

Siete décadas de precipitación en Ensenada, Baja California. Una propuesta para solucionar el problema de disponibilidad de agua regional

Edgar G. Pavia^{1*}, Arturo Corrales-Suastegui², Ismael Velázquez³ y Lidia Elizabeth Verduzco Grajeda^{4,5}

¹ Departamento de Oceanografía Física, CICESE, Ensenada, B.C., México, epavia@cicese.mx

² Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Pabellón (CEPAB), Pabellón de Arteaga, Ags., México, C.P. 20673, acsuastegui@gmail.com

³ Laboratorio de Pronóstico Meteorológico, CICESE, Ensenada, B.C., México, vmendoza@cicese.mx

⁴ Universidad Tecnológica del Norte de Aguascalientes, La Estación Rincón, 1001, Rincón de Romos, Ags.

⁵ Universidad Politécnica de Aguascalientes, Paseo de San Gerardo 202, Aguascalientes, Ags., lidia.verduzco@upa.edu.mx

*Autor de correspondencia: epavia@cicese.mx

Resumen

Este estudio analiza los datos mensuales de precipitación en Ensenada, Baja California, durante un periodo de 73 años (1950-2024), con el objetivo de evaluar si existe una tendencia significativa en los niveles de precipitación y su impacto en la región. Estimaciones precisas de la precipitación son cruciales para comprender los patrones climáticos a gran escala y las condiciones locales, lo que permite realizar pronósticos más acertados y una modelación climática más precisa. Los resultados preliminares sugieren que, a escala estacional, no se observa una tendencia significativa consistente, lo cual contradice algunos estudios previos. Sin embargo, es importante considerar otros factores que influyen en la disponibilidad de agua, como el crecimiento poblacional y el aumento de las actividades antropogénicas, que reducen la disponibilidad de agua per cápita. Además, el sector económico, especialmente la industria vitivinícola, se ve significativamente afectado por la variabilidad de las precipitaciones. En este contexto, este estudio propone una nueva línea de investigación, analizando la relación entre las precipitaciones y el crecimiento poblacional. Esta perspectiva podría proporcionar una visión más completa de los desafíos hídricos en la región y contribuir al desarrollo de estrategias de gestión del agua más sostenibles.

Palabras clave— Agua, Energía solar, ENOS, Humedad, Sequía.

Seven Decades of Precipitation in Ensenada, Baja California: A Proposal to Address the Regional Water Availability Problem

Abstract

This study analyzes monthly precipitation data for Ensenada, Baja California, Mexico (31° 52' N, 116° 40' W) over a period of 73 years (1950-2024). The primary objective is to assess whether there is a significant trend in precipitation levels and to evaluate its impact on the region. Accurate precipitation estimates are crucial for understanding large-scale climate patterns and local conditions, enabling more precise forecasting and climate modeling. Preliminary results suggest that there is no consistent significant trend at the seasonal scale, contradicting some previous studies. However, it is important to consider other factors that influence water availability, such as population growth and increased anthropogenic activities, which reduce per capita water availability. Additionally, the economic sector, particularly the wine industry, is significantly affected by precipitation variability. This study proposes a new research approach by analyzing the relationship between precipitation and population growth. This perspective could provide a more comprehensive understanding of the region's water challenges and contribute to the development of more sustainable water management strategies."

Keywords— Drought, ENSO, Humidity, Solar energy, Water.

I. INTRODUCCIÓN

El estado de Baja California está situado en el noroeste de México cuenta con un clima mediterráneo, el cual se caracteriza por presentar lluvias en invierno y veranos secos y calurosos [1]. Limita al norte con el estado de California y al este con el mar de Cortez. En los últimos años, Ensenada ha presentado un desarrollo poblacional que lo posiciona en el

onceavo lugar nacional por su número de habitantes [2], acompañado de una rápida urbanización e industrialización en la región. Así mismo, las principales actividades económicas se centran en la industria agrícola, de manufactura y turismo. En particular Ensenada se caracteriza por producir los vinos de mayor calidad en México, principalmente en los valles agrícolas de Guadalupe como se muestra en la Fig. 1, San Vicente, Santo Tomás, Ojos Negros, Las Palmas y Ejido

Uruapan, ubicados en Ensenada, al noroeste del estado [3, 4]. Sin embargo, la demanda de recursos hídricos para los campos vitivinícolas se ha convertido un tema preocupante. Investigaciones recientes, relacionan la calidad del agua utilizada en el riego de cultivo de vinos con la composición de la uva y las características organolépticas del vino [5-7]. Elizondo y Mendoza. [8], mencionan que la ciudad de Ensenada depende de la extracción de agua de los mantos acuíferos de Maneadero y Guadalupe, sin embargo, debido a la baja precipitación y la consecuente baja captación y escorrentía del agua, los niveles de estos acuíferos han disminuido considerablemente.



Fig. 1. Representación de un viñedo en Enseñada (Foto propiedad de Edgar G. Pavia)

Por otro lado, el índice poblacional juega un papel importante en la disponibilidad de agua para el municipio de Ensenada. El incremento en el número de habitantes desde 1950 a la fecha según el INEGI ha fluctuado del 8.6% al 1.8% anual [2], lo cual ha generado un impacto significativo a través de la demanda y prácticas de manejo no sustentable hasta su uso irracional. También, factores climáticos importantes como el fenómeno conocido como El Niño Oscilación del Sur (ENSO), el cual afecta los patrones de precipitación en la región, incluyendo variaciones en la lluvia durante diferentes fases del ENSO, afectando la distribución y disponibilidad de agua. [9, 10].

La precipitación en Ensenada, Baja California ha sido frecuentemente materia de estudio ([11], [12], entre otros) por dos motivos principales: se cuenta con una base de datos relativamente larga y su alta correlación anual con la precipitación en San Diego, California, EUA. Algunos de estos estudios sugieren que la precipitación en Ensenada ha disminuido en los últimos años [12], lo que parece confirmar los informes sobre una sequía en el sur de California, EUA.

En este trabajo se intenta analizar la existencia de esta tendencia negativa en la precipitación, su consistencia y significancia estadística durante el periodo de estudio. Sin embargo, también se plantea que el problema podría estar relacionado con el aumento poblacional, lo que ha llevado a una disminución de la disponibilidad de agua per cápita y no necesariamente en una aparente sequía. Así mismo, se propone una posible solución a este problema, la cual podría

ser implementada en zonas dónde el acceso a este recurso es limitado.

II. MÉTODOS Y DATOS

A. Área de estudio

La ciudad de Ensenada se localiza en el estado de Baja California ($31^{\circ} 52' N$, $116^{\circ} 40' W$), como se observa en la Fig. 2. Baja California es el único estado con clima tipo mediterráneo en el país y es uno de los estados más importantes a nivel nacional en la producción de uva para vino [13]. De acuerdo con datos de la CONAGUA (https://smn.conagua.gob.mx/tools/RECURSOS/Normales_Climatologicas/Normales9120/bc/nor9120_02001.txt, Fecha de consulta: 19/09/2024), el promedio histórico (1991-2020) de la precipitación anual es de 258.3 mm y la estación lluviosa se presenta principalmente durante los meses de noviembre a abril. Además, se presenta un promedio anual de las temperaturas máxima, mínima y promedio de $25.6^{\circ} C$, $11.1^{\circ} C$ y $18.4^{\circ} C$, respectivamente. Y una evaporación media anual de ~ 2036 mm.

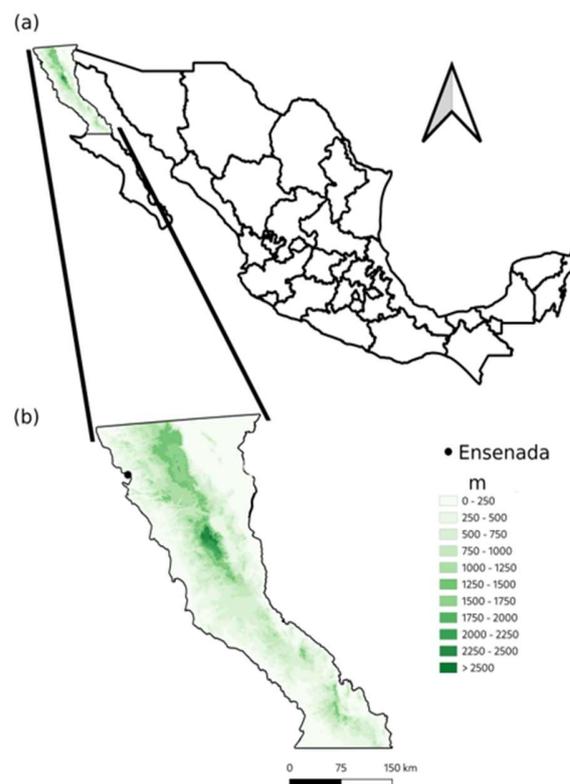


Fig. 2. (a) Representación gráfica de México y el estado de Baja California resaltado en verdes, (b) estado de Baja California, topografía (m) y la ciudad de Ensenada (punto sólido en negro, región de estudio). La flecha indica el norte.

Como se mencionó anteriormente, la ciudad de Ensenada depende en gran medida de aguas subterráneas para actividades agrícolas tales como el riego, uso urbano y diversas funciones ecosistémicas [8]. Por lo que, conocer su precipitación anual permite a los agricultores realizar prácticas de riego y un manejo más eficiente de uso de agua. Para

llevar a cabo estas estimaciones, se consideró un periodo largo de registros de precipitación que permite conocer la variabilidad y si existe o no, una tendencia en los datos.

B. Datos

El periodo inicial de datos involucra datos mensuales de precipitación en Ensenada de 1951 a 2021. Sin embargo, debido al régimen invernal de lluvias en esta región, consideramos el año hidrológico de julio de un año a junio del año siguiente. En la Fig. 2 se muestra los datos de julio de 1951 a junio de 2021 (panel superior) y los totales anuales 1951-1952 a 2020-2021 (panel inferior).

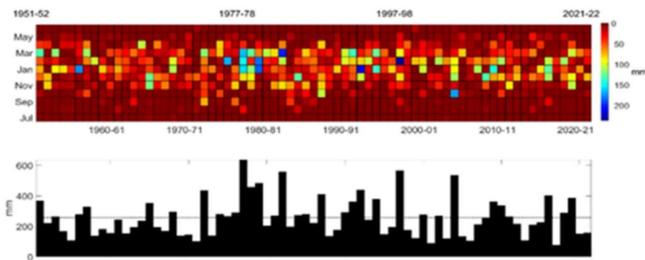


Fig. 3. Datos mensuales de precipitación en Ensenada. En el panel superior, de julio de 1951 (esquina inferior izquierda) a junio de 2021 (esquina superior derecha). En el panel inferior los totales anuales 1951-1952 a 2020-2021.

C. Método

A partir de los datos anuales se construyó una serie de tiempo con los índices de trabajo, restando el promedio y dividiendo entre la desviación estándar. La serie de tiempo la subdividimos en “sucesiones corridas” de 30 años; es decir: series de 1951-1952 a 1980-1981, 1952-1953 a 1981-1982, etcétera, para calcular su tendencia y significancia estadística, ver Fig. 4.

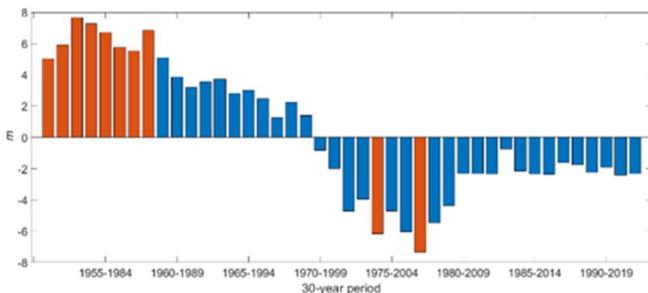


Fig. 4. Serie de tiempo de las tendencias de las sucesiones corridas de 30 años (1951-1952 a 1980-1981, 1952-1953 a 1981-1982, etcétera). En color naranja se muestran las tendencias con significancia estadística diferente de cero. La m en el eje “y” es la pendiente (ver texto).

Para evaluar la significancia estadística de cada sucesión móvil ver Fig. 4, se ajustaron los datos mediante mínimos cuadrados a una línea recta de la forma: $P_{est} = P_0 + m_t$, donde P_{est} es el modelo estimado de P , P_0 es la ordenada en el origen, m es la pendiente que indica la tendencia estimada y t es tiempo en años. Teóricamente la varianza de m se expresa como [14]

$$\alpha = \frac{\sigma^2}{\sum_i^n (t_i - \bar{t})^2} \tag{1}$$

donde σ^2 es el valor poblacional de la varianza de los residuales (en general desconocida), t_i es el i ésimo año, $n = 30$ es el número de años de la sucesión corrida y \bar{t} es el valor medio del tiempo. Dado que una estimación insesgada de σ^2 es el error cuadrático medio, donde P_i es la precipitación observada en el año i ésimo, obtenemos una estimación de α al sustituir s^2 en lugar de σ^2 en la ecuación de α . En este caso como los datos están uniformemente espaciados tenemos que $\bar{t} = (n + 1)/2$ años y la ecuación de α se simplifica a $\alpha = 12 s^2/[n(n^2 - 1)]$. El error estándar de m es $\varepsilon = \sqrt{\alpha}$, y barras de error correspondientes al intervalo de confianza de aproximadamente 95 % se expresan como $m \pm 2\varepsilon$ [12].

$$s^2 = \frac{\sum_i^{30} (P_{est} - P_i)^2}{n-2} \tag{2}$$

III. RESULTADOS

Como se puede observar en la Fig. 3, se presenta la variabilidad anual y mensual en Ensenada durante el periodo de estudio de precipitación y su relación con eventos de sequía. Se observan periodos de lluvia de hasta 600 mm de precipitación (1980-2000). Los eventos de sequía se presentan en periodos más cortos (1960-1970). Los cuales se pudieran considerar normales dentro de la variabilidad climática de la región. Sin embargo, el crecimiento poblacional en Ensenada incrementó hasta un 3.6 % [2] a partir de 1980. Lo anterior, podría indicar que, durante los últimos 30 años, las precipitaciones no han variado considerablemente (panel inferior) comparado con los eventos de sequía (panel superior), los cuales siguen una tendencia similar al incremento poblacional. Esto sugiere que, a pesar de que existe variabilidad climática atribuible a eventos climáticos en Ensenada, la disminución en la disponibilidad de agua podría verse influenciada fuertemente por el crecimiento poblacional.

La Fig. 4 muestra en color naranja las sucesiones corridas con m estadísticamente significativa; es decir, $0 \notin [m - 2\varepsilon, m + 2\varepsilon]$, o una pendiente nula no está en el intervalo cerrado $[m - 2\varepsilon, m + 2\varepsilon]$. Esta serie de tiempo de las tendencias de las sucesiones corridas de 30 años, observar Fig. 4, presenta valores significativos por encima de cero, lo que sugiere que los patrones de precipitación están consistentemente por encima del periodo de referencia. Lo que indica que un incremento o disminución en las precipitaciones durante el periodo observado son constantes. Estos resultados son consistentes con otros trabajos [10, 15]. Sin embargo, se puede observar que durante los periodos de 1975 a 2009 se puede observar una tendencia con significancia estadística de cero, similar al periodo de 1955 a 1984. Lo que podría sugerir indicios de variabilidad y efectos climáticos que impactan sobre la disponibilidad del agua. Los periodos coinciden con los presentados por el ENSO en el estado de Ensenada [10, 16]. Otro factor importante es que nuevamente, el crecimiento poblacional incrementó durante los periodos mencionados. Por lo que, factores como cambio de uso de suelo y urbanización, incrementan el desarrollo económico y, por ende, la demanda de agua [17].

Lo anterior parece más bien indicar que no podemos hablar de una sequía persistente y estadísticamente significativa. Sin embargo, si consideramos el aumento poblacional durante las últimas décadas en la región, ver Fig. 5, es evidente que la disponibilidad de agua per cápita ha disminuido considerablemente. Si este es el verdadero problema hídrico de la región, entonces la solución estaría más bien del lado de los métodos no convencionales utilizando las tecnologías más novedosas en términos de condensación de humedad atmosférica y energías renovables. Es decir: el problema de sequía en la región parece ser debido al aumento de la población y no a una disminución climatológica de las precipitaciones.

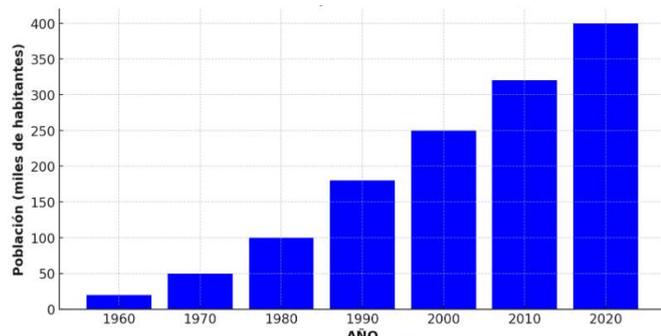


Fig. 5. Estimación del crecimiento población por década (1950-2020) en el municipio de Ensenada, B.C.

Aunque el crecimiento poblacional por natalidad mostrado por el INEGI en el 2020 [2] presentó una tendencia menor comparado con la década pasada; la migración fue uno de los principales componentes de cambio demográfico para el estado, datos presentados indican que el 38.5 % de la población extranjera que vive en Baja California se concentra en Ensenada, lo que indica que a mayor crecimiento poblacional las necesidades de agua per cápita incrementan, aunque la variabilidad en precipitación se mantenga estable. Por lo que, un índice alto de población puede generar un impacto mayor que los eventos de sequía existentes en el periodo evaluado.

¿Qué se propone?

Un análisis somero de la sección anterior nos indica lo siguiente:

- i. No ha habido un cambio significativo en las precipitaciones de la región durante las últimas décadas como se puede observar en la Fig. 3.
- ii. En todo caso el cambio sería hacia menores precipitaciones, a pesar de que las tendencias estadísticamente significativas no son persistentes como se analizó en la Fig. 4.
- iii. Lo que sí ha sido notorio es el aumento poblacional en la región durante el periodo de estudio como es evidente en la Fig. 5.

Por lo anterior, se propone la búsqueda de métodos no convencionales ante el problema real de disponibilidad de agua per cápita. Por ejemplo, diseñar sistemas como la instalación de condensadores de humedad atmosférica alimentados con energía solar, como se muestra en la Fig. 6. Se piensa que las continuas innovaciones tecnológicas en energías renovables podrían hacer posible tener un condensador solar por casa habitación. Este punto se discute en la sección siguiente.

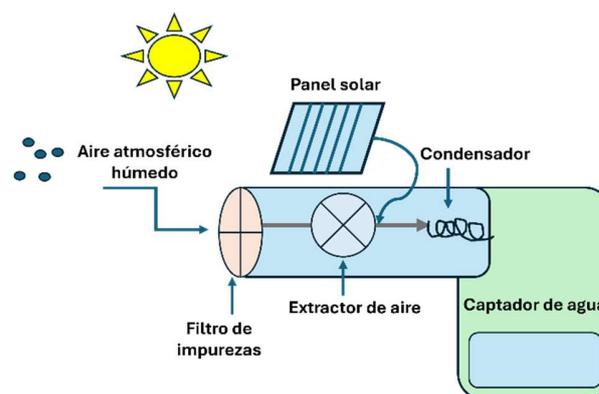


Fig. 6. Diseño de un condensador de agua atmosférica alimentado por paneles solares.

Cómo se sabe, la humedad atmosférica es una fuente alternativa de agua principalmente en zonas áridas y semiáridas, por lo que es un complemento útil para las fuentes tradicionales de obtención y almacenaje de agua. Por otro lado, una alternativa emergente y que promete mejorar el abastecimiento de agua son los condensadores atmosféricos. Estos dispositivos desempeñan un papel crucial en la mejora de la disponibilidad de agua al extraer eficientemente la humedad del aire. Estos sistemas utilizan diversas tecnologías para optimizar los procesos de condensación, contribuyendo significativamente a la accesibilidad al agua en regiones áridas [18, 19].

Estudios han demostrado que, la implementación de estos sistemas en hogares contribuye con una fuente de agua sostenible para satisfacer las crecientes demandas de una población en crecimiento. Un estudio realizado en Egipto por [20], cuya escasez hídrica es mayor comparada con lo visto en México, mostró que el uso de un condensador eficiente que trabaja 6 h al día puede lograr extraer de 8.5 a 12 L por día, lo que podría ayudar a suplir las necesidades básicas de al menos 3 personas en ese país [20]. El caso anterior es un parteaguas que podría sugerir que, tomando como base a la población actual de Ensenada y un promedio de 3 personas/casa-habitación, si se implementa al menos un condensador atmosférico que trabaje de manera eficiente por cada 3 casa-habitación, se podría contribuir a satisfacer las necesidades básicas de por lo menos la tercera parte de la población.

IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Este trabajo sugiere que la ciudad de Ensenada, con un régimen de precipitaciones representativo de la comarca conocida como Región Mediterránea Fronteriza de California [21], si acaso ha experimentado climatológicamente una ligera disminución en su precipitación anual. Es decir, se han experimentado en la región tendencias climatológicas negativas en las últimas décadas, pero éstas raramente son estadísticamente significativas como es evidente en la Fig. 4, lo cual es consistente con [22], quienes encontraron tendencias negativas no significativas durante el invierno y verano sobre la región. Estos efectos se pueden atribuir a que el problema de la disponibilidad de agua regional se debe más bien al aumento poblacional de la región en los últimos 70 años, como se observa en la Fig. 5. Este problema es real, pero al parecer no obedece principalmente a cuestiones climatológicas, y se pronostica que el problema seguirá creciendo, incluso si las tendencias de precipitación cambiaran de signo, como lo sugiere [23].

Una posible solución sería la instalación doméstica de condensadores de humedad atmosférica, aunque hasta el momento se considera incosteable por la gran demanda energética necesaria para un sistema eficiente de condensación. Sin embargo, esta idea está inspirada en el hecho de que cada vez hay más residencias que son autosuficientes en términos de electricidad generada con paneles solares e inclusive, con otras fuentes de energías alternativas. Con las continuas innovaciones tecnológicas, esto es cada vez más accesible. El hecho de proponer este tipo de tecnologías también puede ser atribuible a que, Ensenada cuenta con un alto potencial fotovoltaico, lo cual facilita el uso de dispositivos de almacenamiento y conversión de energía de tipo paneles, eso es una ventaja ya que además, la humedad relativa promedio del aire en la región se encuentra en $\approx 77\%$ (<https://www.meteored.mx/ensenada/historico>, consultado el día 08 de octubre de 2024), es decir, si se considera que se cuenta con un alto potencial fotovoltaico así como una humedad relativamente alta, es posible obtener un porcentaje de agua atmosférica que puede ser utilizada principalmente en hogares. Lo anterior, ofrece una alternativa viable y con perspectivas económicas para aumentar la disponibilidad de agua.

En conclusión, este trabajo demostró que, con datos mensuales acumulados de más de 70 años, la precipitación en Ensenada y los eventos de sequía son cíclicos y pueden ser alterados por situaciones climáticas como el ENSO, pero que no representan (al menos en el periodo evaluado) una disminución significativa de las mismas. Sin embargo, desde el punto de vista de incremento poblacional, la situación puede volverse compleja ya que, no solo factores como disponibilidad de agua, uso eficiente y almacenaje se han convertido en un reto para su disposición; sino que, además, el aspecto sociocultural y demográfico juega un papel crítico, ya que su contribución a la disminución y el uso per cápita de agua en la región, aunado a que una de los principales ingresos del estado como lo es la industria vitivinícola, podría verse

afectada en mayor medida por estos factores, más que por la variabilidad climática.

Además, otro factor importante que podría ayudar a que la disponibilidad de agua pueda ser factible mediante métodos no convencionales, es la generación de políticas públicas que permitan el acceso a este tipo de alternativas y que, además, promuevan un uso sustentable y sostenible hacia un futuro cada vez más cercano. Finalmente, se entiende que nuestra propuesta no es fácil de realizar, uno de los propósitos de este trabajo es que, con la participación de otros actores, la viabilidad de soluciones como ésta pueda aumentar.

Agradecimientos

Al Meteorólogo Santiago Higuera por compartir los datos de precipitación de la estación Ensenada, así como a la Comisión Nacional del Agua de donde provienen los archivos originales. ACS agradece al CONAHCYT-SNII por el apoyo recibido.

REFERENCIAS

- [1] Davis, G. W.; Richardson, D. M.; Keeley, J. E. and Hobbs, R. J. 1996. Mediterranean-type ecosystems: the influence of biodiversity on their functioning. In: functional roles of biodiversity: a global perspective. Mooney, H. A.; Cushman, J. H.; Medina, E.; Sala, O. E. and Schulze, E. D. (Eds.) John Wiley & Sons Ltd.
- [2] Censo de Población y Vivienda (2020). Principales resultados del Censo de Población y Vivienda 2020: Baja California, Instituto Nacional de Estadística y Geografía. - México: INEGI, c2023.
- [3] Sepúlveda, B. I. S. 2009. Distribución geográfica y estadística de la viticultura en Baja California. VI Seminario internacional de vitivinicultura. México, D. F. 7-14.
- [4] Valenzuela Solano, César, Ruiz Corral, José Ariel, Ramírez Ojeda, Gabriela, & Hernández Martínez, Rufina. (2014). Effects of climate change on the wine production potential of Baja California, Mexico. Revista mexicana de ciencias agrícolas, 5(spe10), 2047-2059. Recuperado en 20 de septiembre de 2024, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342014001402047&lng=es&tlng=en
- [5] Ferreyra E., Raúl, Sellés V., Gabriel, Ruiz S., Rafael, & Sellés M., Iván. (2003). EFECTO DEL ESTRÉS HÍDRICO APLICADO EN DISTINTOS PERIODOS DE DESARROLLO DE LA VID cv. CHARDONNAY EN LA PRODUCCIÓN Y CALIDAD DEL VINO. Agricultura Técnica, 63(3), 277-286. <https://dx.doi.org/10.4067/S0365-28072003000300007>
- [6] Savoi, Stefania, Herrera, Jose Carlos., Carlin, Silvia., Lotti, Cesare., Bucchetti, Barbara., Peterlunger, Enrico., Castellarin, Simon D., Mattivi, Fulvio (2020). From grape berries to wines: drought impact on key secondary metabolites. *OENO One*, 54(3), 569–582.
- [7] Noun, Gilbert., Lo Cascio, Mauro., Spano, Donatella., Marras, Serena., & Sirca, Constantino. (2022). Plant-Based Methodologies and Approaches for Estimating plant water status of Mediterranean tree species: a semi-systematic review. *Agronomy*, 12(9), 2127.
- [8] Elizondo, Lázaro S., y Mendoza-Espinosa, Leopoldo G. (2020). An analysis of water scarcity in a drought prone city: The case of Ensenada, Baja California, Mexico. *Tecnología y ciencias del agua*, 11(2), 1-55. Epub 27 de mayo de 2020. <https://doi.org/10.24850/j-tyca-2020-02-01>
- [9] Vega-Camarena, J. P., Brito-Castillo, L., Pineda-Martínez, L. F. And Farfán, L. M. (2023). 1. ENSO Impact on Summer Precipitation and Moisture Fluxes over the Mexican Altiplano. *Journal of Marine Science and Engineering*, doi: 10.3390/jmse11051083
- [10] Bravo-Cabrera, J. L., Azpra-Romero, E., Rodríguez-Gonzalez, F. J and Rodríguez-López, O. (2018). 2. Effects of ENSO on precipitation in Mexico City. *Investigaciones Geográficas*, doi: 10.14350/RIG.59679
- [11] Pavia, E.G., 2017. Changes in the ENSO–rainfall relationship in the Mediterranean California border region. *Atmospheric Science Letters*. 18: 183–186. DOI: 10.1002/asl.741.
- [12] Del-Toro-Guerrero, F.J. and T. Kretschmar. 2020. Precipitation-temperature variability and drought episodes in northwest Baja Califor-

- nia, México. *Journal of Hydrology: Regional Studies*. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2019.100653>.
- [13] Hernandez Garcia, M.; Garza-Lagler, M.C.; Cavazos, T.; Espejel, I. Impacts of Climate Change in Baja California Winegrape Yield. *Climate* 2024, 12, 14. <https://doi.org/10.3390/cli12020014>
- [14] Wigley, T.M.L. 2006. Statistical issues regarding trends. In *Temperature Trends in the Lower Atmosphere: Steps for Understanding and Reconciling Differences*. Karl TR, Hassol SJ, Miller CD, Murray WL (eds). *Climate Change Scientific Program*: Washington, DC; 164 pp.
- [15] Fercia, Angulo-Fernández, I., Reyes-Ramírez, E., L., Flores-Márquez. (2018). 3. Scaling properties of rainfall records in some Mexican zones. *Acta Geophysica*, doi: 10.1007/S11600-018-0141-2
- [16] Melgarejo, A. E, Ordoñez, P., Nieto, R., Gimeno, L., Ribera, P. (2017). Moisture transport related to the ENSO effects in the Mexican precipitation. doi: 10.3390/CHYCLE-2017-04884.
- [17] Mokoma, T. J. and Tilahun, S. L. (2022). 2. Water provision planning on the basis of human population growth forecasts: a case study of the City of uMhlathuze, KwaZulu-Natal Province, South Africa. *Water supply*, doi: 10.2166/ws.2022.290
- [18] Anurag, Tripathi., Samir, Tushar., Saurabh, Pal., Shoumik, Lodh., Shashank, Tiwari., R., S., Desai. (2015). 4. Atmospheric Water Generator.
- [19] Ragini, Gaikwad. (2019). 5. DCS Based Atmospheric Water Extractor For Domestic Use.
- [20] Amin, S. A. S., Hassan, M., Elaraby, H. (2024). Develop a Fresh Water Production Method from Atmosphere. *J App Mat Sci & Engg Res*, 8(1), 01-19
- [21] Pavia, E.G., F. Graef and R. Fuentes-Franco. 2016. Recent ENSO–PDO precipitation relationships in the Mediterranean California border region. *Atmospheric Science Letters*. 17: 280–285. DOI: 10.1002/asl.656.
- [22] Colorado-Ruiz, G., & Cavazos, T. (2021). Trends of daily extreme and non-extreme rainfall indices and intercomparison with different gridded data sets over Mexico and the southern United States. *International Journal of Climatology*, 41(11), 5406–5430. <https://doi.org/10.1002/joc.7225>
- [23] Goutam, Konapala., Goutam, Konapala., Ashok, K., Mishra., Yoshihide, Wada., Michael, E., Mann. (2020). 3. Climate change will affect global water availability through compounding changes in seasonal precipitation and evaporation, *Nature Communications*, doi: 10.1038/S41467-020-16757-W