



Factors associated with the perception of the problem of scarce potable water available for domestic use in the Nazas-Aguanaval river basin, Mexico

Factores asociados a la percepción del problema poca agua disponible para uso doméstico en la cuenca de los ríos Nazas-Aguanaval, México

Marco Andrés López Santiago¹
Jocabed Getsemani Ortiz Lazalde²

¹Universidad Autónoma Chapingo, Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas, Carretera Gómez Palacio-Chihuahua km 40, México.

²Colegio de Postgraduados, Posgrado de Economía, km 36.5 carretera México-Texcoco, Montecillo, Texcoco, Estado de México. C. P. 56230.

*Corresponding author: marcoandres@chapingo.urruza.edu.mx ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-7683-631X>

Abstract

Northern Mexico is characterized by its arid zones, which implies that little water is naturally available. In the municipalities of San Pedro del Gallo and Mapimí, Durango, Mexico there is little annual precipitations, therefore what prevails is water deficiency for human consumption. In this study, questionnaires were applied to households in these municipalities with the objective of determining, by means of logistic regression, which are the main factors that affect the perception of the inhabitants regarding the problem of available water scarcity. The results can be a useful criterion for establishing strategies and defining policies that improve access to water in the necessary quantity and quality in the localities inhabited by the participating citizens. The results indicate that water quality and satisfaction with quantity have a positive influence, while educational level has a negative influence on the perception of the problem. In this context, the most influential variable is satisfaction with quantity.

Keywords: Scarcity, arid zones, quality, quantity.

Resumen

El norte de México es caracterizado por sus zonas áridas; ello implica que de manera natural hay poca agua disponible. En los municipios San Pedro del Gallo y Mapimí, Durango, México, ocurre poca precipitación anual; por lo tanto, lo que prevalece es deficiencia de agua para consumo humano. En este estudio se aplicaron cuestionarios a hogares en dichos municipios con el objetivo de determinar, por medio de una regresión logística, cuáles son los factores principales que inciden sobre la percepción de los habitantes en lo concerniente al problema de escasez del agua. Los resultados pueden ser un criterio útil para establecer estrategias y definir políticas que mejoren el acceso al agua en la cantidad y calidad necesarias en las localidades que habitan los ciudadanos participantes. Los resultados indican que la calidad del agua y la satisfacción con la cantidad influyen positivamente, mientras que el nivel de estudios influye negativamente sobre la percepción del problema. En este contexto, la variable que más influye es la satisfacción con la cantidad.

Palabras clave: Escasez, zonas áridas, calidad, cantidad



Introduction

Water is a necessary resource for life. Therefore, having continuous and safe access to water is a right recognized by the United Nations (UN) Assembly since 2010. The UN Sustainable Development Goal 6 refers to ensuring water availability, sustainable management and sanitation for all human beings. The UN mentions that there are billions of people mainly in rural areas, who lack this basic service. Therefore, improving its supply can boost the economic growth of countries and contribute to poverty reduction (World Health Organization [WHO], 2022).

In general terms, WHO (2022) mentions that climatic change, increasing water scarcity and population growth pose challenges for water supply systems. In terms of equity in access to potable water service, in Mexico, households with higher socioeconomic levels generally receive better quality services and, therefore, have a more positive perception of the service (González et al., 2016). In the same sense, Navarro-Chaparro et al. (2016) demonstrated that there is inequity in the spatial distribution of water services in Tijuana city, Baja California, Mexico. They state that the community with few economic resources has limited access to the water supply service and those who have this service have small levels of consumption. In this context, Vásquez et al. (2011) pointed out that individuals with higher education and welfare levels should expect better services in exchange for the water tariff, but they are also very likely to implement strategies to solve problems inherent to the water supply service.

On the other hand, González et al (2016) highlighted that more than half of the people interviewed considered that the water that reaches their home is scarce, either occasionally (30 %) or very often (27 %); they mention that three quarters of the interviewees perceive the quality of the water as good, as long as it serves for daily use, but for consumption they buy bottled water. The main reasons why they do not drink tap water are in the following order: color, odor and taste.

Northern Mexico is characterized by its arid zones, whose main quality is the scarce amount of water available due to low annual precipitation and high evaporation, in addition to the evident climatic change that accentuates the characteristic of this type of environment (Martínez-Austria and Patiño-Gómez, 2012). In this area, access to water of daily consumption is restricted in many localities; that is, either there is no network pipes to provide water to the home or the quality of water does not meet the needs of the population.

Therefore, the main objective of this study was to determine the factors that condition households' perception of domestic water problem. With this, it seeks to con-

Introducción

El agua es un recurso necesario para la vida. Entonces, tener acceso al agua de forma continua y salubre es un derecho reconocido por la Asamblea de la Organización de Naciones Unidas (ONU) desde el año 2010. El Objetivo 6 de Desarrollo Sostenible de la ONU, se refiere a garantizar la disponibilidad de agua, su gestión sostenible y el saneamiento para todos los seres humanos. La ONU menciona que existen miles de millones de personas, principalmente en áreas rurales, que carecen de este servicio básico. Por lo tanto, la mejora en su abastecimiento puede impulsar el crecimiento económico de los países y contribuir a la reducción de la pobreza (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2022).

En términos generales, la OMS (2022) menciona que el cambio climático, el aumento de la escasez de agua y el crecimiento de la población suponen desafíos para los sistemas de abastecimiento de agua. En cuanto a la igualdad en el acceso al servicio de agua potable, en México, por lo general en los hogares con niveles socioeconómicos mayores reciben los servicios de mejor calidad y, por lo tanto, tienen una percepción más positiva sobre el servicio (Gonzalez et al., 2016). En el mismo sentido, Navarro-Chaparro et al. (2016) demostraron que existe inequidad en la distribución espacial de los servicios hídricos en la ciudad de Tijuana, Baja California, México. Ellos afirman que la comunidad con pocos recursos económicos tiene un acceso limitado al servicio de abasto y aquéllos que cuentan con este servicio tienen niveles pequeños de consumo. En este contexto Vásquez et al. (2011) señalaron que los individuos con niveles mayores de educación y bienestar deberían esperar mejores servicios a cambio de la tarifa de agua, pero también es muy probable que implementen estrategias para solucionar problemas inherentes al servicio del suministro de agua.

Por otro lado, González et al. (2016) resaltaron que más de la mitad de las personas entrevistadas consideraron que el agua que llega a su casa escasea, ya sea ocasionalmente (30 %) o con mucha frecuencia (27 %); ellos mencionan que tres cuartas partes de los entrevistados perciben la calidad del agua como buena, siempre y cuando sirva para uso diario, pero para consumo compran agua embotellada. Las razones principales por las que ellos no beben agua de la llave son en el orden siguiente: color, olor y sabor.

El norte de México es caracterizado por sus zonas áridas, cuya principal cualidad es la escasa cantidad de agua disponible debido a la poca precipitación anual y a tan cuantiosa evaporación, además del evidente cambio climático que acentúa las características de este tipo de ambientes (Martínez-Austria y Patiño-Gómez, 2012). En esta área, el acceso al agua para consumo diario es restringido en muchas localidades; es decir,

tribute to provide information that will serve as a basis for the formulation of policies and action concerning awareness of the population about the importance and measures that could be taken to care for water.

Materials and methods

Location

The study was carried out in the municipality of Mapimí, particularly in the towns of Bermejillo, Roma Texas, San José de Bellavista, La Victoria, as well as in the municipality of San Pedro del Gallo, in the towns of Los Ángeles and Cinco de Mayo. These municipalities are located in strategic sites within the middle and lower areas of the Nazas-Aguanaval River Basin. The study area is located north-central Mexico, between meridians 35° and 27° North latitude and between parallels 106° and 102° West longitude. In the middle part of the Basin there is an average annual precipitation of 300 to 500 mm; this area is considered a semi-arid zone, which stores, conducts and uses water towards the lower part of the Basin. In this part, average annual precipitation is less than 300 mm and it is classified as an arid zone, with water consumption for agricultural production coming from the upper and middle parts of the Basin (Chávez et al., 2011).

Materials

For data generation, a questionnaire was applied to the heads of households. Based on the SEDESOL (2015) catalog of localities, the target population constitutes a total of 2 410 households. From this, a sample was obtained through simple random sampling. The formula used is the one presented by Aguilar-Barojas (2005):

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * p * q}{d^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q},$$

where n is the sample size, N is the number of households, d is the maximum admissible error (considering a level of $\alpha = 0.05$). A population proportion of 0.05 was contemplated based on previous studies conducted in the region and Z_{α} is the critical Z value, calculated from the normal curve area tables.

With the formula, and $n \approx 71$ was obtained, although a total of 80 were involved. Before applying the questionnaires to the 80 heads of household, a pilot test was conducted (12 questionnaires) applied to member of the target population. The questionnaires were applied proportionally to households in each locality.

The instrument applied included the following sections: I. Information on domestic water; II. Cost of water; III. Source of water outside the home; IV. Rain-water harvesting system; V. Perception of water problems; VI. Socioeconomic issues. The questionnaire was

o bien inexistente la red de tuberías que proporcionen el agua hasta su hogar o la calidad y cantidad de agua no satisface la necesidad de la población.

Por consiguiente, el presente estudio tuvo como objetivo principal determinar los factores que condicionan a los hogares para la percepción de la problemática del agua de uso doméstico. Con ello, se busca contribuir a proporcionar información que sirva de base para la formulación de políticas y acciones concernientes a la concientización de la población sobre la importancia y medidas que se podrían emprender para el cuidado del agua.

Materiales y métodos

Ubicación

El estudio se realizó en el municipio de Mapimí, en particular en las localidades Bermejillo, Roma Texas, San José de Bellavista, La Victoria, así como en el municipio de San Pedro del Gallo, en las localidades Los Ángeles y Cinco de Mayo. Estos municipios se ubican en sitios estratégicos dentro de las áreas media y baja de la Cuenca de los Ríos Nazas-Aguanaval. La zona de estudio se ubica en el norte centro de México, entre los meridianos 23° y 27° de latitud Norte y entre los paralelos 106° y 102° de longitud Oeste. En la parte media de la Cuenca ocurre una precipitación media anual de 300 a 500 mm; esta área es considerada como una zona semiárida, de almacenamiento, conducción y aprovechamiento de agua hacia la parte baja de la Cuenca. En esta parte ocurre una precipitación promedio anual menor a 300 mm y se clasifica como una zona árida, con un consumo de agua para la producción agropecuaria proveniente de las partes alta y media de la Cuenca (Chávez et al., 2011).

Materiales

Para la generación de datos se aplicó un cuestionario a los jefes de familia de los hogares. Con base en el catálogo de localidades de SEDESOL (2015), la población objetivo constituye un total de 2 410 viviendas. A partir de ello, se obtuvo una muestra mediante un muestreo aleatorio simple. La fórmula utilizada es la presentada por Aguilar-Barojas (2005):

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * p * q}{d^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q},$$

donde n es el tamaño de la muestra, N es el número de viviendas, d es el error máximo admisible (considerando un nivel de $\alpha = 0.05$). Una proporción poblacional de 0.05 se contempló con base en estudios previos realizados en la región y Z_{α} es el valor de Z crítico, calculado en las tablas del área de la curva normal.

Con la fórmula se obtuvo una $n \approx 71$, aunque se involucró un total de 80. Antes de aplicar el cuestionario a

constructed with 36 categorical questions, 12 dichotomous questions and 24 polytomous questions.

The application of the questionnaire was carried out directly during December 2017. The data were capture in an Excel software sheet.

Econometric model

In the search for a function that explains the perception of individuals, with respect to the problem of scarcity of water available for domestic use in the Middle and Lower Basin, logistic regression analysis was applied considering the theoretical model:

$$P(SI) = \beta_0 + \beta_1CAL + \beta_2SAT + \beta_3EST + \varepsilon,$$

Where P(SI) is a dichotomous dependent variable, representing the probability of answering Yes=1, No=0. That is, what was considered was “the perception of the water problem (Yes=1, No=0)” as the dependent variable and what determines the problem, i.e. the independent variables.

Table 1 shows the scales considered for each of the variables, as well as the sense of influence.

The following economic and econometric criteria were used to select the best regression: the signs of the variable reflect a logical relationship with the dependent variable, the coefficients of the independent variables are significant with an acceptable level of reliability

los 80 jefes de familia se realizó una prueba piloto (12 cuestionarios) aplicados a integrantes de la población objetivo. Los cuestionarios fueron aplicados proporcionalmente en los hogares de cada localidad.

El instrumento aplicado contó con los siguientes apartados: I. información sobre el uso doméstico del agua; II. costo del agua; III. fuente de agua fuera del domicilio; IV. sistemas de captación de agua de lluvia; V. percepción sobre la problemática del agua; y VI. cuestiones socioeconómicas. El cuestionario fue construido con 36 preguntas categóricas, 12 preguntas de tipo dicotómico y 24 de tipo politómico.

La aplicación del cuestionario se realizó directamente durante diciembre del año 2017. Los datos se capturaron en una hoja del software Excel.

Modelo econométrico

En la búsqueda de una función que explique la percepción de los individuos, con respecto al problema de la poca agua disponible para uso doméstico en las partes Media y Baja de la Cuenca, se aplicó el análisis de regresión logística considerando al modelo teórico:

$$P(SI) = \beta_0 + \beta_1CAL + \beta_2SAT + \beta_3EST + \varepsilon,$$

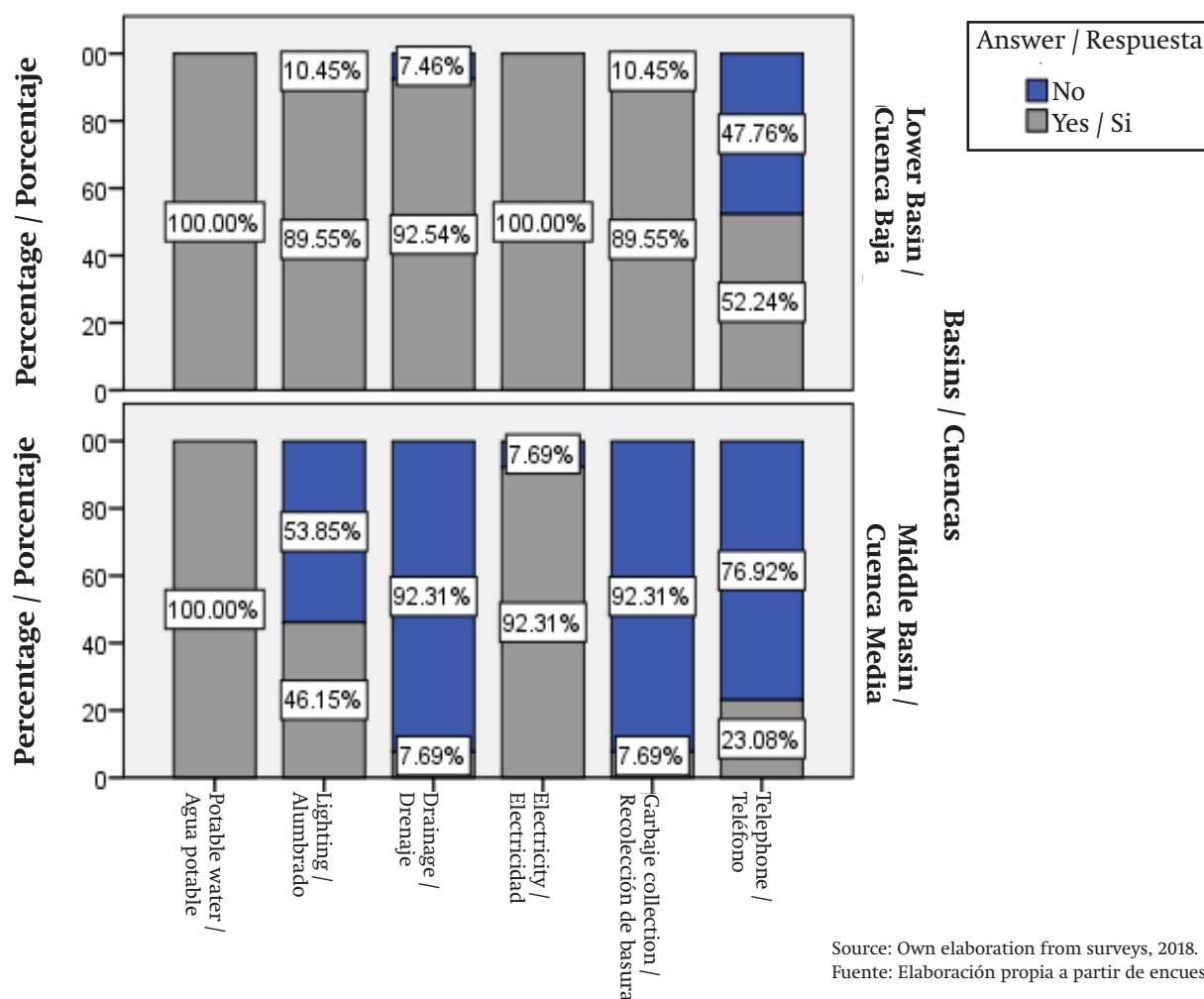
donde P(SI) es una variable dependiente dicotómica, que representa a la probabilidad de responder Sí=1, No=0. Es decir, lo que se consideró fue “la percepción sobre la problemática en el agua (Si=1, No=0)” como la variable

Table 1. Description of the variables included in the empirical model
Cuadro 1. Descripción de las variables incluidas en el modelo empírico

Variable Parameters/ Variable Parámetros	Definition/ Definición	Scale Units/ Unidades Escala	Expected Sign/ Signo Esperado
CAL	How water quality is perceived /Cómo perciben la calidad del agua	0= Good, / 0 = Buena 1= Bad / 1 = Mala	Positive / Positivo
SAT	Satisfaction with water quality / Satisfacción con la cantidad de agua	0= Satisfied, / 0= Satisfecho, 1= Dissatisfied / 1= Insatisfecho	Positive / Positivo
EST	Educational level / Nivel de estudios	0= None / Ninguno 1= Elementary school / 1= Primaria, 2= Secundaria, / 2= Middle school, 3= Preparatoria, / 3= High school, 4= University / 4= Universidad	Positive / Positivo
ε	Random error term / Término de error aleatorio		

Figure 1. Services in the Middle and Lower Basin.

Figura 1. Servicios en las partes Media y Baja de la Cuenca.



Source: Own elaboration from surveys, 2018.

Fuente: Elaboración propia a partir de encuestas, 2018.

and the logarithm of maximum likelihood of the model (log-likelihood) is large.

The Statistical Analysis System (SAS) version 9.0 was used to estimate the logistic regression. Likewise, Chi-square and Fisher's exact tests were performed with the 'IBM SPSS Regression 20' program to determine the association between the independent variables with the dependent variable.

Results and discussion

Socioeconomic aspects

Of the total number of heads of household to whom the questionnaire was applied, 48.75 % were female, while 51.25 % were male. 26.25 % of the participants have 2 economic dependents, 13.75 % have 3, and 15 % have 10. 30.6 % of the participants completed their elementary education. In addition, 9.7 % have a university education.

dependiente y lo que determina al problema, i.e. las variables independientes.

En el Cuadro 1 se aprecian las escalas que se consideraron para cada una de las variables, así como el sentido de influencia.

Para la elección de las mejores regresiones se siguieron los criterios económicos y econométricos siguientes: los signos de las variables reflejen una relación lógica con la variable dependiente, los coeficientes de las variables independientes sean significativos con un nivel aceptable de confiabilidad y el logaritmo de máxima verosimilitud del modelo (log-likelihood) sea grande.

El 'Statistical Analysis System' (SAS) versión 9.0 se usó para estimar la regresión logística. Asimismo, las pruebas de Chi-cuadrada y exacta de Fisher se hicieron con el programa 'IBM SPSS Regression 20' para determinar la asociación entre las variables independientes con la variable dependiente.

Figure 1 shows the services available in the localities of the study area.

In the Lower Basin, 100 % of the participating heads of household pay an average of \$112MXP per month for water (including service fee, plus fines and late fees), while in the middle part of the basin, just over 50 % pay an average of \$32MXP.

In the Lower part of the Basin, majority of people consume bottled water (94.03 %) and in the Middle part of the Basin only 30.77 %. This implies that water quality is perceived as better in the Middle part than in the Lower part. In the Lower part, 85.07 % do not store rainwater, while in the Middle part 84.61 % store water in tanks and buckets.

Perception of the problem and scarcity

90 % of the respondents perceived water as a problem. In the Lower Basin, the perception of the problem is associated with the majority of the population (95 %), while 61.5 % perceive such a problem in the Middle part.

In general, 66.7 % consider the problem to be serious, while 33.3 % consider it to be regular, 71 % of the inhabitants of the Lower part perceive the problem of water scarcity as serious and 28.1 % consider it to be regular. 25 % of the population of the Middle part perceives the problem as serious and 75 % as regular.

The results suggest better conditions or favorable factors for access water in the Middle Basin, while conditions in the Lower Basin are different. In general, 83.3 % of the respondents are dissatisfied with the amount of water they receive. 85.9 % of the inhabitants of the Lower Basin lack water more than one day per week. In addition, 65.6 % have water for less than 12 hours per day, while only 34.4 % have water for 13-24 hours per day.

On the other hand, 78.6 % of those with secondary and higher education perceive that the problem is serious. In addition, 57.8 % of the respondents (with basic education) agree with this perception.

Analysis of the perceived water scarcity problem through logistic regression

The statistical fit criteria for the global model and for the estimated parameters are shown in Tables 2 and 3. The results indicate that the numerical solution converges (Table 2).

The variables CAT, SAT and EST are significantly different from zero at a 5 % confidence level (Table 3). The estimated probability model P(SI), corresponding to families in the Lower and Middle parts of the Basin, is as follows:

Resultados y discusión

Aspectos socioeconómicos

Del total de jefes de familia a los que se les aplicó el cuestionario, 48.75 % corresponde al sexo femenino, mientras que 51.25 % al masculino. El 26.25 % de los participantes tiene 2 dependientes económicos, 13.75 % tiene 3, y 15 % tiene 10. El 30.6 % de los participantes terminó sus estudios de nivel primaria. Además, el 9.7 % tiene estudios universitarios.

En la Figura 1 se muestran los servicios con los que cuentan las localidades de la zona de estudio.

En la parte Baja de la Cuenca, el 100 % de los jefes de familia participantes paga por el agua en promedio \$112 mensualmente (incluye cuota por servicio, más multas y recargos por pago tardío), mientras que, en la parte Media poco más del 50 % paga un promedio de \$32.

En la parte Baja, la mayoría de las personas consumen agua de garrafón (94.03 %) y en la parte Media de la Cuenca solo el 30.77 %. Lo anterior implica que la calidad del agua es percibida como mejor en la parte Media que en la parte Baja. En la parte Baja, el 85.07 % no almacena agua de lluvia, mientras que en la parte Media 84.61 % almacena agua en tinacos y cubetas.

Percepción de la problemática y escasez

El 90 % de los encuestados percibe la problemática con el agua. En la parte Baja, la percepción de la problemática se asocia a la mayoría de la población (95 %), mientras que el 61.5 % percibe tal problema en la parte Media.

En general, el 66.7 % considera que la problemática es grave, mientras que el 33.3 % la considera regular. Los habitantes de la parte Baja que perciben el problema de escasez de agua, 71 % considera que es grave y 28.1 % considera que es regular. El 25 % de la población de la parte Media percibe a la problemática como grave y el 75 % como regular.

Los resultados sugieren condiciones mejores o factores favorables para el acceso al agua en la parte Media, mientras que las condiciones en la parte Baja son diferentes. En general, 83.3 % de los encuestados están insatisfechos con la cantidad del agua que reciben. Al 85.9 % de los habitantes de la parte Baja les falta el agua más de un día por semana. Además, 65.6 % dispone de agua durante menos de 12 horas cada día, mientras solo 34.4 % dispone de ella durante 13-24 horas cada día.

En otro orden de ideas, 78.6 % que cuentan con educación media superior y superior perciben que la problemática es grave. Además, 57.9 % de los encuestados (con educación básica) coinciden con esta percepción.

Table 2. Statistical fit criteria of the logistic model.**Cuadro 2. Criterios de ajuste estadístico del modelo logístico**

Model convergence status Convergence criterion (GCONV=1E-8) satisfied Model fit statistics / Estado de la convergencia del modelo Criterio de convergencia (GCONV=1E-8) satisfecho Estadísticos de ajuste del modelo		
Criterion / Criterio	Only independent terms / Solo de términos independientes	Independent terms and additional variables / Términos independientes y variables adicionales
Akeike Information Criterion (AIC) / Criterio de Información de Akaike (AIC)	54.013	29.234
Schwartz Criterion (SC) / Criterio de Schwartz (SC)	56.395	38.763
-2LogL	52.013	21.234

Table 3. Results of the logistical regression used to determine the perception of the water problem**Cuadro 3. Resultados de la regresión logística usado para determinar la percepción de la problemática del agua**

Test / Prueba (test)	Chi-square / Chi-cuadrada	Degrees of freedom (DF) / Grados de libertad (DF)	Pr>Chi Sq
Likelihood ratio / Relación de verosimilitud (likelihood ratio)	30.7788	3	<.0001
Score / Puntaje (Score)	27.3117	3	<.0001
Wald	7.8631	3	0.0489

Maximum likelihood estimator analysis / Análisis del estimador de máxima verosimilitud

Parameter / Parámetro	Degrees of Freedom (DF) / Grados de libertad (DF)	Estimation / Estimación	Standard Error / Error estándar	Wald's Chi-square / Chi-cuadrada de Wald	Pr>Chi Sq
Ordered to the origin / Ordenada al origen	1	3.3691	1.5991	4.4391	0.0351
CAL	1	4.0688	1.8355	4.9139	0.0266
SAT	1	5.1858	1.9983	6.7347	0.0095
EST	1	-1.9810	0.8396	5.5676	0.0183

$$P(SI) = 3.3691 + 4.0688CAL + 5.1858SAT - 1.9810EST$$

According to this econometric model, the estimated level of McFadden's pseudo R^2 statistic is 0.6. Therefore, the goodness of fit of the model is acceptable.

With respect to the economic analysis of the variables, the quality variable (CAL) reflected the expected sign. This indicates that the probability of an affirmative answer on the perception of the problem increases when poor water quality is perceived. Regarding satisfaction with quantity (SAT), as expected, the sign turn out to be positive. This means that the probability that the respondent perceives the water problem increases when they are dissatisfied with the quality received in their household. In the case of the educational level variable (EST), a positive sign was expected; that is, as the person had more educational degrees, the probability of perceiving the water problem would increase. However, the sign turn out to be negative. One explanation for this result could be that a person with a higher educational level has a higher income than a person with a lower educational level and, therefore, this implies that they have access to solve the problem and mitigate the lack of water.

Marginal effects

Marginal effects are a measure of the instantaneous effect of a unit change in some dependent variable on the prediction of the probability that P_i is equal to one, when all the variables remain constant (Gujarati and Porter, 2010). Then, if it is desirable to calculate the marginal effects manually, P_i is obtained first:

$$P_i = \frac{e^{3.3691+4.0688CAL+5.1858SAT-1.9810EST}}{1 + e^{3.3691+4.0688CAL+5.1858SAT-1.9810EST}}$$

$$P_i = 0.997842564$$

Then, considering the coefficient of the variable of interest, for example, (EST), the marginal effect can be estimated:

$$\frac{dP_i}{dEST} = -1.981 * 0.997842564 * (1 - 0.997842564) =$$

$$= -0.00426466$$

The estimated marginal effects are shown in Table 4. The variable that most influences the perception of water problems is satisfaction with the amount of water (SAT). As long as the respondent's perception is of dissatisfaction with respect to the amount of water received at home, the probability of the perception of the water scarcity problem increases by 10.07 %.

Regarding the water quality variable (CAL), if the respondent considers water quality to be poor, the probability of the perception of the problem increases by 3.7 %. With respect to the educational level (EST), for

Análisis de la problemática de escasez del agua percibida a través de la regresión logística

Los criterios estadísticos de ajuste para el modelo global y para los parámetros estimados se aprecian en los Cuadros 2 y 3. Los resultados indican que la solución numérica converge (Cuadro 2).

Las variables CAL, SAT y EST son significativamente diferentes de cero a un nivel de confianza del 5 % (Cuadro 3). El modelo de probabilidad $P(SI)$ estimado, correspondiente a las familias de las partes Baja y Media de la Cuenca, es el siguiente:

$$P(SI) = 3.3691 + 4.0688CAL + 5.1858SAT - 1.9810EST$$

De acuerdo con dicho modelo econométrico, el valor estimado del estadístico pseudo R^2 de McFadden es 0.6. Por lo tanto, la bondad de ajuste del modelo es aceptable.

Con respecto al análisis económico de las variables, la variable calidad (CAL) reflejó el signo esperado. Ello indica que la probabilidad de una respuesta afirmativa sobre la percepción del problema aumenta cuando se percibe una mala calidad del agua. Con relación a la satisfacción con la cantidad (SAT), como se esperaba, el signo resultó ser positivo. Esto significa que la probabilidad de que la persona encuestada perciba la problemática del agua aumenta cuando está insatisfecho con la cantidad que se recibe en su hogar. En el caso de la variable nivel de estudio (EST) se esperaba un signo positivo; es decir, conforme la persona contara con más grados educativos, aumentaría la probabilidad de que percibiera la problemática del agua. Sin embargo, el signo resultó ser negativo. Una explicación de este resultado podría ser que una persona con mayor nivel educativo percibe mayores ingresos que una persona con menor nivel de estudios y, por lo tanto, ello implica que puede acceder a solucionar el problema y mitigar la falta de agua.

Efectos marginales

Los efectos marginales son una medida del efecto instantáneo ante un cambio unitario en alguna variable dependiente que tiene sobre la predicción de la probabilidad de que P_i sea igual a uno, cuando todas las variables permanezcan constantes (Gujarati y Porter, 2010). Entonces, si lo deseable es calcular los efectos marginales de forma manual, primero se obtiene P_i :

$$P_i = \frac{e^{3.3691+4.0688CAL+5.1858SAT-1.9810EST}}{1 + e^{3.3691+4.0688CAL+5.1858SAT-1.9810EST}}$$

$$P_i = 0.997842564$$

Table 4. Marginal effects of the variables included in the model**Cuadro 4. Efectos marginales de las variables incluidas en el modelo**

Variables	dP_i/dx_i
Ordered to the origin/ Ordenada al origen	0.00725
CAL	0.03711
SAT	0.10072
EST	-0.00427

each educational level that increases, the probability of an affirmative answer decreases 0.42 %.

According to the marginal effects of the econometric model, the inhabitants of the localities in the study area perceive the water problem as a result of insufficient quality and quantity. This result coincides with Baltodano and Rojas (2021). In order to investigate the determinant factors of water and sanitation service satisfaction (Baltodano & Rojas, 2021), applied the “Best-Worst scalling” model. In this way, they obtained a higher score for the dimensions of quality and availability of the potable water and sanitation service. In this sense, Márquez and Ortega (2021) mention that the evaluation with respect to the organoleptic characteristics are one of the most relevant data to assess the quality of the water received by users.

In the present research work, the educational level turned out to be negatively related to the perception of the problem with water. In this context, Mballa and Espericueta (2018) state that the inhabitants consume water according to their purchasing power and that. According to the Pan American Health Organization, families with higher incomes spend more on water than those with lower incomes. When quantity is not sufficient, consumers buy bottled water as an alternative source, which represents an expense (Liscovsky et al., 2012). This probably explains why the educational level variable will be negative. In general, a higher educational level implies a higher income. Therefore, in order to solve the water problem, more alternatives can be considered at the household level when the government does not provide the quantity and quality of water demanded.

When considering the marginal effects, the variable that most influences the perception of the water problem is Satisfaction with Quantity (SAT). This result can be explained by the economic activities of the Nazas-Aguanaval River Basin. In this context, González et al. (2007) indicate that the main agricultural and forestry activities have a negative impact on the volume and quality of available water due to deforestation that limits and conditions surface water

Luego, considerando el coeficiente de la variable de interés, por ejemplo, (EST), el efecto marginal se puede estimar:

$$\begin{aligned}\frac{dP_i}{dEST} &= -1.981 * 0.997842564 * (1 - 0.997842564) \\ &= -0.00426466\end{aligned}$$

Los efectos marginales estimados se aprecian en el Cuadro 4. La variable que más influye sobre la percepción de la problemática del agua es la satisfacción con la cantidad del agua (SAT). Mientras que la percepción de la persona encuestada sea de insatisfacción con respecto a la cantidad de agua que recibe en su hogar, la probabilidad de la percepción de la problemática de escasez de agua aumenta 10.07 %.

En cuanto a la variable calidad del agua (CAL), si la persona encuestada considera una mala calidad del agua, la probabilidad de la percepción de la problemática aumenta 3.7 %. Con respecto al nivel de estudios (EST), por cada nivel de estudios que aumente, la probabilidad de una respuesta afirmativa disminuye 0.42 %.

De acuerdo con los efectos marginales del modelo econométrico, los habitantes de las localidades de la zona de estudio perciben la problemática del agua a causa de su calidad y la cantidad insuficiente. Este resultado coincide con lo señalado por Baltodano y Rojas (2021). Con el objetivo de indagar sobre los factores determinantes de la satisfacción del servicio de agua y saneamiento, (Baltodano y Rojas, 2021) aplicaron el modelo ‘Best-Worst scalling’. De esta manera, ellos obtuvieron una mayor puntuación para las dimensiones de calidad y disponibilidad del servicio de agua potable y saneamiento. En este sentido, Márquez y Ortega (2017) mencionan que la evaluación con respecto a las características organolépticas son uno de los datos más relevantes para evaluar la calidad del agua que reciben los usuarios.

En el presente trabajo de investigación, el nivel de estudios resultó estar negativamente relacionado con la percepción del problema con el agua. En este contexto, Mballa y Espericueta (2018) manifiestan que los habitantes consumen agua en función de su capacidad adquisitiva y que, según la Organización Panamericana de la Salud, las familias que perciben ingresos mayores gastan más en agua que las que perciben menos ingresos. Cuando la cantidad no es suficiente, los consumidores compran agua embotellada como fuente alterna, lo que representa un gasto (Liscovsky et al., 2012). Ello explica probablemente el hecho de que la variable nivel de estudios resultará negativo. En general, un nivel mayor de estudios implica ingresos también mayores. Por lo tanto, para solucionar la problemática del agua, más alternativas pueden considerarse a nivel de hogar cuando la instancia gubernamental no provee la cantidad y calidad de agua demandada.

runoff to the lower reaches. Thus, environmental conditions influence the quality and quantity of water and have repercussions on the perception of the users. As indicated by Faviel et al. (2018), users perceive that the factors affecting quality are vegetation and sand filtration. This idea coincides with the results of the present research because 95 % of the inhabitants of the Lower part of the basin perceive the problem, while only 61.5 % of the households in the Middle part perceive it. In this sense, Romero and Olvera (2019) point out that in the Hydrological-Administrative Region VII North Central Basins (Region that includes the Nazas-Aguanaval River Basin) there are severe problems of access, water availability and sanitation due to the overexploitation of this resource. Also, García et al. (2006) indicate that in this area there is sustainable use of water resources, due to the great competition between various consumer sectors, as well as water scarcity. This situation can lead to inequity and possible threat that future generations will have to face: probable water depletion.

Conclusions

In this study, the educational level variable was found to have a negative relation with the perception of the water problem. Since complete information on the income household heads was lacking and it was difficult to quantitatively test whether this inverse relation of educational level with the perception of the water problem was associated with income level.

The results can serve as a basis for the formulation of policies by the competent authorities to raise awareness of the importance of providing the population with water in sufficient quantity and quality to meet their daily needs. In addition, the results can be useful for planning and carrying out relevant actions in the different parts of the Basin.

End of English version

References / Referencias

- Aguilar-Barojas, S. (2005). Fórmulas para el cálculo de la muestra en investigaciones de salud. *Salud en Tabasco*, 11(1-2), 333-338.
- Baltodano C., W. E., y Rojas L., V. W. (2021). Factores determinantes de la satisfacción del servicio de agua y saneamiento: La opinión de los stakeholders en Pacasmayo. *Research, Society and Development*, 10(7), 1-15. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i7.16462>
- Chávez R. E., González C. G., González B. J. L., López D. A. (2011). La evapotranspiración en la cuenca baja y media del río Nazas. En: Oswald S.U. Retos de la investigación del agua en México. Cuernavaca, Mor. México. UNAM, Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias. 754 p.
- Al considerar los efectos marginales, la variable que más influye sobre la percepción de la problemática del agua es la Satisfacción con la Cantidad (SAT). Este resultado puede ser explicado por las actividades económicas de la Cuenca de los Ríos Nazas-Aguanaval. En este contexto, González et al. (2007) indican que las principales actividades agropecuarias y forestales tienen un impacto negativo sobre el volumen y la calidad del agua disponible debido a la deforestación que limita y condiciona el escurrimiento de agua superficial hacia la parte Baja. De esta forma, las condiciones del medio ambiente influyen sobre la calidad y cantidad de agua y repercuten en la percepción de los usuarios. Tal como lo indican Faviel et al. (2018), los usuarios perciben que los factores que inciden sobre la calidad son la vegetación y la filtración por la arena. Esa idea coincide con los resultados de la presente investigación porque 95 % de los habitantes de la parte Baja perciben la problemática mientras que, solo 61.5 % de los hogares de la parte media la perciben. En este sentido, Romero y Olvera (2019) señalan que en la Región Hidrológica-Administrativa VII Cuencas Centrales del Norte (Región que comprende a la Cuenca de los Ríos Nazas-Aguanaval) existen problemas severos de acceso, disponibilidad de agua y saneamiento debido a la sobreexplotación de dicho recurso. También, García et al. (2006) indican que en tal área se hace un uso no sustentable del recurso agua, debido a la gran competencia entre varios sectores consumidores, así como a la escasez del agua. Tal situación puede provocar inequidad y una amenaza posible que las próximas generaciones tendrán que afrontar: un probable agotamiento del agua.

Conclusiones

En este estudio se encontró que la variable nivel de estudios tiene una relación negativa con la percepción de la problemática del agua. Dado que se carecía de la información completa sobre los ingresos de los jefes de familia y resultaba difícil comprobar cuantitativamente si esta relación inversa del nivel de estudios con la percepción del problema con el agua estaba asociada con el nivel de ingresos.

Los resultados pueden servir de base para la formulación de políticas por parte de las autoridades competentes con el propósito de crear conciencia sobre la importancia de que la población cuente con agua en cantidad y calidad suficientes para satisfacer sus necesidades diarias. Además, los resultados pueden ser útiles para plantear y llevar a cabo acciones pertinentes en las diferentes partes de la Cuenca.

Fin de la versión en español

- Faviel C. E., Infante M. D., y Molina R. D. O. (2019). Percepción y calidad de agua en comunidades rurales del área natural protegida La Encrucijada, Chiapas, México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 35(2), 317-334. <https://doi.org/10.20937/rica.2019.35.02.05>

- García S., J. A., Guzmán S., E., y Fortis H., M. (2006). Demanda y distribución del agua en la Comarca Lagunera, México. *Agrociencia*, 40(2), 269-276.
- Greene, W. H. (2008). *Econometric analysis* (6a ed.). New Jersey: Pearson Education India.
- González-Villarreal, F., Aguirre-Díaz, R., y Lartigue, C. (2016). Percepciones, actitudes y conductas respecto al servicio de agua potable en la Ciudad de México. *Tecnología y ciencias del agua*, 7(6), 41-56.
- Gonzalez, J., Descroix, L., Jasso, R., Estrada, J., Bollery, A., Moreno, R., y Sanchez, I. (2007). Impacto de los sistemas productivos en la cuenca alta del río Nazas: análisis del problema de degradación física de una cuenca productora de agua. *Avances de investigación en agricultura sostenible. Bases metodológicas para el manejo integral de cuencas hidrológicas*. Consultado el 29 de abril del 2022. Disponible en: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02174023/document>
- Gujarati, D., y Porter, D. (2010). *Econometría* (5ª ed). Mc Graw Hill. México, D.F.
- Liscovsky, I. J., Parra-Vázquez, M. R., Bello-Baltazar, E., y Arce-Ibarra, A. M. (2012). Discurso territorial y práctica sectorial de las políticas socioambientales: un análisis del ecoturismo. *Economía, Sociedad y Territorio*, 12(39), 359-402.
- Márquez, F. O., y Ortega, M. M. (2017). Percepción social del servicio de agua potable en el municipio de Xalapa, Veracruz. *Revista Mexicana de Opinión Pública*, (23), 41-59.
- Martínez-Austria, P. F., y Patiño-Gómez, C. (2012). Efectos del cambio climático en la disponibilidad de agua en México. *Tecnología y ciencias del agua*, 3(1), 5-20.
- Mballa, L. V., y Espericueta, F. H. (2018). Las políticas públicas de abastecimiento de agua potable y saneamiento para la localidad de Escalerillas, San Luis Potosí-México: escenarios y percepción ciudadana. *Agua y territorio*, 11, 137-152. <http://dx.doi.org/10.17561/at.11.3378>
- Navarro-Chaparro, K., Rivera, P., y Sánchez, R. (2016). Análisis del manejo de agua en la ciudad de Tijuana, Baja California: Factores críticos y retos. *Estudios fronterizos*, 17(33), 53-82.
- Organización Mundial de la Salud [OMS]. (2022). Nota descriptiva del agua. Consultado el 5 de mayo del 2022. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>
- Organización de la Naciones Unidas [ONU]. (2022). “Objetivo 6: Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos”. Consultado el 19 de abril del 2022. Disponible en: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/water-and-sanitation/>
- Romero N., L., y Olvera M., M. (2019). Control del agua bajo el modelo de gestión por cuencas hidrológicas en México. Iztapalapa. *Revista de ciencias sociales y humanidades*, 40(86), 125-158. <https://doi.org/10.28928/ri/862019/aot1/romeronavarretel/olveramolina>
- SEDESOL (2015). Catálogo de Localidades. Disponible en: <http://www.microrregiones.gob.mx/catloc/Default.aspx>
- Vásquez, W. F., Trudeau, J., y Franceschi, D. (2011). Can User Perception Influence the Quality of Water Services? Evidence from León, Nicaragua. *International Review of Administrative Sciences*, 77(3), 481-503. <https://doi.org/10.1177/0020852311407363>