

Captación pluvial en huertos urbanos de la ciudad de México Rainwater harvesting in urban gardens in Mexico city

Raquel Salazar Moreno

Abraham Rojano Aguilar

Jorge Flores Velázquez

Correspondencia:

rsalazarm@chapingo.mx

Universidad Autónoma Chapingo–
Profesor-Investigador
<https://orcid.org/0000-0001-6429-3824>

arojanao@chapingo.mx

Universidad Autónoma Chapingo–
Profesor-Investigador
<https://orcid.org/0000-0002-8715-7814>

jorgelv@colpos.mx

Colegio de Postgraduados–
Profesor-Investigador
<https://orcid.org/0000-0003-0895-4645>

DOI: <https://doi.org/10.63042/3y271f58>

Fecha de recepción:

28-octubre-2024

Fecha de aceptación:

22-enero-2025

Resumen

La Ciudad de México, junto con el área metropolitana, presenta problemas de escasez de agua, suelo, energía y alimentos. Debido a esta problemática surge la agricultura urbana y periurbana como parte de la solución, en el abastecimiento de hortalizas en mercados locales, disminución de la isla de calor, entre otros. Sin embargo, en la mayoría de huertos urbanos se utiliza agua potable para el riego de cultivos, es por ello que el objetivo del presente artículo fue estimar el volumen de agua de lluvia que se puede almacenar en 13 huertos en la Ciudad de México durante un año, a fin de complementar los requerimientos de agua para riego. Se usaron datos de precipitación del 2007-2018 de 12 estaciones meteorológicas cercanas a los huertos y se calculó la probabilidad de excedencia del 80%. Los 13 huertos se dividieron en 3 grupos de acuerdo al tipo de clima: el grupo 1 corresponde a la captación acumulada de agua de lluvia entre 270 a 340 L/m² anuales; en el grupo 2, la captación acumulada de agua de lluvia que puede recolectarse se encuentra entre 340-430 L / m² anuales; el grupo 3 corresponde al clima con mayor humedad, con una captación estimada de 520 L/ m² anuales. Esta cantidad de agua podría suplir los requerimientos hídricos de lechuga o tomate cherry para un ciclo completo.

Palabras clave: agricultura urbana, almacenamiento de agua, probabilidad de excedencia.

Abstract

Mexico City, along with the metropolitan area, has problems with water, soil, energy and food shortages. Due to this problem, urban and peri-urban agriculture emerges as part of the solution, in the supply of vegetables in local markets, reduction of the heat island, among others. However, in most urban gardens, tap water is used to irrigate crops, so the objective of this work was to estimate the volume of rainwater that can be stored in 13 gardens in Mexico City for one year, in order to complement the water requirements for irrigation. Precipitation data from 2007-2018 from 12 meteorological stations near the gardens were used and the probability of exceedance was calculated at 80%. The 13 orchards were divided into 3 groups according to the type of climate. Group

Keywords: Urban agriculture, water storage, probability of excess.

Introducción

Las proyecciones de la población realizadas por UN-DESA (2018) indican que, para los años 2030, 2040 y 2050, el porcentaje de la población que vivirá en las ciudades será de 60.4, 64.5 y 68.4%, respectivamente. Esta tendencia de la población a habitar en las zonas urbanas y periurbanas incrementa la demanda por alimentos, agua y energía, además del incremento en la contaminación y efectos de la isla de calor, entre otros. La urbanización impide la recarga de acuíferos, propiciando mayor escurrimiento; al incrementar la cantidad de áreas verdes dentro de una ciudad, a través de la agricultura urbana y periurbana (AUP), se mitigarían los problemas mencionados.

De acuerdo con Nadal et al. (2022), la agricultura urbana es una opción para la sostenibilidad urbana y la seguridad alimentaria dentro de los entornos urbanos, y juega un papel clave por su impacto en la sociedad, armonización ambiental y desarrollo económico sostenible. Vázquez-Moreno (2010) resume las aportaciones que brinda la agricultura urbana a las ciudades, en cuatro dimensiones de sostenibilidad (ver Figura 1).

Figura 1

Beneficios de la agricultura urbana divididos en cuatro ámbitos



Fuente: Tomado de Vázquez.

Específicamente, la horticultura puede generar un empleo por cada 100m² de jardín en producción, suministro de insumos, comercialización y valor agregado del productor al consumidor (FAO, 2014).

En la Ciudad de México (CDMX) y su área metropolitana, los espacios agrícolas se han dividido en: urbano, suburbano y periurbano. La agricultura urbana predomina como proceso productivo como jardín familiar; la suburbana continúa en chinampas con vegetales, flores, invernaderos (Dieleman, 2017).

Actualmente, la zona con mayor superficie dedicada a la agricultura de ubica en las alcaldías Milpa Alta, Tláhuac, Xochimilco y Tlalpan, con aproximadamente 22,800 ha dedicadas principalmente a la producción de maíz, frutales, hortalizas y animales de traspatio para el consumo familiar y venta local; además de la producción a mayor escala de nopal para la venta en mercados locales y regionales (FAO, 2014).

En su pico productivo, las chinampas en la CDMX produjeron 4 toneladas de hortalizas, hojas y legumbres por hectárea al año. Sin embargo, las actividades agrícolas han cambiado en las últimas décadas, pues actualmente existen 3,619 chinampas activas, que representan 1,970 hectáreas de tierra, y producen 19,000 toneladas de alimentos al año (principalmente maíz y hortalizas) (Guibrunet, Rubio y Flores, 2023). Sin embargo, la CDMX es altamente vulnerable: los incrementos de las temperaturas promedio durante 2019 fueron de 2.04°C, lo que generó mayor evapotranspiración, reducción de los cuerpos de agua y menor tasa de infiltración hacia los mantos freáticos (Climent y Rodríguez, 2021).

Behzadi et al. (2022) realizaron un análisis del clima en la CDMX y encontraron incrementos estadísticamente significativos de la temperatura promedio durante el invierno, así como de la precipitación a tasas promedio de 0.1 oC/década y 17.8 mm/década, respectivamente. Debido a la crisis actual en el abastecimiento de agua en la CDMX, y el uso de agua potable en algunos jardines urbanos, es prioritario que se investigue sobre fuentes alternativas de agua para uso agrícola (Amos et al., 2018; Skara et al., 2020).

Una posible alternativa o complemento a las fuentes de riego en las ciudades es el agua de lluvia; sin embargo, se requiere almacenar el agua en la estructura y arquitectura del edificio, y el análisis de costos de los sistemas de bombeo de agua y riego (Skara et al., 2020). Algunos autores como McDougall, Kristiansen y Rader (2019) afirman que se desconoce la cantidad de recursos utilizados en la AUP; específicamente en la CDMX, no se cuenta con registros sobre la cantidad de agua que se destina a la producción de hortalizas.

El objetivo de este artículo es estimar el potencial de captación pluvial de 13 huertos de la CDMX, para determinar si es posible satisfacer los requerimientos de agua para el riego en jardines urbanos.

Metodología

A pesar de que la CDMX cuenta con tan solo 1,494.3 km², el clima es variable entre una alcaldía y otra. En total hay 5 tipos de climas: el C(w) clima templado subhúmedo con lluvias en verano, en donde la temperatura y precipitación cambian en distancias cortas y producen variantes climáticas en cuanto a la humedad. Este clima se divide en 4 subtipos: Clima 1 Cb' semifrío con verano fresco largo; Clima 2 C(w²) estaciones más húmedas de este subtipo; Clima 3 C(w¹) subtipo intermedio en cuanto a humedad entre C(wo) y C(w²); Clima 4 C(wo) es el subtipo más seco; Clima 5 BS es un clima seco o árido, dentro de los cuales el BS1 son los climas de este tipo menos secos (García, 2004). Las variantes anteriores de clima implican que el comportamiento de la precipitación puede ser diferente aun dentro de la misma alcaldía.

En este artículo, se recolectó información de 13 huertos urbanos de 12 alcaldías de la CDMX. En el Cuadro 1, se presentan las características de los jardines urbanos, su ubicación y estación meteorológica ubicada dentro de un radio de 5 km.

Cuadro 1

Jardines urbanos analizados en la Ciudad de México

Nombre	ID	Alcaldía	GH	jardín urbano	Riego	EM
Asilo Mundet	A	Álvaro Obregón	2	Campo abierto	Manual	ENP8
Azcapotzalco	B	Azcapotzalco	1	Campo abierto	Manual	CCHA
Bosques de Aragón	C	Bosques de Aragón	1	Invernadero	Goteo	ENP3
Iztacalco	D	Iztacalco	2	Campo abierto	Manual	ENP7
Los niños	E	Cuauhtémoc	1	Campo abierto	Manual	ENP9
Magdalena	F	Magdalena Contreras	3	Invernadero	Goteo	CCHS
Matlaloc	G	Iztapalapa	2	Invernadero	Goteo	ENP2
San Miguel	H	Iztapalapa	1	Campo abierto	Manual	CCHO
Tlalpan	I	Tlalpan	2	Techos verdes	Manual	CCA
Venustiano	J	Venustiano Carranza	1	Techos verdes	Manual	ENP3
Xochimilco	K	Xochimilco	2	Campo abierto	Manual	ENP1
Zimat	L	Coyoacan	2	Techos verdes	Manual	ENP6
Tonantzin	M	Gustavo A. Madero	1	Campo abierto	Manual	ENP9

Fuente: Elaboración propia.

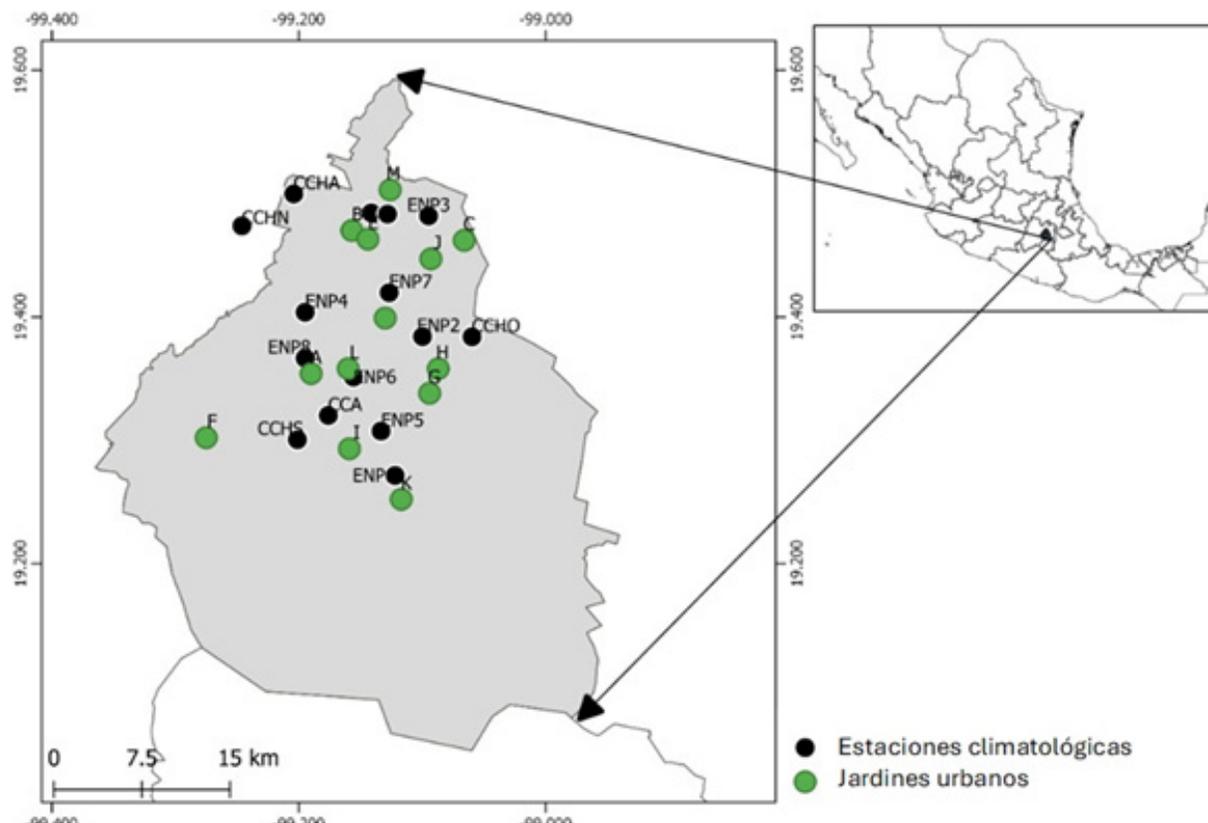
ID=Símbolo del Jardín urbano; GH= Grupo de acuerdo a la humedad; EM=Estación meteorológica

Los 13 huertos anteriores se dividieron en 3 grupos, de acuerdo con la humedad: Grupo 1 en el norte y noreste, está formado por los jardines B, C, E, H, J, M; Grupo 2 en el centro de la CDMX y está formado por los jardines A, D, G, , K, I, L; el Grupo 3 se encuentra al sur-oeste de la CDMX y está formado por el jardín F.

La Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) cuenta con Red de Estaciones (https://www.ruoa.unam.mx/pembu/), de donde se obtuvieron los datos de precipitación para el periodo 2007-2018. La Figura 2 muestra la ubicación de las estaciones climatológicas y de los jardines urbanos.

Figura 2

Ubicación geográfica de los jardines de trabajo evaluados y estaciones meteorológicas



Fuente: elaboración propia.

La FAO (2013) desarrolló un procedimiento para estimar la cantidad de agua de lluvia que puede recolectarse para una determinada área de captación, y un determinado material de construcción, En la ecuación (1) se estima el almacenamiento de agua, suponiendo techo de lámina.

$$Alm = \frac{P80\% * A * C}{1000} \quad (1)$$

En donde:

Alm = Almacenamiento de agua en m^3

A = área de captación horizontal en m^2

C = coeficiente de escorrentía (0.95)

$P80\%$ = probabilidad de excedencia al 80% de ocurrencia (mm)

Asimismo, la FAO (2013) sugiere un valor de excedencia que se despliega en la ecuación (2).

$$P\% = \frac{m - 0.375}{N + 0.25} * 100 \quad (2)$$

En donde

M = Número de orden

N = Número total de observaciones

En este estudio se utilizaron registros de precipitación entre los años 2007-2018 de las estaciones mencionadas en el Cuadro 1, con un valor de excedencia del 80%, esto quiere decir que en el 80% de los años, la precipitación supera el valor considerado. Este valor es importante para estimar la dimensión de la estructura de captación.

Resultados

Huertos Grupo 1

Los huertos Grupo 1 (B, C, E, H, J, M) están ubicados al norte de la CDMX, e incluyen los climas 4 y 5 descritos en la metodología, caracterizados por ser climas secos y tener una baja precipitación comparada con otras zonas.

El huerto B (Azcapotzalco) es un huerto que se ha destinado a las personas de esa alcaldía que deseen aprender a cultivar hortalizas y, al mismo tiempo, se busca recuperar espacios abandonados que no pueden ser utilizados en otra cosa debido a su ubicación. Los meses más lluviosos son de junio a septiembre. Considerando el área disponible de captación de 15 m² y un 80% de probabilidad de ocurrencia de la precipitación, se lograría almacenar en un año hasta 4.5 m³ con la información de la estación meteorológica CCHA.

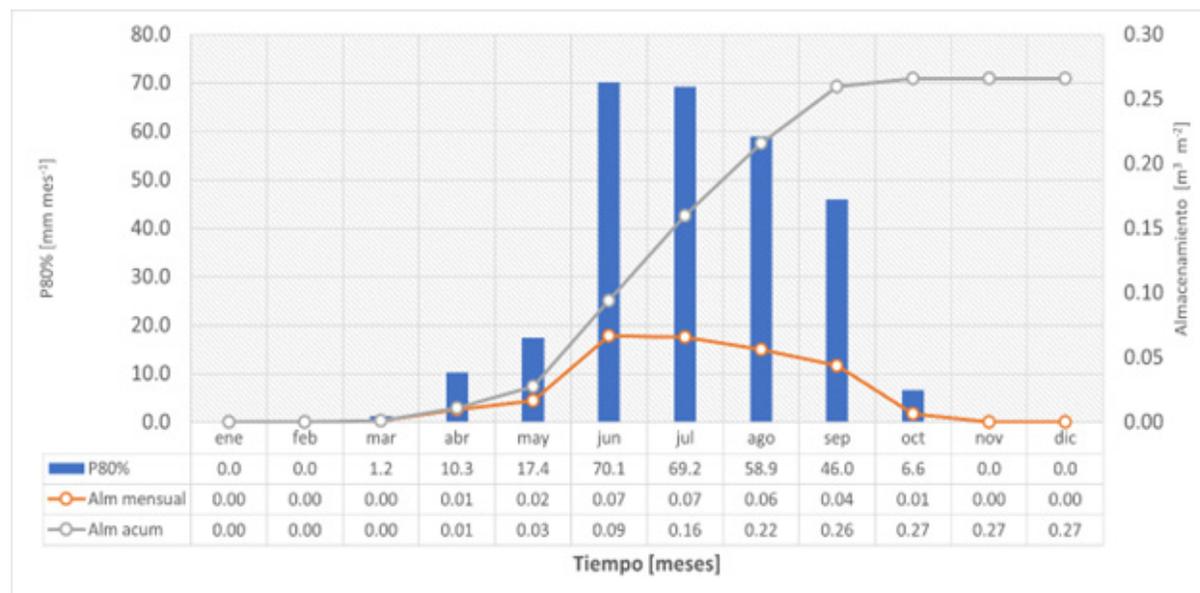
El huerto C (Bosques de Aragón) es un jardín mejor equipado que el huerto B, ya que cuenta con riego por goteo. Este proyecto es manejado por trabajadores que se encargan de todas las actividades de los cultivos.

El huerto de Azotea J (Venustiano Carranza) es privado y está dedicado al autoconsumo; el manejo de riego se realiza de forma manual y sin ninguna programación del riego.

La Figura 3 presenta el comportamiento promedio de la precipitación y el posible almacenamiento de agua de lluvia en m³ por cada m² de área disponible de almacenamiento utilizando datos de la estación meteorológica más cercana a estos dos huertos (ENP3).

Figura 3

Comportamiento de la precipitación durante un año con 80% de probabilidad de ocurrencia y cantidad posible de agua almacenada por m² para el Huerto C (Bosques de Aragón) y Huerto J (Venustiano Carranza), que comparten la misma estación meteorológica (ENP3)



Fuente: elaboración propia.

El huerto E (Los Niños) se ubica en la alcaldía Cuauhtémoc y lo maneja la Universidad Autónoma Metropolitana, en donde profesores asesoran a miembros de la alcaldía para que siembren sus propias hortalizas y ellos se encargan del mantenimiento y riego.

El huerto M (Tonantzin) es un huerto de traspatio privado ubicado en la alcaldía Gustavo A. Madero, está dedicado a la enseñanza y la producción para autoconsumo. El huerto no cuenta con un sistema de riego y el manejo del riego se hace de manera empírica. Para estos dos huertos (E y M) se utilizaron los datos de la estación meteorológica (ENP9).

El huerto escolar H (San Miguel), ubicado en la alcaldía Iztapalapa, también es manejado por la Universidad Autónoma Metropolitana, y lo dedican a la enseñanza de la agricultura urbana. El huerto carece de tecnología y el riego se hace manual y de manera empírica.

En los 6 huertos del Grupo 1 (B, C, E, H, J, M) se utilizaron 4 estaciones meteorológicas diferentes, pero el comportamiento de la precipitación es muy parecido, debido a que presentan climas secos. Por esta razón, únicamente se despliega la Figura 3

como representativa. Para este grupo, la captación acumulada de agua de lluvia que puede recolectarse por m² de superficie se encuentra entre 0.27-0.34 m³ (270-340 L).

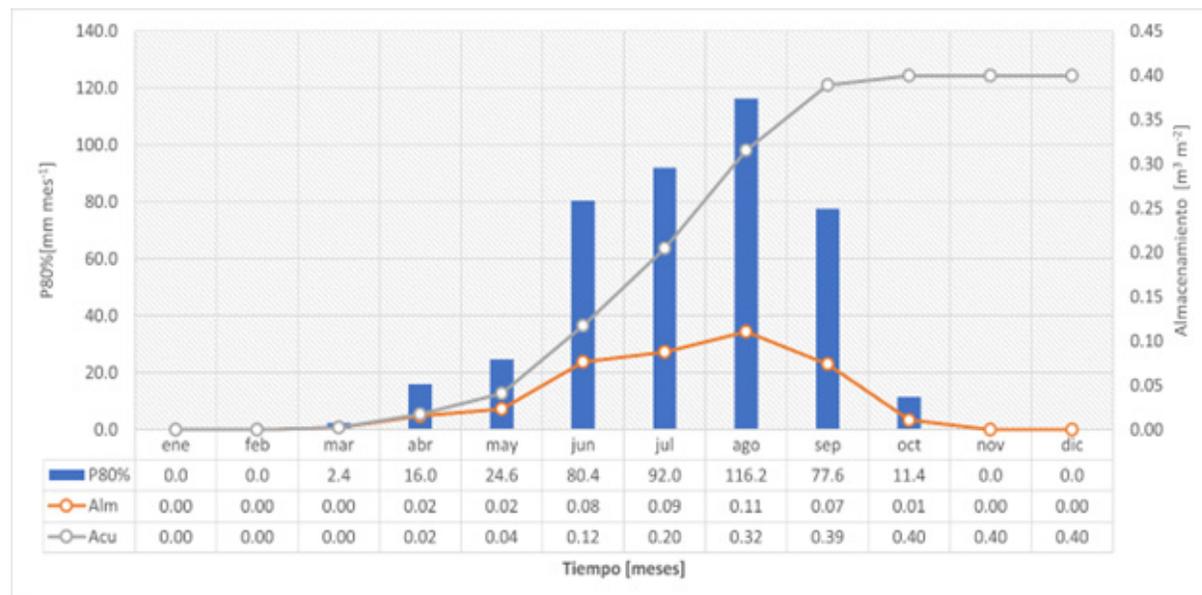
Huertos Grupo 2

Los huertos del Grupo 2 (A, D, G, I, K, L) están ubicados en el centro de la CDMX, incluyen los climas 2 y 3 descritos en la metodología y representan un tipo de clima intermedio en cuanto a humedad. El huerto A está localizado en el hospital “Asilo Mundet”, dentro de la alcaldía Álvaro Obregón. No existe un plan de riego; este se realiza manualmente.

La Figura 4 despliega el comportamiento promedio de la precipitación y el posible almacenamiento de agua de lluvia en m³ por cada m² de área disponible de almacenamiento durante un año, utilizando datos de precipitación de la estación meteorológica más cercana al huerto A (ENP8), y con 80% de probabilidad de ocurrencia como representativa de este grupo.

Figura 4

Comportamiento de la precipitación durante un año con 80% de probabilidad de ocurrencia y la cantidad posible de agua almacenada por m² para el Huerto A(Asilo Mundet) utilizando datos de la estación meteorológica (ENP8)



Fuente: elaboración propia.

El huerto D (Iztacalco) es un jardín urbano que se destina a aportar bienestar a los adultos mayores, a través de la enseñanza de prácticas agrícolas productivas y a la recreación. De la misma manera que en otros huertos, el riego es manual y no existe programación del mismo.

El huerto G (Matlaloc) se ubica en la alcaldía Iztapalapa, y es un jardín particular que utiliza agricultura protegida. La producción que se genera se vende en un restaurante y en un mercado local. Aunque cuentan con un sistema de riego por goteo, no existe una programación del riego que incluya las necesidades hídricas de los cultivos.

El huerto I de Azotea (Tlalpan) es privado y lo utilizan para enseñar prácticas agrícolas en jardines urbanos. El riego se realiza de manera manual y empírica y la producción es para autoconsumo.

El huerto K (Xochimilco) es un huerto que maneja la Universidad Autónoma Metropolitana y se localiza en Facultad de Arte de la misma universidad. El huerto sirve para que los estudiantes aprendan las labores agrícolas y además demuestren los beneficios de la agricultura urbana. El manejo de riego es manual y no se realiza ninguna planeación.

El huerto L (Zimat) es un jardín urbano ubicado en la alcaldía Coyoacán, en una azotea perteneciente a la empresa Zimat y está dedicado a la recreación de sus empleados. El riego es manual y la cantidad de agua que se aplicó durante el cultivo se hizo de manera empírica. Para este grupo de huertos, la captación acumulada de agua de lluvia que puede recolectarse por m^2 de superficie se encuentra entre $0.34-0.43 m^3$ (340-430 L).

Huertos Grupo 3

Este grupo lo representa el huerto F, que es un invernadero privado ubicado en la alcaldía Magdalena Contreras en el sur-oeste de la CDMX con clima tipo 1, que tiene la mayor precipitación dentro de los 5 tipos de clima. El jardín cuenta con un sistema de riego por goteo, pero no se tiene una calendarización del riego. La producción del huerto es para autoconsumo y para la venta local.

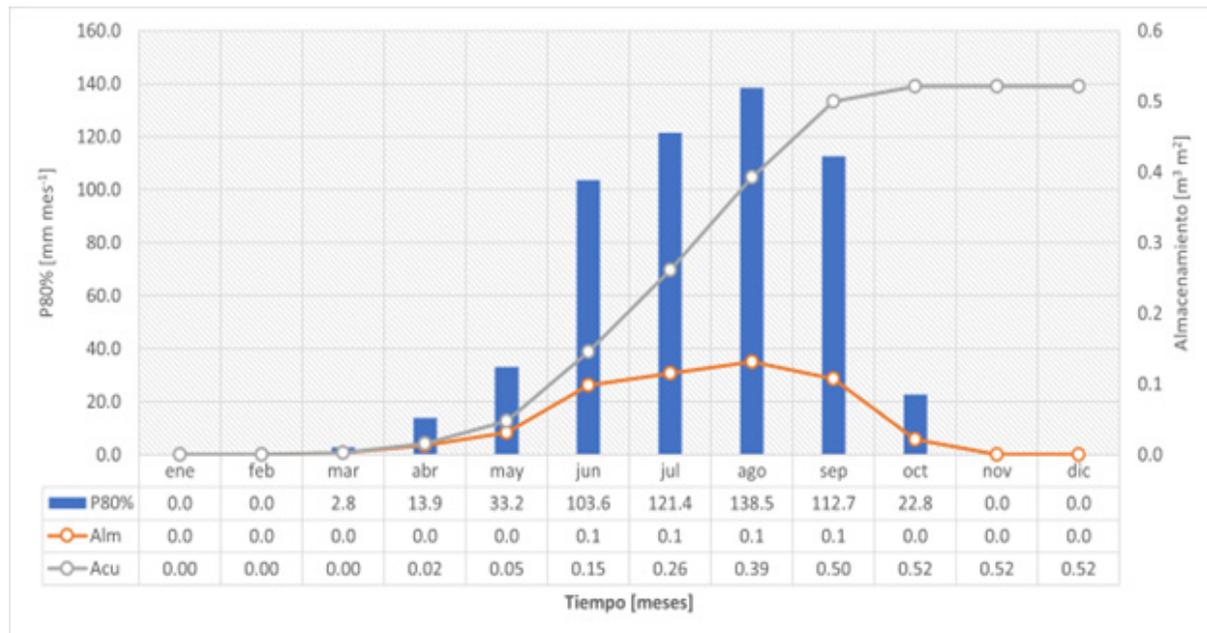
La Figura 5 presenta el comportamiento promedio de la precipitación y el posible almacenamiento de agua de lluvia en m^3 por cada m^2 de área disponible de almacenamiento durante un año, utilizando datos de precipitación de la estación meteorológica más cercana al huerto F (CCHV), y con 80% de probabilidad de ocurrencia como representativa de este

grupo. Para este grupo de huertos, la captación acumulada de agua de lluvia que puede recolectarse por m^2 de superficie fue de $0.52 m^3$ (520 L).

Existen huertos muy cercanos como el huerto G y H que tienen diferentes climas y tienen un patrón diferente de humedad. En el Cuadro 2 se resume la captación de agua de lluvia para un año típico, así como la estimación del volumen de precipitación que se puede almacenar en cada huerto de acuerdo a los espacios disponibles.

Figura 5

Comportamiento de la precipitación durante un año con 80% de probabilidad de ocurrencia y de la cantidad posible de agua almacenada por m^2 para el Huerto F (Magdalena Contreras) utilizando datos de la estación meteorológica (CCHV)



Fuente: elaboración propia.

Cuadro 2*Estimación de la captación de agua de lluvia en un año para los 13 huertos urbanos*

Huerto	Captación (m ³ m ⁻²)	Área (m ²)	Captación anual (m ³)
A	0.4	10	4
B	0.3	15	4.5
C	0.27	75	20.25
D	0.35	100	35
E	0.3	43	12.9
F	0.52	30	15.6
G	0.4	50	20
H	0.34	10	3.4
I	0.43	15	6.45
J	0.27	10	2.7
K	0.34	50	17
L	0.38	10	3.8
M	0.3	55	16.5

Fuente: elaboración propia.

Conclusiones

La Ciudad de México es una de las megaciudades más grandes del mundo con los problemas inherentes que esto conlleva, como la isla de calor, escasez de agua y alimentos, entre otros. La agricultura urbana surge como una alternativa para disminuir las altas temperaturas y además proveer de hortalizas frescas de manera local. Sin embargo, debido a que la mayoría de los huertos utiliza agua potable, se ejerce una mayor presión sobre el abastecimiento del vital líquido. Por lo tanto, una manera de hacer sostenible la producción en los jardines urbanos es la captación de agua de lluvia, para cubrir las necesidades hídricas de los cultivos en la Ciudad de México. En los 13 huertos estudiados, el volumen de captación anual estimado, utilizando el 80% de probabilidad de excedencia, varía entre 270-520 L m⁻², lo cual refleja la gran variabilidad de la precipitación en las distintas zonas. Los hallazgos encontrados en esta investigación pueden servir de base para una planificación a futuro de las estructuras para la captación de lluvia en jardines urbanos.

Bibliografía

- Amos, C. C., Rahman, A., Karim, F. y Gathenya, J. M. (2018). A scoping review of roof harvested rainwater usage in urban agriculture: Australia and Kenya in focus. *Journal of Cleaner Production*, 202, 174-190. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.08.108>
- Behzadi, F., Wasti, A., Haque Rahat, S., Tracy, J. N. y Ray, P. A. (2020). Analysis of the climate change signal in Mexico City given disagreeing data sources and scattered projections. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 27. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2019.100662>
- Climent Hernández, J. A. y Rodríguez Benavides, D. (2021). Valuación de opciones sobre índices de la temperatura de la Ciudad de México. *Contaduría y administración*, 66(3).
- Dieleman, H. (2017). Urban agriculture in Mexico City; balancing between ecological, economic, social and symbolic value. *Journal of Cleaner Production*, 163, S156-S163. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.01.082>
- FAO (2013). *Captación y Almacenamiento de Agua de Lluvia*. Oficina Regional para América Latina y el Caribe. <https://agua.org.mx/biblioteca/captacion-y-almacenamiento-de-agua-de-lluvia/>
- _____. (2014). *Ciudades mas verdes en América Latina y el Caribe*. <http://www.fao.org/3/a-i3696s.pdf>
- García, E. (2004). *Modificaciones al Sistema de Köppen*. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen (unam.mx).
- Guibrunet, L., Rubio, M. y Flores Abreu, I. N. (2023). Reclaiming traditional food systems in alternative food networks. insights from Mexico City peri-urban agriculture. *Local Environment*, 28(9), 1153-1172. <https://doi.org/10.1080/13549839.2023.2194618>
- McDougall, R., Kristiansen, P. y Rader, R. (2019). Small-scale urban agriculture results in high yields but requires judicious management of inputs to achieve sustainability. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 116(1), 129-134. <https://doi.org/10.1073/pnas.1809707115>
- Nadal, A., Rodríguez-Labajos, B., Cuerva, E., Josa, A. y Rieradevall, J. (2022). Influence of social housing models in the development of urban agriculture in Mexico. *Land Use Policy*, 122. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2022.106391>

- Skara, S. L. G., Pineda, M. R., Timpec, A., Pölling, B., Bohne, K., Külvikf, M... Junge, R. (2020). Urban agriculture as a keystone contribution towards securing sustainable and healthy development for cities in the future. *Blue-Green Systems* 2(1). IWA publishing DOI: 10.2166/bgs.2019.931
- UN-DESA. (2018). *Annual Percentage of Population at Mid-Year Residing in Urban Areas*. Population Dynamics. World Urbanization Prospects 2018. <https://population.un.org/wup/DataQuery/>
- Vázquez-Moreno, L. (2010). *La agricultura urbana como elemento promotor de la sustentabilidad urbana. Situación actual y potencial en San Cristóbal de las Casas, Chiapas*. <https://www.colef.mx/posgrado/wp-content/uploads/2011/04/TESIS-V%C3%A1squez->