuentran en la base de datos del portal de CDMX algunas veces confunden, es necesario que cuando se refieran a una medición, las cantidades reportadas sean homologadas o de menos cuenten con unidades de medida todas ellas.
3. Nos hubiera gustado tener información de las fuentes de agua potable para la CDMX, así como de los laboratorios de análisis de aguas potables y residuales, las redes de distribución y redes de drenaje (redes de aguas residuales), esto con el objeto de tener una visión global de la circularidad del agua que llega a nuestro estado.
4. Lo anterior se podría aplicar al modelo de redes que hemos propuesto e identificar los posibles puntos de conexión entre diferentes tomas de agua para hacer las conexiones óptimas e ir comunicando las zonas que tienen buen abastecimiento con las deficientes.
5. El programa social “cosechando lluvia” es interesante, sin embargo faltaron datos para poder trazar una red confiable y robusta de este proyecto. Proponemos que aunado a la colecta particular se debe pensar en algún mecanismo para colecta de agua comunitaria y que esta agua sea utilizada en temporada de sequía que es cuando realmente se necesita.

## 7. Conclusiones

- La alcaldía Cuahémoc, siendo una alcaldía que está por debajo de la media poblacional de la CDMX, es la que más consume agua.
- La suma del consumo de agua total de las alcaldías Cuahémoc, Miguel Hidalgo y Benito Juárez, equivale al consumo de agua de las alcaldías Coyoacán, Venustiano Carranza, Iztacalco, Tlalpan, Cuajimalpa, Xochimilco, Magdalena Contreras, Tláhuac y Milpa Alta.
- Las alcaldías que están al sur de la CDMX, la mayor parte de sus colonias tienen bajo consumo. En contraste con las alcaldías céntricas donde sus colonias tienen niveles de consumo medio y alto en mayor proporción.

## 8. Anexo

- Para ver los gráficos, mapa interactivo y el modelo ver <https://tlacoepallis.github.io/>
- Para ver el desarrollo del proyecto ver [https://github.com/Tlacoepallis/Dataton\\_2021\\_Agua/tree/main/Dataton%20AGUA](https://github.com/Tlacoepallis/Dataton_2021_Agua/tree/main/Dataton%20AGUA)

## Referencias

Gobierno Federal. Constitución política de los estados unidos mexicanos. *Diario Oficial de la Federación*, 10, 2001.