

## Análisis de la composición de agua de lluvia en la ciudad de Saltillo, Coahuila Analysis of the composition of rainwater in Saltillo city, Coahuila

M. D. Arauz-Solís <sup>a</sup>, J. G. Salas-Alemán <sup>b</sup>, M. S. Florencio-Martínez <sup>a</sup>, E. M. Colunga-Urbina <sup>a</sup>

I. M. de la Garza-Rodríguez <sup>a,\*</sup>

<sup>a</sup> Departamento de Química Analítica Ambiental, Universidad Autónoma de Coahuila, 25280, Saltillo, Coahuila, México.

<sup>b</sup> Departamento de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Autónoma de Coahuila, 25350, Arteaga, Coahuila, México.

### Resumen

Actualmente la urbanización y el crecimiento poblacional han aumentado la demanda de agua, provocando escases en diferentes regiones del país. Uno de los procesos de recolección de agua es la cosecha de lluvia que consiste en recolectar, almacenar y tratar la escorrentía de techos, azoteas y superficies impermeables. Esta agua puede utilizarse como fuente adicional a un sistema de suministro de agua, sin embargo, la calidad del agua recolectada puede verse afectada por la presencia de contaminantes en las superficies en contacto con el agua. El objetivo de este trabajo fue evaluar la calidad del agua de lluvia cosechada en la azotea de una vivienda ubicada en el Fracc. Mirasierra, en la ciudad de Saltillo Coahuila, donde se recolectaron doce muestras de agua. Para su caracterización química se utilizaron técnicas gravimétricas, volumétricas y espectrofotométricas establecidas por normas mexicanas, encontrando que el plomo sobrepasa la concentración del límite permisible establecido por la NOM-127-SSA1-2021 ya que presenta concentraciones mayores de 0.2 mg/L.

**Palabras Clave:** cosecha de lluvia, agua, caracterización química, calidad del agua.

### Abstract

Nowadays, urbanization and population growth have increased the water demand, causing shortages in different regions of the country. One of the waters collecting processes is rainwater harvesting, which consist in collecting, storing, and treating runoff from roofs, terraces, and impervious surfaces. This can supply the system of water and can be used as an additional source to obtain water. However, the quality of the collected water might be affected by the presence of contaminants on the surfaces in contact with the water. The objective of this work was to evaluate the quality of rainwater harvested on the rooftop of a house located in the suburb Mirasierra, in the city of Saltillo Coahuila, where twelve water samples were collected. For its chemical characterization, different methods were applied as gravimetric, volumetric, and spectrophotometric techniques established by Mexican standards, finding that lead exceeds the concentration of the permissible limit established by NOM-127-SSA1-2021, showing levels more than 0.2 mg/L.

**Keywords:** rainwater, water, chemical characterization, water quality.

### 1. Introducción

En el 2014 la Dirección de Desarrollo Económico del municipio de Saltillo reportó que la zona metropolitana de Saltillo contaba con 13 parques industriales, mientras que en el 2017 se contaba con 25 parques industriales donde se ubican las principales industrias dedicadas a las ramas automotriz, aeroespacial, metalmecánica, cerámica, cementos, alimentos y farmacéuticos. (Guía de Parques Industriales 2014 de Saltillo

y su Zona Metropolitana; Dirección de Fomento Económico del Gobierno Municipal de Saltillo. 2014 p. 10, Anteproyecto Plan Municipal de Desarrollo Saltillo 2022-2024 [APMD] 2022 p.36) A la fecha, el número de parques industriales sigue en expansión.

La ciudad de Saltillo se ubica al sureste del Estado de Coahuila de Zaragoza a una altitud de 1600 m, cuenta con una extensión territorial de 6,837 km<sup>2</sup> (Plan Municipal de Desarrollo Urbano Saltillo [PMDU] 2019 p.10,11), de acuerdo

\*Autor para la correspondencia: [ilianagarza@uadec.edu.mx](mailto:ilianagarza@uadec.edu.mx)

**Correo electrónico:** [myriam\\_solis@uadec.edu.mx](mailto:myriam_solis@uadec.edu.mx) (Myriam Damarys Arauz-Solís), [jusalasa@uadec.edu.mx](mailto:jusalasa@uadec.edu.mx) (Juana Griselda Salas-Alemán), [mara\\_florencio@uadec.edu.mx](mailto:mara_florencio@uadec.edu.mx) (Mara Sarahí Florencio-Martínez), [guanajuatita@hotmail.com](mailto:guanajuatita@hotmail.com) (Edith Madafí Colunga-Urbina), [ilianagarza@uadec.edu.mx](mailto:ilianagarza@uadec.edu.mx) (Iliana Margarita de la Garza-Rodríguez).

con los datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2020 p.19) en el 2020 se contaba con una población de 879,958 habitantes. El tipo de suelos que predomina en la ciudad de Saltillo y su zona conurbada son xerosoles, litosoles y calcisoles (Plan Municipal de Desarrollo Urbano Saltillo [PMDU] 2019 p.10,11). Los xerosoles se distinguen por ser suelos áridos que contienen materia orgánica, material arcilloso y sales como carbonatos y sulfatos. Los litosoles son rocas sedimentarias ricas en calcio (FAO, 2015, p.173) y finalmente los calcisoles que se componen de materia orgánica en baja proporción y sales carbonatadas (Cantú Silva et al., 2018). El clima que se presenta en el municipio es semiseco templado, subhúmedo con lluvias escasas, seco templado, seco subhúmedo, seco semicálido y semifrío subhúmedo con lluvias, las condiciones meteorológicas que se presentan en promedios anuales son: temperatura de 8 a 22°C, presión atmosférica de 824 a 825.6 mb, vientos predominantes que se originan desde el noreste del municipio a una velocidad de 22.5 km/h y una precipitación entre 200 a 700 mm. (Compendio de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Coahuila de Zaragoza (2010) p.2). La temporada de lluvias tiene lugar en primavera, verano y parte de otoño, iniciando en el mes de abril y culminando en el mes de octubre, siendo el mes de julio el más lluvioso. La precipitación anual en la zona centro es de 300 a 500 mm, mientras que en el norte suele ser en un rango de 300 a 400 mm anuales (Clima Área Metropolitana 2015, p. 13).

El agua juega un papel de suma importancia en las funciones vitales de todos los seres vivos, desde los microorganismos, hasta el ser humano. Sin embargo, la sobreexplotación, el alto consumo y la contaminación de fuentes naturales derivadas de las actividades antropogénicas ha traído consigo la escasez a nivel mundial, lo que nos ha llevado a buscar nuevas fuentes de suministro para la obtención de esta (Gil et al., 2012).

Una alternativa para la recolección de agua es la cosecha de lluvias, la cual consiste en la implementación de sistemas de captación de las precipitaciones por medio de canaletas principalmente desde la escorrentía de los techos de las viviendas (Ospina-Zúñiga et al., 2014).

La calidad del agua recolectada por este método puede verse afectada por diversos contaminantes que se encuentren depositados en las superficies de los techos, como partículas del suelo que ha sido arrastrado por el viento, material particulado proveniente de las emisiones de diferentes actividades antropogénicas, por hojas, tallos e insectos que pueden caer de los árboles cercanos a las superficies de recolección y son arrastrados por las precipitaciones.

Algunos de los contaminantes que representan un gran peligro en el agua son los metales pesados, debido a su alta densidad y elevado peso molecular lo cual pueden generar afecciones a los seres vivos ya que estos se bioacumulan en órganos blandos (Pabón et al., 2020).

La evaluación de la calidad y el estudio de la composición del agua es imprescindible para uso doméstico ya que permite definir los potenciales contaminantes que pueden hacerse presentes en mayor o menor concentración (Zunckel et al., 2003). El objetivo de este trabajo fue evaluar la calidad de 12 muestras de agua de lluvia recolectada por medio de un sistema de canaletas de la escorrentía de la azotea de una vivienda ubicada al oriente de la ciudad de Saltillo, Coahuila, México, realizando análisis volumétricos, gravimétricos,

potenciométricos y espectrofotométricos, tomando como base algunos de los parámetros establecidos por la NOM-127-SSA1-2021 (DOF, 2022).

## 2. Metodología

Las muestras de agua se recolectaron el 23 de abril del 2022, mediante un sistema de canaletas colocado en el techo de una vivienda con una altura de 6 m del suelo, ubicada en el Fracc. Mirasierra, al sureste de la ciudad de Saltillo (área del tejado a dos aguas de 24 m<sup>2</sup>), las muestras se recolectaron al inicio de la precipitación (15:35-16:40 horas), en recipientes de polipropileno con capacidad de 1 L, recolectando un total de 12 muestras, las cuales se transportaron al laboratorio y se almacenaron a una temperatura de 4°C hasta su análisis. Los métodos utilizados para la determinación de los diferentes parámetros se realizaron y de acuerdo con las Normas Mexicanas establecidas en el Diario Oficial de la Federación. Previo a su análisis las muestras se llevaron a temperatura ambiente y después se determinó la conductividad y sólidos totales disueltos (STD) utilizando un conductímetro (modelo AB30, Fisher Scientific), los sólidos totales (ST), se obtuvieron por el método gravimétrico, (NMX-AA-034-SCFI-2015). Por métodos volumétricos se determinó: dureza temporal, dureza permanente, dureza total (NMX-AA-072-SCFI-2001), alcalinidad y acidez (NMX-AA-036-SCFI-2001), cloruros (NMX-AA-073-SCFI-2001), sulfatos (NMX-AA-074-SCFI-2014), pH (potenciómetro HI 255, HANNA Instruments) (NMX-AA-008-SCFI-2016), en las tres pruebas cualitativas se utilizando una placa excavada de porcelana para determinar Fe<sup>2+</sup> (o-fenantrolina 0.1M), Fe<sup>3+</sup> (KSCN 0.1M) NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (disolución de brucina) (NMX-AA-079-SCFI-2001), todas las muestras se realizaron por triplicado. Finalmente se determinó la concentración de Na, K, Cd, Cu y Pb utilizando un espectrofotómetro de absorción atómica con flama (EAAF) NMX-AA-051-SCFI-2001 (modelo AA240FS, Varian).

## 3. Resultados y discusión

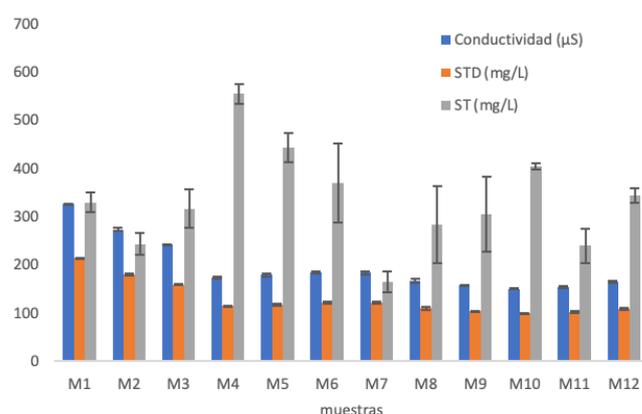


Figura 1: Análisis conductimétrico y de sólidos totales.

En la Figura 1 se presentan los resultados de conductividad, STD y ST. La conductividad nos permite conocer la cantidad de iones presentes en la muestra, los sólidos totales disueltos indican la cantidad de partículas disueltas en el agua, mientras que los sólidos totales es la suma de las partículas disueltas y las partículas sin disolver. El comportamiento inicial de la

conductividad y STD se atribuye al arrastre de las sales solubles de sulfatos y carbonatos de calcio que estaban depositadas en la superficie de recolección, después de la cuarta muestra se observa que el comportamiento de estos dos parámetros se mantiene en un promedio de 168.4 mS.

Sin embargo, los ST aumentaron su concentración, a medida que se humedeció la capa más gruesa de polvo junto con el material biológico (hojas, insectos, entre otros) de la superficie de recolección la cual se desprendió y fue arrastró por el flujo del agua.

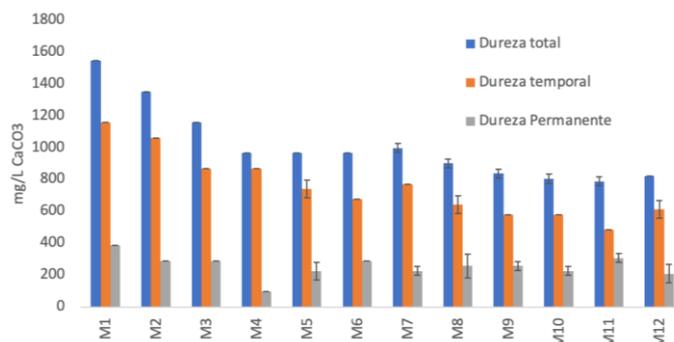


Figura 2: Análisis de dureza.

En la Figura 2 se presentan los resultados de la dureza de las muestras de agua. La dureza total está relacionada con la presencia de carbonatos de calcio y magnesio, mientras que la dureza temporal está relacionada únicamente con la presencia de sales de calcio presentes en la disolución y la dureza permanente está relacionada con la presencia de sales de magnesio. Como se observa, la dureza total sobrepasa los límites permisibles de 500 mg/L (NOM-127-SSA1-2021), aunque, estos valores se esperaban ya que la superficie de recolección presentaba acumulación de polvo transportados por el viento y en las canaletas del sistema de recolección se presentaba una mayor acumulación de polvo y hojas del árbol que esta al costado de tejado. El polvo proveniente del suelo de la zona conurbada de Saltillo está constituido principalmente por material arcilloso, CaCO<sub>3</sub>, CaSO<sub>4</sub>, sedimentos de rocas ricas en calcio y materia orgánica (FAO, 2015, p.173; Cantú-Silva *et.al.*, 2018), los que pueden estar contribuyendo en el incremento de la dureza del agua.

Tanto la dureza total como la temporal tienen un comportamiento similar en las primeras tres muestras ya que van en decremento y a partir de la cuarta muestra se presenta un comportamiento constante (~892.6 y ~660.5 mg/L respectivamente) estos nos indica que se tienen disueltos en mayor cantidad sales de calcio, mientras que la dureza permanente (~254.4 mg/L) presenta un comportamiento constante, indicándonos una menor presencia de sales de magnesio.

El pH promedio que se obtuvo de las doce muestras fue de 7.09±0.09, por lo que se considera que las muestras de agua son neutras. Siendo la primera muestra la de mayor pH (7.23) debido a la mayor presencia de sales carbonatadas y bicarbonatadas.

En la Figura 3 encontramos los parámetros relacionados con la acidez y alcalinidad de las muestras. Se observa que la acidez es mínima en las muestras, sin embargo, en tres muestras (M9, M10 y M11) se detectó la presencia de especies ácidas disociadas como el HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> (NMX-AA-036-SCFI-2001).

La alcalinidad a la fenolftaleína fue positiva en las primeras ocho muestras (~10 mg/L CaCO<sub>3</sub>). Esto nos indica la presencia de bicarbonatos y carbonatos en dichas muestras (ver figura 4), ya que la concentración está muy por debajo del 50% respecto a la alcalinidad total, descartando la presencia de iones hidroxilos (NOM-AA-036-1980).

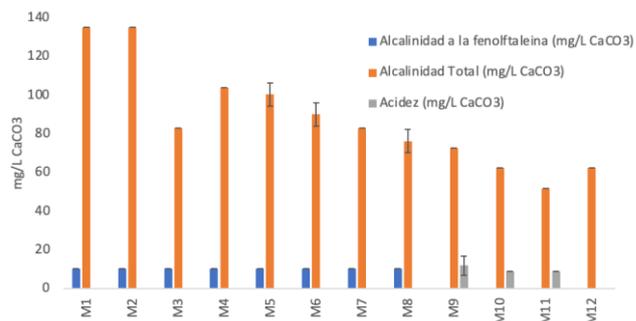


Figura 3: Análisis de acidez

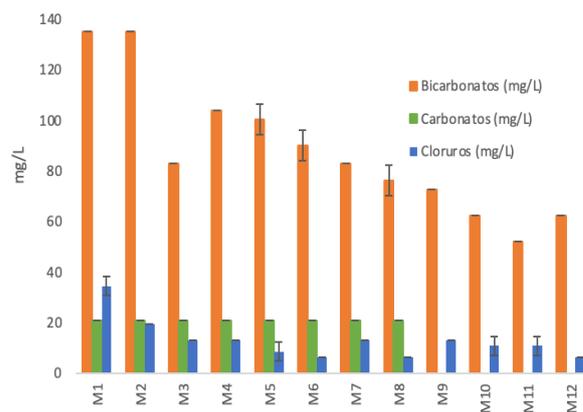


Figura 4: Concentración de los HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> y Cl<sup>-</sup> presentes en las muestras de agua.

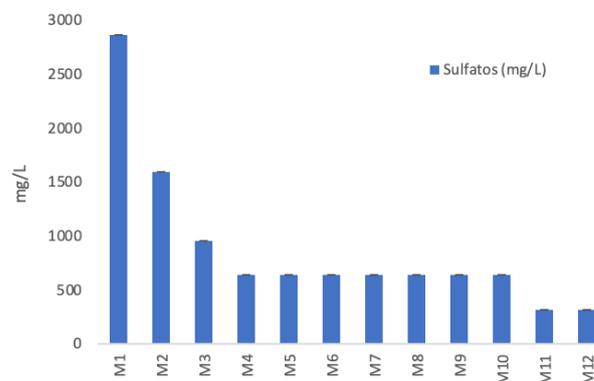


Figura 5: Concentración de los SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> presentes en las muestras de agua.

En las Figuras 4 y 5 se presentan las concentraciones de los aniones analizados. En la figura 4 se observa la presencia de cloruros en las primeras dos muestras. Sin embargo, la concentración de cloruros se mantiene en promedio de 10.1 mg/L. En la figura 5 se observa el comportamiento de las muestras respecto a la concentración de SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> encontrando que las primeras diez muestras sobrepasan el límite permisible de 400 mg/L (NOM-127-SSA1-2021), indicando la presencia de

sales sulfatadas arrastradas por el viento provenientes de los suelos tipo xerosoles.

En las figuras 6 a la 8 se presentan las concentraciones de los cationes analizados en las muestras. En la figura 6 se presentan las concentraciones de Ca y Mg que se obtuvieron por cálculos a partir de los resultados obtenido de las durezas del agua analizadas, encontrando que el calcio se encuentra en mayor concentración que los otros cationes, confirmando la presencia de partículas del suelo provenientes de los suelos tipo litosoles.

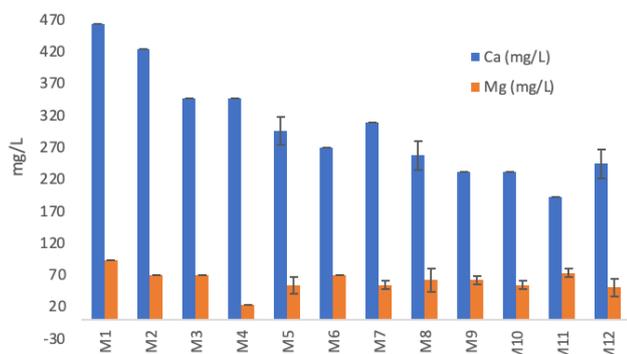


Figura 6: Concentración de Ca y Mg que se obtuvieron mediante métodos volumétricos.

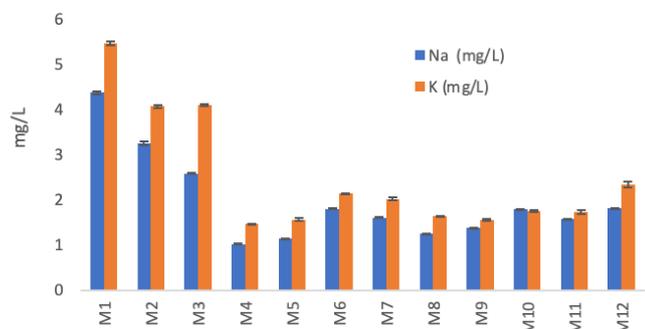


Figura 7: Concentración de Na y K que se obtuvieron mediante EAAF.

En las Figuras 7 y 8 se presentan las concentraciones de los metales que se analizaron utilizando un espectrofotómetro de absorción atómica. Previo a su análisis se realizaron curvas de calibrado utilizando cinco estándares que se obtuvieron a partir de estándares certificados de 1000 mg/L de la marca *spectrum*.

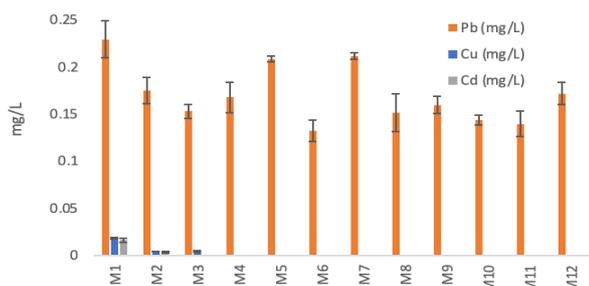


Figura 8: Concentración de Cd, Cu y Pb que se obtuvieron mediante EAAF.

En la Tabla 1 se presentan los parámetros instrumentales utilizados para la cuantificación de los metales mediante EAAF.

Tabla 1: Parámetros instrumentales del EAAF.

Metal	Slit (nm)	λ (nm)	Flujo aire/acetileno (L/min)	Corriente de lámpara
Cd	0.5	228.8	13.88/2.29	4
Cu	0.5	324.8	13.63/2.32	5
K	1	766.5	13.45/2.21	5
Na	0.5	589	13.88/2.29	5
Pb	1	217	13.75/2.14	11

Las ecuaciones de las rectas que se obtuvieron para las curvas de calibrado son:

$$Cd\ y=(0.3410 \pm 0.0030)\ x-(0.0076 \pm 0.0004);$$

$$Cu\ y=(0.15072 \pm 0.0008)\ x-(0.0045 \pm 0.0010);$$

$$K\ y=(0.4888 \pm 0.1818)\ x+(0.0453 \pm 0.0025);$$

$$Na\ y=(0.6171 \pm 0.0050)\ x+(0.0603 \pm 0.0053);$$

$$Pb\ y=(0.0497 \pm 0.0003)\ x-(0.0019 \pm 0.0003).$$

En la Tabla 2 se presentan los intervalos de trabajo, coeficiente de determinación ( $R^2$ ) y los límites de detección (LD) y cuantificación (LC) que se obtuvieron para la determinación de los metales.

Tabla 2: Parámetros analíticos.

Metal	Intervalo de trabajo	$R^2$	LD	LC
Cd	0.2 a 1 mg/L	0.9956±0.0034	0.0014	0.0048
Cu	0.2 a 1 mg/L	0.9928±0.0005	0.0023	0.0077
K	0.3a 1.5 mg/L	0.9994±0.0003	0.0008	0.0027
Na	0.4 a 1.2 mg/L	0.9982±0.0013	0.0003	0.0011
Pb	0.5 a 2.5 mg/L	0.9981±0.0010	0.0087	0.0290

Cabe señalar que las concentraciones de Na y K y se encuentran muy por debajo de los límites permisibles de la NOM-127-SSA1-202 (ver Figura 7).

Para determinar si las muestras de agua pueden ser consumidas por el hombre, se analizaron tres de los metales pesados que se han encontrado en el material particulado del aire ambiente de la ciudad de Saltillo (Florencio Martínez M.S, et.al.2019). En la figura 8 se presentan las concentraciones de los tres metales pesados analizados, observando que en la primera muestra el Cd y Pb se encuentran por arriba del límite permisible establecido en la NOM-127-SSA1-2021 (0.005 mg/L y 0.01 mg/L respectivamente), mientras que el Cu también fue detectado, pero este se encuentra por debajo del límite permisible de 2 mg/L. La presencia de estos metales los podemos atribuir a la contaminación antropogénica de las emisiones de fuentes fijas y móviles de la zona conurbada y que son arrastradas por el viento y que pueden estar depositándose en las diferentes superficies que se puedan utilizar como áreas de recolección de agua.

Finalmente se realizaron ensayos cualitativos para  $Fe^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$  y  $NO_3^-$ , resultando negativo la presencia de iones de hierro y positiva la presencia de nitratos en las doce muestras. La presencia de nitratos era de esperarse ya que, en el área de recolección de agua, se encontraron residuos de hojas e

insectos que contienen proteínas y estas se descomponen hasta nitratos.

#### 4. Conclusiones

Con los resultados obtenidos podemos concluir que las muestras recolectadas en la cosecha de agua de lluvia pueden ser utilizadas en las actividades urbanas, como el riego de jardines municipales ya que de acuerdo con la NOM-001-SEMARNAT-1996 que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales no sobrepasa los límites permisibles de metales hallados en exceso como Pb (0.5 mg/L) y Cd (0.2mg/L). Por otro lado, si se quiere utilizar como fuente de agua para consumo humano, se recomienda evitar almacenar los primeros cuatro litros para que se pueda remover el exceso de sales y metales pesados que se puedan depositar en el área de recolección y canaletas del sistema de cosecha ya que la mayoría de los parámetros analizados están muy por debajo de los límites permisibles establecidos por la NOM-127-SSA1-2021. Sin embargo, es importante considerar es el análisis microbiológico del agua de cosecha previo a su consumo ya que dentro de las partículas de polvo se pueden transportar microorganismos tóxicos para el ser humano (Harrison *et.al* 2000) o previamente realizar alguno de los procesos de desinfección de agua como el uso de hipoclorito de sodio.

La cosecha de lluvias es una alternativa para el aprovechamiento y ahorro de agua siendo útil tanto en el uso de actividades urbanas como industriales.

#### Referencias

- Anteproyecto Plan Municipal de Desarrollo Saltillo 2022-2024 [APMD] 2022 p.36  
[https://saltillo.gob.mx/wp-content/uploads/2022/01/PMD\\_Saltillo\\_ProYConsul\\_240122bd.pdf](https://saltillo.gob.mx/wp-content/uploads/2022/01/PMD_Saltillo_ProYConsul_240122bd.pdf)
- Cantú-Silva I. et al. (2018) Caracterización fisicoquímica de un Calcisol bajo diferentes sistemas de uso de suelo en el noreste de México *Rev. mex. de cienc. forestales* (vol.9), n.49, pp.59-86; <https://doi.org/10.29298/rmcf.v9i49.153>.
- Clima Área Metropolitana 2015, p. 13  
<https://library.co/document/qok271jy-clima-area-metropolitana-saltillo-climate-saltillo-metropolitan-area.html>
- Compendio de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Coahuila de Zaragoza (2010) p.2  
<https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825292911>
- Dirección de Fomento Económico [DFE] La “Guía de Parques Industriales 2014” de Saltillo y su Zona Metropolitana es una publicación de la Dirección de Fomento Económico del Gobierno Municipal de Saltillo . 2014 p. 10  
<http://dpimultimedia.com/00-paginas-suspendidas/fomento3/publicaciones/industrial-parks.pdf>
- DOF 1980. NOM-AA-036-1980. Agua determinación de acidez y alcalinidad total.  
[https://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=4860455&fecha=21/10/1980#gsc.tab=0](https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4860455&fecha=21/10/1980#gsc.tab=0)
- DOF 2022. NOM-127-SSA1-2021. Agua para uso y consume humano. Límites permisibles de la calidad del agua.  
[https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5650705&fecha=02/05/2022#gsc.tab=0](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5650705&fecha=02/05/2022#gsc.tab=0)
- DOF 2015. NMX-AA-034-SCFI-2015. Medición de sólidos y sales disueltas en aguas naturales, residuales y residuales tratadas. – Método de prueba.  
<https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/166146/nmx-aa-034-scfi-2015.pdf>
- DOF 2001. NMX-AA-036-SCFI-2001. Determinación de acidez y alcalinidad en aguas naturales, residuales y residuales tratadas. – Método de prueba.  
<https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/166776/NMX-AA-036-SCFI-2001.pdf>
- DOF 2001. NMX-AA-051-SCFI-2001. Determinación de metales por absorción atómica en aguas naturales, potables, residuales y residuales tratadas. – Método de prueba.  
<https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/166785/NMX-AA-051-SCFI-2001.pdf>
- DOF 2001. NMX-AA-072-SCFI-2001. Determinación de dureza total en aguas naturales, residuales y residuales tratadas. Método de prueba.  
<https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/166788/NMX-AA-072-SCFI-2001.pdf>
- DOF 2001. NMX-AA-073-SCFI-2001. Determinación de Cloruros totales en aguas naturales, residuales y residuales tratadas. – Método de prueba.  
<https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/166789/NMX-AA-073-SCFI-2001.pdf>
- DOF 2014. NMX-AA-074-SCFI-2014. Medición del ion sulfato en aguas naturales, residuales y residuales tratadas. – Método de prueba.  
<https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/166149/nmx-aa-074-scfi-2014.pdf>
- FAO, IUSS Working Group WRB, 2015. Base referencial mundial del recurso suelo 2014, Actualización 2015. Sistema internacional de clasificación de suelos para la nomenclatura de suelos y la creación de leyendas de mapas de suelos. Informes sobre recursos mundiales de suelos 106. FAO, Roma.
- Florencio Martínez, M. S. (2019). Evaluación de la calidad del aire ambiente en la Ciudad de Saltillo, Coahuila. Mediante la caracterización química del material particulado recolectado. [Tesis Maestría, Universidad Autónoma de Coahuila].
- Gil J.M., Soto A.M, Usma J.I.; Gutiérrez O.D.;(2012). Contaminantes emergentes en aguas, efectos y posibles tratamientos, Producción + Limpia, 7, (2), 52-73  
<http://www.scielo.org.co/pdf/pml/v7n2/v7n2a05.pdf>
- Harrison R., Yin J. (2000). Particulate matter in the atmosphere: which particle properties are important for its effects on health?. *The science of the total environment*, 249, 85-101,  
 DOI: 10.1016/S0048-9697(99)00513-6
- INEGI (Presentación de Resultados Coahuila de Zaragoza) p.19.  
[https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/ccpv/2020/doc/cpv2020\\_pres\\_res\\_coah.pdf](https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/ccpv/2020/doc/cpv2020_pres_res_coah.pdf)
- Ospina-Zúñiga O.E, Ramírez-Arcila H.; 2014. Evaluación de la calidad del agua de lluvia para su aprovechamiento y uso doméstico en Ibagué, Tolima, Colombia; *Ingeniería Solidaria*, 10, (17), 125-138.  
 DOI: 10.16925/in.v9i17.812
- Pabón S. E., Benítez R., Sarria-Villa R.A., Gallo, J.A. (2020). Contaminación del agua por metales pesados, métodos de análisis y tecnologías de remoción. Una revisión, *Rev. Entre Ciencia e Ingeniería*, (vol. 14), no. 27, pp. 9-18,  
 DOI: 10.31908/19098367.1734.
- Plan Municipal de Desarrollo Urbano Saltillo [PMDU] 2019. p.10-11.  
[http://www.implansaltillo.mx/files\\_publicaciones/archivo\\_publicacion\\_1.pdf](http://www.implansaltillo.mx/files_publicaciones/archivo_publicacion_1.pdf)
- IMPLAN Instituto Municipal de planeación Saltillo
- Zunckela M., Saizarb C., Zarauz J. (2003). Rainwater composition in northeast Uruguay, *Atmospheric Environment*, 37, 1601–1611.  
 DOI:10.1016/S1352-2310(03)00007-4