

Evaluación de los factores que contribuyen al estrés hídrico en el Perú, 2008 – 2022

Pierina Catherine Norabuena Trejo 

Departamento de Economía

Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, Ancash, Perú, pnorabuenat@unasam.edu.pe

Abstract– Peru is a country vulnerable to water stress, it has a population of more than 33 million people and constant economic growth, climate change and the degradation of ecosystems are contributing to water stress in our country, thus, the objective of This article is to evaluate the factors that contribute to water stress in Peru, using data from 2008 to 2022, the approach is quantitative, theoretical, descriptive and correlational, it used data from the Ministry of the Environment and the World Bank. The results indicated water stress is significantly impacted by climate change and ecosystem degradation, with an increase of 18% and 34%, and an increase of 0.02%. Economic growth has a small and non-significant impact, and the population growth rate has a significant and positive impact. The model explains 64.8% of the variance according to the R-squared, with an adjusted R-squared of 0.979. The study's findings have important implications for water management. Water management policies and programs should focus on climate change mitigation, ecosystem protection, and sustainable management of population growth.

Keywords– water stress, climate change, ecosystem degradation, population, economic growth.

I. INTRODUCTION

El agua es un recurso esencial para la vida humana y el desarrollo sostenible. Sin embargo, el estrés hídrico está aumentando en muchas regiones del mundo. El estrés hídrico es una condición en la que la demanda de agua supera la oferta disponible. Ante la creciente escasez de agua potable en todo el mundo, para el 2025, la mitad de la población mundial vivirá en zonas con escasez de agua (Kozicki & Baiyasi-Kozicki, 2019). La población global al año 2050 superará los 9.000.000.000, este fenómeno requerirá un mayor suministro de agua dulce en países en desarrollo (Taft, 2015).

El Perú es un país vulnerable al estrés hídrico, tiene una población de más de 33 millones de personas y un crecimiento económico constante. El cambio climático y la degradación de ecosistemas están contribuyendo al estrés hídrico en el Perú y la deforestación está reduciendo la capacidad de los bosques para almacenar y regular el agua dulce, es así que el objetivo es evaluar los factores que contribuyen al estrés hídrico en Perú, utilizando datos de 2008 a 2022.

La extracción de agua dulce ha aumentado constantemente en los últimos años, pasando de 0.83% en 2008 a 2.07% en 2022. Este aumento se debe a una serie de factores, entre los que se encuentran el crecimiento de la población, el crecimiento económico y el cambio climático.

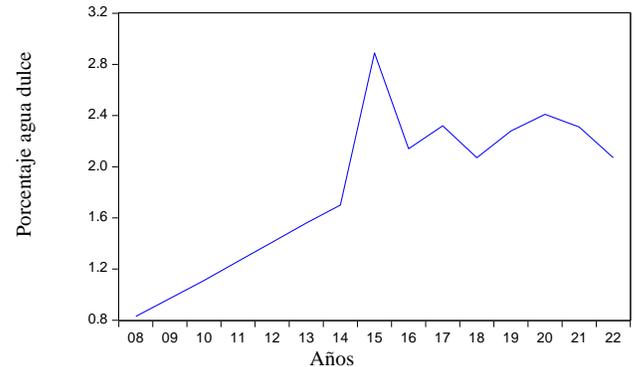


Fig. 1. Extracción de agua dulce como porcentaje de los recursos de agua dulce disponibles (%), tomado de Sistema Nacional de Información Ambiental del Ministerio del Ambiente <https://sinia.minam.gob.pe/indicadores-estadisticas>

El cambio climático, por su parte, está provocando una disminución de las precipitaciones en algunas regiones del Perú, lo que está aumentando la demanda de agua de los sistemas de riego (Sajuria, 2014). El crecimiento de la extracción de agua dulce está teniendo un impacto negativo en los ecosistemas del Perú. La pérdida de cobertura vegetal, el estrés hídrico y el consumo de sustancias agotadoras de la capa de ozono son algunos de los problemas ambientales que están asociados con la extracción de agua dulce (Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial, 2021).

La figura 2 muestra que el consumo de sustancias agotadoras de la capa de ozono en Perú ha disminuido significativamente desde 2008. En ese año, Perú consumía 1.320 toneladas métricas y en 2022, el consumo se había reducido a 22 toneladas métricas. Esta disminución es el resultado de los esfuerzos del Perú para cumplir con el Protocolo de Montreal, un tratado internacional que regula el uso de SAO. El Protocolo de Montreal entró en vigor en 1989 y establece una serie de plazos para la eliminación gradual del uso de SAO.

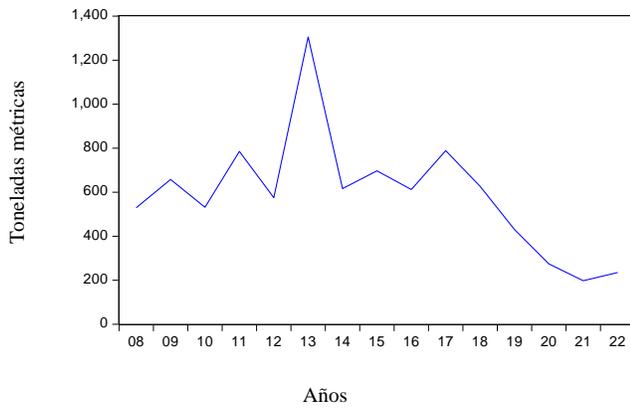


Fig. 2. Consumo de sustancias agotadoras de la capa de ozono (toneladas métricas), elaboración propia, tomado del Banco Mundial <https://databank.worldbank.org/home.aspx>

La pérdida de cobertura vegetal, el estrés hídrico y el consumo de sustancias agotadoras de la capa de ozono son algunos de los problemas ambientales que están asociados con la extracción de agua dulce.

La figura 3 muestra que la pérdida de cobertura vegetal en Perú ha sido significativa en los últimos años. En 2008, la cobertura vegetal era del 68.9% y en 2022, era del 65.8%, cuyo resultado se debe a la deforestación es la tala de árboles para fines agrícolas, ganaderos o de desarrollo, cambio de uso de la tierra como la agricultura o la urbanización. Además, la pérdida de cobertura vegetal puede contribuir al cambio climático, ya que los árboles absorben dióxido de carbono de la atmósfera.

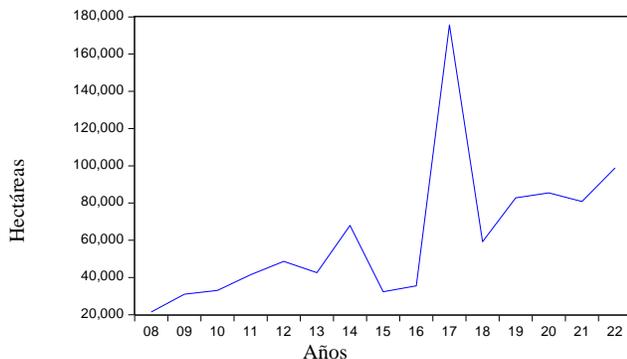


Fig. 3. Pérdida de la cobertura vegetal por unidad de ecosistemas costeros, andinos, de yunga y selva tropical (HA) , tomado del Banco Mundial <https://databank.worldbank.org/home.aspx>

La figura 4 muestra que el crecimiento de la población en Perú ha disminuido significativamente desde 2008. En 2008, el crecimiento de la población fue del 2,89%. En 2022, el crecimiento de la población era del 1,0%. Esta disminución es el resultado de una serie de factores como es la tasa de fecundidad que disminuyó de 2,7 hijos por mujer en 2008 a 2,2 hijos por mujer en 2022 y la migración. La disminución del crecimiento de la población en Perú es una buena noticia para el medio ambiente y para el desarrollo sostenible. Una

población que crece más lentamente significa menos presión sobre los recursos naturales y los servicios públicos.

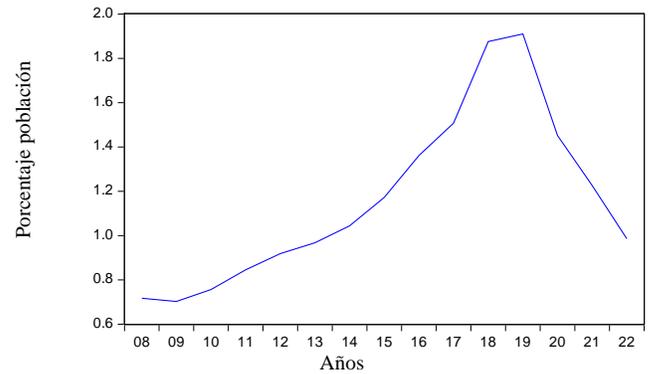


Fig. 4. Crecimiento de la población (% anual), tomado del Banco Mundial <https://databank.worldbank.org/home.aspx>

El crecimiento del PBI ha sido positivo en los últimos años. En 2008, el crecimiento del PBI fue del 9,1% y en 2022, el crecimiento del PBI era del 2,6%. Esta tendencia positiva es el resultado de una serie de factores, incluyendo el aumento de la inversión extranjera directa. La inversión extranjera directa en Perú ha aumentado en los últimos años, lo que ha contribuido al crecimiento económico.

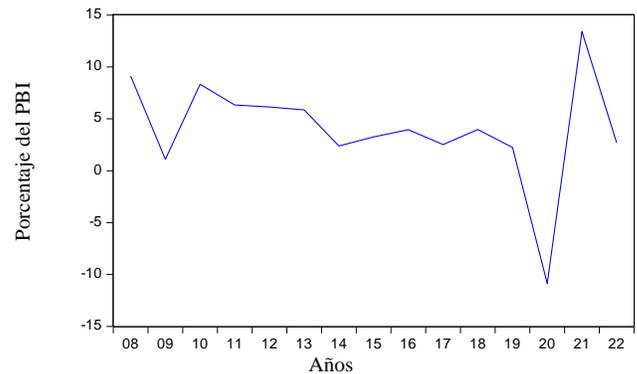


Fig. 5. Crecimiento del PIB (% anual), tomado del Banco Mundial <https://databank.worldbank.org/home.aspx>

Diversos autores destacan en el artículo, como Ponce-Vega (2015) señala que la desertificación, el estrés hídrico y el cambio climático son soluciones alternativas de bajo costo y alta efectividad para proporcionar agua a las comunidades rurales de bajos ingresos para satisfacer sus necesidades agrícolas y domésticas. El cambio climático a nivel mundial y regional ha tenido un impacto en la cantidad e intensidad de la sequía, lo que ha aumentado la cantidad de zonas áridas en el mundo, los eventos de estrés por sequía han aumentado en las plantas (Pulido Pulido, 2014), en el caso de la cuenca amazónica, el clima es extremo y los modelos climáticos prevén condiciones más secas y cálidas para finales del siglo

XXI, que aumenta el estrés hídrico en la zona (Olivares et al., 2015).

En cuanto a la degradación de los ecosistemas, los terrestres y acuáticos de México no solo mantienen una gran cantidad de especies, sino que también ofrecen servicios culturales, aprovisionamiento de alimentos y regulación del control climático y la gestión de plagas. (Arlinghaus et al., 2018). A ello se suma, la falta de seguridad, el desempleo y la corrupción son factores que promueven la pobreza, migración, abandono de áreas rurales, deforestación, extracción de recursos naturales, que producen una degradación ecológica y complican la conservación ambiental (Perevochtchikova, 2014).

Para el tercer factor, varios países del Caribe enfrentan altos niveles de estrés hídrico y escasez de agua, debido a la creciente demanda, la infraestructura inadecuada y la baja inversión en el sector del agua (Kaidou-Jeffrey et al., 2018), además, el aumento de la población, las actividades económicas intensivas y el cambio climático han ejercido una gran presión o estrés sobre el recurso hídrico (Bahamon Urrea et al., 2018). La gestión sostenible del agua requiere un análisis de la presión demográfica sobre los recursos hídricos, la concentración poblacional relativa, las características hidrológicas y climáticas afectan la cantidad de agua disponible (Fries, 2019)

La disponibilidad del recurso hídrico está en riesgo debido al aumento de la población y al cambio climático en el país. El agua gris, que es agua residual que se separa de las aguas negras y se puede tratar y reutilizar en el riego y descarga de inodoros, se presenta como una oportunidad atractiva para aumentar la disponibilidad de agua. (Díaz et al., 2021)

Lario, (2022) afirmó que el aumento de la urbanización y la creciente población ejercen una presión significativa sobre los recursos naturales. Para 2030, el 47% de la población mundial vivirá en zonas de alto estrés hídrico, siendo necesario un tiempo real retroalimentación sobre la calidad del agua para responder a las amenazas el suministro de agua por el cambio climático, el crecimiento demográfico, agricultura intensiva en agua, contaminación industrial y urbanización (Kozicki & Baiyasi-Kozicki, 2019)

Con respecto al crecimiento económico, es urgente que los países ricos donen el 0,7% del PIB per cápita (PNB) a los países pobres que se comprometieron en la Convención de 1949 y otras Convenciones de la ONU para cumplir con los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM). Es necesario desafiar la globalización con acciones positivas y iniciativas económicas sociales verdes para poner fin a la pobreza tanto en los países ricos como en los pobres. (Chanuka, 2005)

El esbozo teórico se basa en la gestión sustentable y de calidad de agua y cantidad que garantiza que los beneficios económicos y de salud pública (Chiang et al., 2014). En un mundo que se está urbanizando rápidamente, los países en

desarrollo tienen una capacidad limitada para hacer frente este cambio rápido. Las ciudades afectan el ciclo hidrológico de varias maneras: extraen cantidades significativas de agua de las fuentes de agua superficiales y subterráneas, descargan aguas residuales sin tratar en los cuerpos de agua (UN-Water, 2015). Debido a la geografía compleja y rápidamente cambiante del suministro y uso del agua, es difícil evaluar la suficiencia de los recursos de agua dulce. Una proporción significativa de la población mundial está experimentando estrés hídrico y el aumento de la demanda de agua supera con creces el calentamiento de efecto invernadero (Vörösmarty et al., 2000). Finalmente, la preservación de este valioso recurso está en riesgo en parte debido a la negligencia en cuanto a la contaminación, y en parte debido a los desechos, que provienen de infraestructuras inadecuadas en los países en desarrollo o infraestructuras obsoletas y defectuosas en la mayoría de los países desarrollados. (Taft, 2015).

II. METODOLOGIA

El enfoque de la investigación fue cuantitativo y se trabajó con variables, dimensiones e indicadores; tipo aplicado, según la propuesta de investigación, enfoques teóricos aplicados al tema de investigación, es de nivel explicativo (incluye descripción y correlación); Trabajaron con variables causa-efecto. El diseño del estudio longitudinal no experimental abarcó 15 años desde el período de estudio de 2008 a 2022. Se utilizó el Sistema Nacional de Información Ambiental del Ministerio del Ambiente y las series estadísticas anuales del Banco Mundial, y la técnica de recolección de datos fue el análisis y revisión de documentos estadísticos (fuentes secundarias). Los datos utilizados en este estudio provienen del Banco Mundial, y corresponden al periodo 2008-2022 (15 series). Las variables utilizadas son las siguientes:

TABLA I
Variables de estudio

Tipo de variable	Dimensión	Indicadores	Unidad de medida
VARIABLE DEPENDIENTE			
Estrés hídrico	Ambiental	porcentaje de los recursos de agua dulce disponibles (%)	Cuantitativo Porcentaje
VARIABLES INDEPENDIENTES			
Cambio climático	Ambiental	Consumo de sustancias agotadoras de la capa de ozono	Cuantitativo Toneladas métricas
Degradación de ecosistemas	Ambiental	Pérdida de la cobertura vegetal por unidad de ecosistemas	Cuantitativo Hectáreas
Crecimiento poblacional	Demográfico	Tasa de crecimiento de población	Cuantitativo Porcentaje
Crecimiento económico	Económico	Crecimiento del PIB	Cuantitativo Porcentaje

Después de obtener los datos del Ministerio del Ambiente y del Banco Mundial, se exportaron los datos a Excel para organizar, analizar y clasificar. También se aseguró de que los datos estuvieran bien dispuestos y preparados para su análisis en profundidad en etapas posteriores del estudio.

Para evaluar el impacto de cada factor en el estrés hídrico, se utilizó un análisis de regresión lineal de Mínimos Cuadrados Robustos (MRQ). Este tipo de regresión es adecuado para datos que presentan valores atípicos. La ecuación de regresión utilizada es la siguiente:

$$EH = \beta_0 + \beta_1 \cdot \log.CE + \beta_2 \cdot \log.CC + \beta_3 \cdot \log.DE + \beta_4 \cdot \log.CP + \mu_t$$

EH: estrés hídrico

CE: crecimiento económico

CC: cambio climático

DE: degradación de ecosistemas

CP: crecimiento poblacional

$\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4$: coeficientes de regresión

μ_t : error

III. RESULTADOS

Se presentan los resultados de la regresión de mínimos cuadrados robustos:

TABLA II

Regresión de mínimos cuadrados robustos

Dependent Variable: LOG_ESTRESHIDRI
 Method: Robust Least Squares
 Date: 01/19/24 Time: 17:52
 Sample: 2008 2022
 Included observations: 15
 Method: M-estimation
 M settings: weight=Bisquare, tuning=4.685, scale=MAD (median centered)
 Huber Type I Standard Errors & Covariance

Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
LOG_CLIMATICO	-0.179881	0.053050	-3.390759	0.0007
LOG_DEGRADACION	0.338216	0.059212	5.711926	0.0000
LOG_ECONOMICO	0.019885	0.038658	0.514379	0.6070
LOG_POBLACION	0.471995	0.093303	5.058726	0.0000
C	-2.185137	0.840774	-2.598958	0.0094

Robust Statistics			
R-squared	0.648306	Adjusted R-squared	0.507628
Rw-squared	0.979627	Adjust Rw-squared	0.979627
Akaike info criterion	39.99637	Schwarz criterion	46.00810
Deviance	0.098854	Scale	0.055178
Rn-squared statistic	209.8818 stat.)	Prob(Rn-squared	0.000000

Non-robust Statistics			
Mean dependent var	0.539824	S.D. dependent var	0.373414
S.E. of regression	0.305527	Sum squared resid	0.933467

Los resultados de la tabla II, indicaron que un aumento de 1% en el cambio climático, se asocia con una disminución de 0.18% del estrés hídrico, siendo estadísticamente significativo. Un aumento de 1% en la degradación de los ecosistemas, se asocia con un aumento de 0.34% del estrés hídrico, siendo estadísticamente significativo. Un aumento de 1% de la tasa de crecimiento población, se asocia con un aumento de 0.47% del estrés hídrico, siendo significativo. Un aumento de 1% del crecimiento económico, se asocia con un aumento pequeño y no significativo de 0.02% del estrés hídrico.

El R-cuadrado 0,648 indica que el modelo explica el 64,8% de la varianza del estrés hídrico. El R cuadrado ajustado es 0,508 tiene en cuenta el número de predictores y sugiere una medida de ajuste más ajustada. El Rw-cuadrado es 0,979 indica un ajuste muy fuerte basado en medidas sólidas.

El Criterio de información de Akaike (AIC) y Criterio de Schwarz (BIC) indican un mejor ajuste del modelo. Además, no existe autocorrelación de las variables.

Date: 01/29/24 Time: 21:26
 Sample: 2008 2022
 Included observations: 15

	Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob*
1	0.261	0.261	1.2403	0.265		
2	0.096	0.030	1.4228	0.491		
3	-0.066	-0.105	1.5148	0.679		
4	-0.225	-0.202	2.6886	0.611		
5	-0.224	-0.124	3.9724	0.553		
6	-0.271	-0.188	6.0462	0.418		
7	-0.312	-0.263	9.1561	0.242		
8	-0.060	0.001	9.2879	0.319		
9	0.061	0.006	9.4455	0.397		
10	0.060	-0.118	9.6265	0.474		
11	0.067	-0.131	9.9129	0.538		
12	0.043	-0.100	10.070	0.610		

*Probabilities may not be valid for this equation specification.

Fig. 6. Correlograma

En la figura 6, se muestra la autocorrelación en el desfase 1 es 0,261, lo que significa que existe una correlación positiva entre los datos de la serie temporal establecidos en el desfase 1 y ellos mismos en el desfase 0. La autocorrelación parcial en el retardo 1 también es 0,261, lo que significa que esta correlación sigue siendo significativa incluso después de controlar la influencia de los otros conjuntos de datos de series temporales. No hay autocorrelaciones parciales significativas en ningún otro rezago.

Los resultados del estudio muestran que el cambio climático, la degradación de los ecosistemas y la tasa de crecimiento de la población son los factores clave que influyen en el estrés hídrico. El cambio climático está causando un aumento de la frecuencia y la intensidad de las sequías, lo que está reduciendo la disponibilidad de agua. La degradación de los ecosistemas está afectando la capacidad de los ecosistemas para almacenar y liberar agua, lo que también está contribuyendo al estrés hídrico. El crecimiento de la población

está aumentando la demanda de agua, lo que está ejerciendo una mayor presión sobre los recursos hídricos disponibles. Los hallazgos del estudio tienen implicaciones importantes para la gestión del agua. Las políticas y los programas de gestión del agua deben centrarse en la mitigación del cambio climático, la protección de los ecosistemas y la gestión sostenible del crecimiento poblacional. Los autores citados en el estudio apoyan estos hallazgos. Ponce-Vega (2015) señala que las soluciones alternativas de bajo costo y alta efectividad para proporcionar agua a las comunidades rurales de bajos ingresos pueden ayudar a mitigar el impacto del cambio climático y la degradación de los ecosistemas en el estrés hídrico. Arlinghaus et al. (2018) señalan que la degradación de los ecosistemas está contribuyendo a la escasez de agua en México. Kaidou-jeffrey et al. (2018) señalan que el aumento de la población y el cambio climático están ejerciendo una presión significativa sobre los recursos hídricos en el Caribe. Díaz et al. (2021) señalan que el agua gris puede ser una oportunidad atractiva para aumentar la disponibilidad de agua en México. (LARIO, 2022) señala que el aumento de la urbanización y la creciente población están ejerciendo una presión significativa sobre los recursos naturales. Chanuka (2005) señala que es urgente que los países ricos donen a los países pobres para ayudar a mitigar el impacto del cambio climático en el estrés hídrico. Chiang et al. (2014) señalan que las ciudades están afectando el ciclo hidrológico de varias maneras, lo que está contribuyendo al estrés hídrico. Vörösmarty et al. (2000)) señalan que el aumento de la demanda de agua está superando con creces el calentamiento de efecto invernadero. Taft (2015) señala que la contaminación y los desechos están contribuyendo al estrés hídrico. En general, los resultados del estudio y los hallazgos de los autores citados proporcionan una base sólida para la implementación de políticas y programas de gestión del agua que ayuden a mitigar el estrés hídrico.

IV. CONCLUSIONES

El cambio climático, la degradación de los ecosistemas y la tasa de crecimiento de la población son los factores clave que influyen en el estrés hídrico, mientras que el impacto del crecimiento económico es marginal y no significativo. Estas conclusiones sugieren la necesidad de implementar políticas enfocadas en la mitigación del cambio climático, la protección de los ecosistemas y la gestión sostenible del crecimiento poblacional para reducir el estrés hídrico y asegurar la disponibilidad de agua en el futuro. El análisis de regresión lineal robusta indica que:

El cambio climático y la degradación de los ecosistemas tienen un impacto significativo en el estrés hídrico. Un aumento del 1% en el cambio climático se asocia con una disminución del 0,18% en el estrés hídrico, mientras que un aumento del 1% en

la degradación de los ecosistemas se asocia con un aumento del 0,34% en el estrés hídrico. Estos efectos son estadísticamente significativos ($p < 0,001$).

El crecimiento económico tiene un impacto pequeño y no significativo en el estrés hídrico. Un aumento del 1% en el crecimiento económico se asocia con un aumento del 0,02% en el estrés hídrico, pero este efecto no es estadísticamente significativo ($p > 0,05$).

La tasa de crecimiento de la población tiene un impacto significativo y positivo en el estrés hídrico. Un aumento del 1% en la tasa de crecimiento de la población se asocia con un aumento del 0,47% en el estrés hídrico ($p < 0,001$).

El modelo explica el 64,8% de la varianza del estrés hídrico según el R-cuadrado, y el Rw-cuadrado ajustado de 0,979 indica un ajuste muy fuerte basado en medidas sólidas.

the “et” in the Latin abbreviation “et al.” The abbreviation “i.e.” means “that is,” and the abbreviation “e.g.” means “for example.” An excellent style manual for science writers is [8].

REFERENCES

- [1] Kozicki, Z. A., & Baiyasi-Kozicki, S. J. S. (2019). The survival of mankind requires a Water Quality and Quantity Index (WQI) and Water Applied Testing and Environmental Research (WATER) Centers. *World Water Policy*, 5(1), 55–70. <https://doi.org/10.1002/wwp2.12007>
- [2] Taft, H. L. (2015). *Water Scarcity: Global Challenges for Agriculture*. In *Food, Energy, and Water: The Chemistry Connection*. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800211-7.00016-8>
- [3] Sajuria, C. L. (2014). *Estado Mundial Agricultura: DESAFÍOS RELACIONADOS CON AGUA*. In *Idesia* (Vol. 32).
- [4] Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial. (2021). *El Futuro De La Industrialización En Un Mundo Post-Pandémico*. 1–32. https://www.unido.org/sites/default/files/files/2021-11/IDR_2022_OVERVIEW_-_SP_EBOOK.pdf
- [5] Ponce-Vega, L. A. (2015). Puquios, qanats y manantiales: gestión del agua en el Perú antiguo. *Agricultura Sociedad y Desarrollo*, 12(3), 279. <https://doi.org/10.22231/asyd.v12i3.240>
- [6] Pulido Pulido, S. Y. (2014). Especies reactivas de oxígeno y la enzima Superóxido Dismutasa como defensa de las plantas al estrés hídrico. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 5(2), 269. <https://doi.org/10.22490/21456453.1342>
- [7] Olivares, I., Svenning, J. C., van Bodegom, P. M., & Balslev, H. (2015). Effects of Warming and Drought on the Vegetation and Plant Diversity in the Amazon Basin. *Botanical Review*, 81(1), 42–69. <https://doi.org/10.1007/s12229-014-9149-8>
- [8] Arlinghaus, J., Calder, J., Danielson, L., Ellis, J., Paciorek, A., & Perry, E. (2018). Proteger mejor el medio ambiente. *Getting It Right*, 125–136. <https://doi.org/10.1787/9789264292871-11-es>
- [9] Perevotchikova, M. (2014). *Pago por servicios ambientales en México Un acercamiento para su estudio: Vol. Primera ed.* El Colegio de México.
- [10] Kaidou-jeffrey, D., Kendall, P., & Peters, A. C. (2018). Donna Kaidou-Jeffrey, Patrick Kendall, Amos C Peters, Justin Ram. 4.
- [11] Bahamon Urrea, C., Londoño Ciro, L. A., & Osorio Restrepo, A. D. J. (2018). Caracterización espacial de la precipitación en el cañón del río cauca, tramo comprendido entre los municipios de caramanta y sabanalarga, jurisdicción de corantioquia, departamento de antioquia,

- durante el periodo 2004 - 2014. *Ingenierías USBMed*, 9(1), 58–68.
<https://doi.org/10.21500/20275846.3319>
- [12] Fries, A. (2019). *Presión demográfica sobre el agua: un análisis regional*. 360–377
- [13] Díaz, M. A., Decinti, A., Blanco, D., & Vasquez, K. (2021). Methodology for the reuse of grey water in dwelling located in areas of water stress and extreme hydric stress - Characterization, quality and treatment options for reuse in Chile. *Informes de La Construcción*, 73(563), 1–12.
<https://doi.org/10.3989/ic.80823>
- [14] LARIO, O. (2022). Cada gota cuenta. *Actualidad Económica*, 12.
<https://www.proquest.com/magazines/cada-gota-cuenta/docview/2680662943/se-2?accountid=37408>
- [15] Chanuka, W. (2005). Book review: The End of Poverty: Economic Possibilities for Our Time, by Jeffrey D Sachs, 2005. *South African Journal of Information and Communication*, 14(6), 0.
<https://doi.org/10.23962/10539/19811>
- [16] CHIANG, G., MUNKITTRICK, K. R., MCMASTER, M. E., BARRA, R., & SERVOS, M. (2014). Regional Cumulative Effects Monitoring Framework: Gaps and Challenges for the Biobío River Basin in South Central Chile. *Gayana (Concepción)*, 78(2), 109–119.
<https://doi.org/10.4067/s0717-65382014000200004>
- [17] UN-Water. (2015). *World Water Development Report: Water for a sustainable world*. <http://www.unesco.org/new/en/natural-sciences/environment/water/wwap/wwdr/2015-water-for-a-sustainable-world/>
- [18] Vörösmarty, C. J., Green, P., Salisbury, J., & Lammers, R. B. (2000). Global Water Resources: Vulnerability from Climate Change and Population Growth Contemporary Population Relative to Demand per Discharge to D. *Science*, 289(5477), 284–288.