

## Los consumos y las dotaciones de agua potable en poblaciones ecuatorianas con menos de 150000 habitantes

### *Drinking water consumption and endowment in Ecuadorian towns with less than 150 000 inhabitants*

Alfonso Arellano<sup>\*id</sup>, Andrés Bayas<sup>id</sup>, Antonio Meneses<sup>id</sup>, Tito Castillo<sup>id</sup>

Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba, Ecuador, 060108; [jabayas.fic@unach.edu.ec](mailto:jabayas.fic@unach.edu.ec); [ameneses@unach.edu.ec](mailto:ameneses@unach.edu.ec); [tcastillo@unach.edu.ec](mailto:tcastillo@unach.edu.ec)

\* Correspondencia: [aarellano@unach.edu.ec](mailto:aarellano@unach.edu.ec)

Recibido 06 mayo 2018; Aceptado 21 mayo 2018; Publicado 12 junio 2018

**Resumen:** El desarrollo demográfico, económico, social y tecnológico ha cambiado los consumos de agua potable de la población. La Norma Ecuatoriana CPE INEN 005-9-1 para diseño de sistemas de agua potable estableció dotaciones que no han recibido cambios importantes los últimos 40 años. El propósito de esta investigación es establecer los consumos de agua potable actuales, de 11 poblaciones menores a 150 000 habitantes ubicadas en diversas regiones del país, para contrastarlas con las dotaciones de la Norma Ecuatoriana. Se midieron los consumos mensuales de agua potable del sector residencial durante un semestre entre los años 2013 y 2015. Los consumos se diferenciaron en función de estratos socio económicos previamente identificados. Tres parámetros climatológicos registrados mensualmente en cada población fueron considerados, encontrándose relación con los consumos de agua potable. Un análisis estadístico de los datos estableció relaciones entre consumos de agua potable y tamaño de la población. Se encontraron diferencias significativas entre los consumos y dotaciones de agua potable, en los rangos de población establecidos por la norma. Se elaboró un modelo polinómico que caracteriza el consumo de agua potable en función del tamaño de las poblaciones. Los resultados de la aplicación del modelo destacan las diferencias entre dotaciones y consumos de agua para diversos estratos socio económicos de cada población; y, la variación de los consumos de agua potable en función del tamaño de la población. La información generada es útil para los ingenieros proyectistas que deberían considerar las particularidades de cada población en el cálculo de dotaciones. La información presentada sirve para diferenciar tarifas de agua potable en función de las características socio económicas de los consumidores.

**Palabras clave:** Agua potable, consumos, dotaciones, población, modelo

**Abstract:** *The demographic, economic, social, and technological development has changed the drinking water consumption of the population. The Ecuadorian norm CPE INEN 005-9-1 for drinking water systems studies has established an endowment, which has not got important changes the last 40 years. The purpose of the research is to measure the actual water consumption in 11 towns lower than 150000 people. These towns are placed in different Ecuadorian regions. The 11 town's water consumption will be compared with the norm endowment. The residential monthly consumption was registered during 6 months between the years 2013 and 2015. The consumption rates were measured according to the social-economical strata identified previously. Three climatological parameters were registered monthly on each town. There was found a relation between them and the water consumption rates. A statistical assessment established a relation between water consumption rates and the population size. Statistically significance differences were also found between water consumption rates and norms endowment in the population range considered by the norm. A polynomial model was developed to characterize the water consumption rates depending on the population size. The results from the model point out differences between consumption rates and endowment values on each town social strata as well as drinking water consumption rate variation in the population size. The information found will be useful for engineers during endowment calculations. This information will also be useful to establish different water consumption, prices according to consumers' social strata.*

**Keywords:** *Drinking water, consumption, endowment, population, model*



## 1 Introducción

Los cambios socio-económicos ocurridos en las últimas décadas han afectado la demografía y las costumbres de consumo de agua potable de las poblaciones, presentando en ocasiones descensos en la cantidad per cápita (Donnelly & Cooley, 2015; Morote, Hernández & Rico, 2016). Los consumos de agua potable varían según las características de las poblaciones y son considerados para establecer las dotaciones mínimas de diseño de los sistemas de abastecimiento de agua potable. Las dotaciones asignadas en la realización de los estudios para la construcción de los sistemas de agua potable en el Ecuador, se basan actualmente en la Norma CPE INEN 005-9-1 (INEN, 1992) que fue elaborada en los años 70 y no ha recibido actualizaciones importantes hasta ahora. La carencia de agua potable en muchas poblaciones ecuatorianas podría deberse a una selección inadecuada de esas dotaciones o a que las dotaciones no sean las correctas.

Las dotaciones actuales se basan en rangos poblacionales y tipos de clima (frío, templado y cálido) de acuerdo a la tabla 6. Fernández (2012), afirma que es necesario el conocimiento y comprensión del clima considerando cuatro ideas fundamentales: la diferenciación entre tiempo y clima, los factores condicionantes, los elementos y la escala. Las características demográficas en las poblaciones ecuatorianas actuales son diferentes a las de los años 70, principalmente debido a la migración del campo a las zonas urbanas. Además, las características climáticas no fueron definidas en la norma ecuatoriana y es susceptible de interpretaciones ambiguas por parte de los diseñadores. El objetivo de esta investigación fue establecer los consumos actuales de las poblaciones menores a 150 000 habitantes en el Ecuador, para evaluar la pertinencia de las dotaciones establecidas en la Norma CPE INEN 005-9-1 que se emplea para el diseño de sistemas de agua potable.

En investigaciones realizadas por Arellano *et al.* (2013-2015), se analizaron los consumos de agua potable en el sector residencial de varias ciudades y poblaciones ecuatorianas y algunos parámetros que podrían estar asociados a esos consumos. En dichos estudios se establecen diferencias de consumos de agua potable entre cada población analizada e incluso entre los estratos socioeconómicos que las componen. En esta investigación se recolectaron los datos de consumo de agua potable del sector residencial, en 11 poblaciones ecuatorianas menores de 150 000 habitantes y se las compara con las dotaciones de la Norma Ecuatoriana CPE INEN 005-9-1 vigente, basándose principalmente en dos parámetros:

demografía y clima. Este artículo se estructura en cuatro secciones, la primera incluye esta introducción, la segunda trata sobre la metodología aplicada en el estudio, la tercera incluye los resultados y discusión, finalmente la cuarta sección contiene las conclusiones y el aporte al conocimiento.

## 2 Metodología

Luego de una revisión bibliográfica sobre las características de las poblaciones y el consumo de agua potable en poblaciones de la región Sierra ecuatoriana: Columbe (Sagñay & Carguachi, 2015), Cubijíes (Samaniego & Muela, 2015), Guamate (Sagñay & Carguachi, 2015), Químiag (Samaniego & Muela, 2015), Guano (Cáceres & Rubio, 2015), Chambo (Noriega, 2015), Guaranda (Patiño & Pino 2014) y Riobamba (Carrillo & Quintero, 2013), dos poblaciones de la región amazónica: La Joya de los Sachas (Barreno, 2015) y Macas (Montenegro & Tapia, 2013) y, una población de la región costa: Ventanas (Morillo & Luna, 2013). El clima de cada región, así como las condiciones de desarrollo socioeconómico, son distintos. Los estudios aportaron con información mensual durante un semestre para cada población (entre 2013 y 2015) acerca del consumo de agua potable por cada población y por sus respectivos estratos socioeconómicos. También contienen información mensual de la precipitación, humedad atmosférica máxima y la temperatura máxima registrada en estaciones meteorológicas del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología localizadas cerca de cada población investigada.

Tabla 1: Aspectos considerados en las poblaciones.

Precipitación
Humedad atmosférica máxima
Temperatura máxima
Tamaño de población
Consumo per cápita ponderado mensual (CPC/p.m.)
Consumo per cápita promedio semestral en cada estrato (CPC/s.est.)
Consumo per cápita promedio semestral ponderado (CPC/p.s.)

Nota: CPC significa consumo per cápita de agua potable

Tabla 2: Sufijos del CPC mensual, semestral y ponderada.

Estrato	Mes 1	Mes 6	Promedio semestral
A	/est.m.	/est.m.	/est.s.
B	/est.m.	/est.m.	/est.s.
C	/est.m.	/est.m.	/est.s.
D	/est.m.	/est.m.	/est.s.
Promedio ponderado	/p.m.	/p.m.	/p.s.

Se ordenó y organizó la información proveniente de las 11 poblaciones en los aspectos que se detallan en la tabla 1. Para facilitar la comprensión de algunos términos, fueron utilizados sufijos, como se muestra en la tabla 2.

Posteriormente se realizaron correlaciones lineales entre los consumos y los otros aspectos mostrados en la tabla 1, con la finalidad de establecer si los aspectos climáticos y demográficos presentan influencia en los consumos. Para el efecto se utilizó el software estadístico R, con el criterio de que una correlación será válida siempre y cuando explique el 50% de la variable principal (CPC/p.m. o CPC/est.s. o CPC/p.s.) y su p-valor sea menor al 5%.

Las correlaciones se realizaron para los promedios mensuales del CPC/p.m. asociado a temperatura máxima, humedad máxima atmosférica y precipitación. Debido a la cantidad de datos se utilizó el test de correlación de Pearson.

Con los tamaños de población se elaboraron diagramas de caja y bigote y se determinó la existencia de poblaciones que tienen consumos atípicos. Los consumos representativos (CPC/p.s.) de esas poblaciones no se los consideró en el estudio. El mismo procedimiento se realizó para los datos de los estratos A, B, C y D.

Descartados los datos atípicos, se aplicó un modelo no paramétrico de regresión tipo *B-spline* para la estimación (1), que ajuste a los valores entre el consumo representativo de cada población CPC/p.s., y el tamaño de la población, con el objetivo que el modelo sea significativo con respecto a los datos.

$$CPC = a_0 + a_1 B_1(x) + a_2 B_2(x) + \dots + a_n B_n(x) + \varepsilon \quad (1)$$

donde,  $a_0, \dots, a_n$  son coeficientes que determina el software R,  $B_1, B_2, \dots, B_n$ , son polinomios cúbicos, y  $\varepsilon$  es el error aleatorio.

Este modelo *B-spline* está compuesto por polinomios de tercer grado, los mismos que han sido utilizados para ajustar el comportamiento del CPC/p.s. en función del tamaño de la población. Este método utiliza la parte positiva de cada polinomio para que no haya problema de colinealidad. Es decir, el método corta al polinomio en la parte que sea útil y la va uniendo con partes de más polinomios, para generar una gráfica del comportamiento del CPC/p.s., de tal manera que el modelo se ajuste mejor a los datos existentes.

El software se encarga de estimar: los coeficientes, los polinomios cúbicos y  $\varepsilon$ , optimizando el número de polinomios y su posición. Se determina si los errores se distribuyen normalmente aplicando el test de Shapiro, en donde se ha determinado que el p-valor superó al 5% y así se constató que la variable aleatoria del error  $\varepsilon$ , se distribuya normalmente. Por lo tanto,

los intervalos de confianza a usar fueron asintóticos, los mismos que sirven para nuevas predicciones.

Posteriormente se establecieron intervalos de confianza del 95%, para nuevos tamaños de población. Los intervalos de confianza se construyeron a partir de comprobar que los datos se distribuyen normalmente y a cada dato de CPC/p.s. se le suma o resta un error estándar, multiplicado por el cuartil de la normal Z asumiendo 95% de confianza, como se muestra en (2).

$$Z_{\left(1-\frac{0.05}{2}\right)}=1.96 \quad (2)$$

El valor del modelo para nuevas predicciones de tamaños de población se definió por medio de:

$$\text{Valor del modelo} \pm z * es \quad (3)$$

siendo *es* el error estándar.

Siguiendo el mismo procedimiento se desarrollaron modelos de *B-spline* para el CPC/p.s. de cada estrato y de igual manera se utilizaron intervalos de confianza asintóticos para nuevas poblaciones.

Tabla 3: Número de habitantes según INEC 2010.

Ciudad	Habitantes
Riobamba	146,324
Guaranda	91,877
Ventanas	38,168
Macas	22,000
La Joya de los Sachas	11,480
Chambo	10,541
Guano	7,758
Químiag	4,873
Guamote	3,762
Cubijíes	588
Columbe	526

Tabla 4: Población y consumos promedios semestrales.

Ciudad	CPC/p.s.
Riobamba	214.11
Guaranda	200.72
Ventanas	205.64
Macas	222.16
Joya de los Sachas	328.61
Chambo	273.04
Guano	393.83
Químiag	156.16
Guamote	192.53
Cubijíes	135.37
Columbe	75.56

### 3 Resultados y Discusión

Las poblaciones que son parte de este estudio fueron ordenadas partir del número de habitantes. El tamaño de población corresponde al censo nacional realizado por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, INEC, en el año 2010, mostrado en la tabla 3.

Los CPC/p.s. de cada población durante un semestre, obtenido a partir de las publicaciones revisadas, son mostrados en la tabla 4. Para cada estrato socio económico se obtuvo el consumo promedio del semestre, la información se muestra en la tabla 5.

Los diagramas de puntos que relacionan los aspectos climáticos y los consumos se muestran en las figuras 1, 2 y 3.

Las relaciones entre la Humedad Atmosférica Máxima y Temperatura Máxima con los CPC/p.m., son significativas estadísticamente (tabla 6) porque tienen correlaciones de -0.57 y 0.50 respectivamente, mientras que la Precipitación tiene una correlación de 0,27. Los p-valores son menores al 5%. Si se considera que esos 3 parámetros caracterizarían el clima de una localidad en ausencia de otros, se deduciría que la incidencia del clima es relevante en los consumos de agua potable de las poblaciones de la muestra.

Tabla 5: Consumos de agua por estrato socioeconómico.

Ciudad	CPC/est.s. Estrato A	CPC/est.s. Estrato B	CPC/est.s. Estrato C	CPC/est.s. Estrato D
Riobamba	271.86	244.11	142.53	146.65
Guaranda	213.40	209.68	168.28	
Ventanas	280.81	202.88	199.80	180.72
Macas	254.11	239.66	194.78	150.28
Joya de los Sachas		405.95	270.72	186.42
Chambo		280.76	256.70	259.30
Guano		346.58	444.47	411.49
Químiag		159.62	153.09	157.23
Guamote		205.05	181.61	188.57
Cubijíes		135.89	137.54	122.37
Columbe		89.05	63.99	52.40

Sin embargo, la clasificación del clima y los parámetros que lo definen es más amplio que la relación de la Humedad Atmosférica Máxima, Temperatura Máxima y Precipitación. Fernández (2012) cita algunos factores tales como altitud, alineaciones montañosas, cubierta vegetal; y menciona otros elementos del clima como radiación y viento. Los 3 parámetros investigados por los autores son publicados regularmente en los reportes del Instituto Ecuatoriano de Meteorología e Hidrología, INAMHI.

El ingeniero proyectista que utiliza los parámetros de la Norma Ecuatoriana CPE INEN 005-9-1 (tabla 7), para diseño de sistemas de agua potable debe asumir uno de los tres tipos de clima, frío, templado o cálido,

para seleccionar una dotación de agua potable para un tamaño de población futura.

La correlación estadística encontrada entre Humedad Atmosférica Máxima, Temperatura Máxima y Precipitación con el consumo de agua potable, estaría evidenciando la necesidad de que la Norma CPE INEN 005-9-1 defina, en función de esos tres parámetros, al menos, cómo seleccionar el clima para escoger una dotación de agua potable.

Tabla 6: Correlaciones lineales con el método de Pearson.

Aspectos	Correlación de Pearson con CPC/p.m. (lt/hab*día)	P-valores
Humedad atmosférica máxima (%)	-0.57	<.0001
Precipitación (mm)	0.27	0.0286
Temperatura máxima (°C)	0.50	<.0001

Tabla 7: Dotaciones Norma CPE INEN 005-9-1.

Población (habitantes)	Clima	Dotación Media Futura (l/hab/día)
Hasta 5,000	frío	120 – 150
	templado	130 – 160
5,000 a 50,000	cálido	170 – 200
	frío	180 – 200
más de 50,000	templado	190 – 220
	cálido	200 – 230
	frío	> 200
	templado	> 220
	cálido	> 230

En la figura 4 se observa la variación de Consumo promedio semestral ponderado CPC/p.s. con el tamaño de la población. El CPC/p.s. presenta tres patrones: el primero corresponde a las poblaciones de 0 a 5.000 habitantes, el segundo comprende el rango de 5.000 a 20.000 habitantes, y el último comprende entre 20.000 y 150 000 habitantes. El CPC/p.s. presenta un punto de inflexión máximo en el segundo rango de población.

Aparentemente en las poblaciones mayores que 8.000 y menores que 20.000 habitantes, los consumos per cápita de agua potable son muy altos (máximos). Estas poblaciones habitan en ciudades de tamaño relativamente pequeño, esto le permiten al habitante retornar a su domicilio con más frecuencia y por lo tanto a utilizar más agua que un habitante de una ciudad grande. Entonces el tamaño de las ciudades y las costumbres de las poblaciones estarían incidiendo en los consumos de agua (Gargano, Tricarico & Marinis, 2012).

Con base en los datos mostrados anteriormente, se encontró un modelo estadístico no paramétrico que se ajusta al 62.45% de los datos, con variables

estadísticamente significativas, el cual podría lograr un mejor ajuste al aumentar el tamaño de la muestra estudiada y el número de datos de CPC/p.s. versus tamaño de la población. El modelo estimado se define en (4).

Si se dibujan los rangos de la Norma CPE INEN 005-9-1 en la figura 5, se observa que el rango de las dotaciones (líneas punteadas negras) está dentro del rango de consumos (líneas continuas verdes) para poblaciones mayores que 30.000 habitantes.

$$CPC = 99.11 + 154.46B_1(x) + 63.65B_2(x) + 110.01B_3(x) + 115.20B_4(x) + \varepsilon$$

donde (x) es el tamaño de población. (4)

$$B_1(x) = \begin{cases} (x - k_0)^3 & \text{si } k_0 \leq x < k_1 \\ 0 & \text{para el resto de los casos} \end{cases}$$

$$B_2(x) = \begin{cases} (x - k_1)^3 & \text{si } k_1 \leq x < k_2 \\ 0 & \text{para el resto de los casos} \end{cases}$$

$$B_3(x) = \begin{cases} (x - k_2)^3 & \text{si } k_2 \leq x < k_3 \\ 0 & \text{para el resto de los casos} \end{cases}$$

$$B_4(x) = \begin{cases} (x - k_3)^3 & \text{si } k_3 \leq x < k_4 \\ 0 & \text{para el resto de los casos} \end{cases}$$

(5)

siendo:

- $k_0 = 0.526$
- $k_1 = 4.00$
- $k_2 = 11.00$
- $k_3 = 38.00$
- $k_4 = 146.00$
- $\varepsilon = \text{epsilon}$

El rango de CPC/p.s. es amplio debido al tamaño limitado de la muestra estudiada. Cuando la población es menor que los 30.000 habitantes y mayor que los

8.000 habitantes, el CPC/p.s. es mayor que la dotación máxima.

El consumo máximo está alrededor de 240 lt/hab-día y se da cuando la población tiene 10.000 habitantes. La Norma contempla un valor máximo de 220 lt/hab-día para un rango comprendido entre 5.000 y 50.000 habitantes. La diferencia de 20 lt/hab-día representaría un déficit que causaría un sub-dimensionamiento de los sistemas de agua potable en poblaciones de 10.000 habitantes. Si se considera el valor mínimo del rango de la norma que es 180 lt/hab-día, el déficit sería 60 lt/hab-día. Entre los 8.000 y 30.000 habitantes, los valores mínimos de las dotaciones son menores que los valores mínimos del rango de CPC/p.s. de la muestra.

Para las poblaciones comprendidas entre los 8.000 y 500 habitantes el rango de dotación cubre la demanda satisfactoriamente. Para poblaciones menores que 500 habitantes el consumo de agua potable es menor que el valor mínimo del rango normado, lo que implicaría un sobredimensionamiento de los sistemas de agua potable, aunque las muestras sean pocas en estos tamaños de poblaciones.

Si se resumen los rangos de CPC/p.s. agrupándolos de acuerdo con su tendencia referida a los rangos de la norma mencionada, se podrían definir los siguientes: Rango 1: poblaciones menores que 500 habitantes; Rango 2: entre 500 y 8.000 habitantes; Rango 3: entre 8.000 y los 30.000 habitantes; y, Rango 4: entre los 30.000 y los 150.000 habitantes. Son 4 rangos nuevos de tamaño poblacional diferentes a los establecidos en la norma nacional, que ratificaría los reportes bibliográficos relacionados a la incidencia de la demografía en los consumos de agua potable en algunos países (Morote, 2012). Esto tampoco es una sorpresa si se considera que las dotaciones de la Norma CPE INEN 005-9-1 fueron establecidas en la década de los 70 y no ha recibido actualizaciones importantes desde entonces.

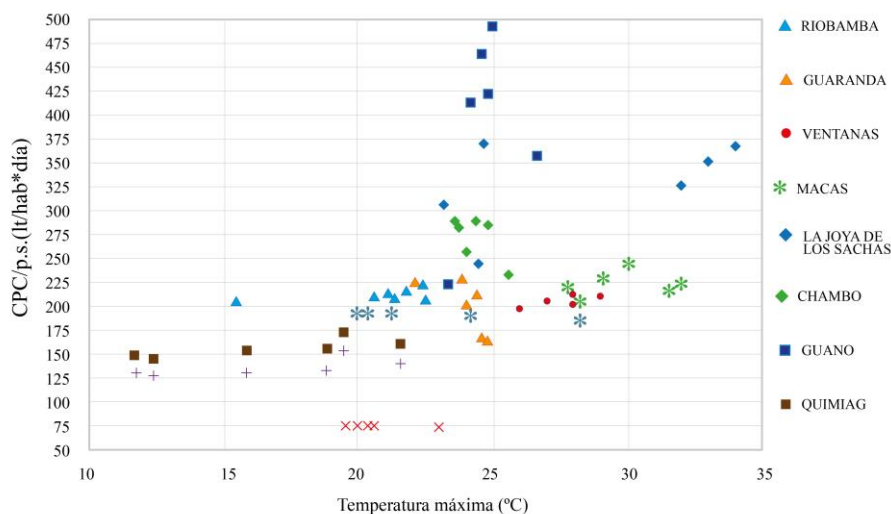


Figura 1: Temperatura máxima vs CPC/p.m.

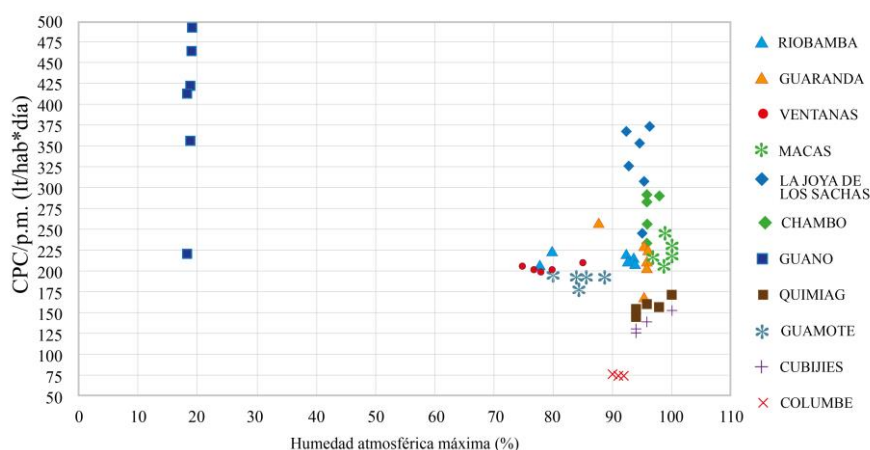


Figura 2: Humedad atmosférica máxima vs CPC/p.m.

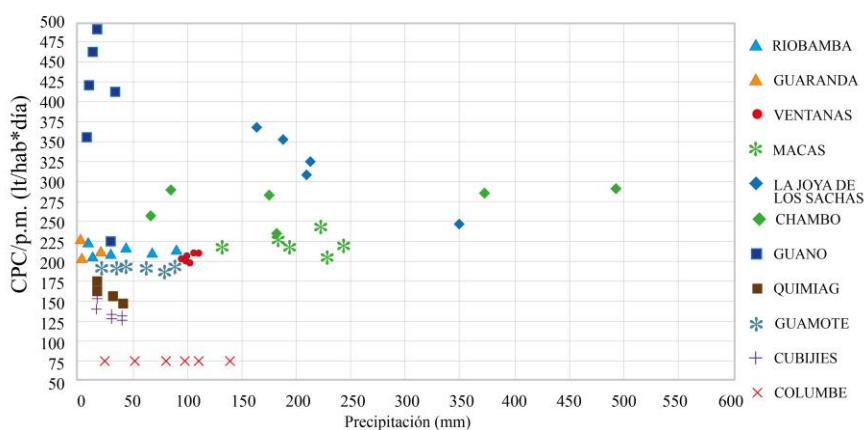


Figura 3: Precipitación vs CPC/p.m.

Vale la pena seguir investigando esos rangos y relacionarlos con la nueva distribución demográfica urbana de las poblaciones ecuatorianas, de acuerdo con el censo poblacional del 2010. A fines de los 70 la distribución poblacional urbana era muy diferente a la actual, evidenciándose hoy una mayor concentración demográfica en las ciudades.

Por otra parte, los consumos per cápita de agua potable muestran valores diferentes en los estratos socio económicos A, B, C y D y por eso se los identifica como consumo promedio semestral en cada estrato CPC/s.est. No se considera el CPC/s.est del estrato A porque no se tienen suficientes datos para un análisis estadístico. Los consumos per cápita CPC/s.est de los estratos B, C y D se representan en las figuras 6, 7 y 8.

La tendencia del CPC/s.est. B es parecida a la del CPC/p.s. pero los valores de consumo de agua son mayores en el estrato B que en la población total. El CPC/p.s. representa el consumo ponderado semestral de la población total. La ponderación considera la estratigrafía socio económica existente en una población (Arellano, 2013). La población total sería la suma de las poblaciones de los estratos A, B, C y D.

Si se comparan cuantitativamente los valores de las figuras 5 y 6 se deduce que los consumos de los estratos C y D son menores que los del estrato B y por eso los CPC/p.s. son más bajos que los del estrato B también. Las tendencias de las figuras 5 y 6 se parecen entre sí, porque el tamaño de la población del Estrato B es mayor que el de los estratos C y D en las poblaciones muestra.

El consumo del estrato B supera el de la norma en las poblaciones mayores que 120.000 habitantes y entre 5.000 y 30.000 aproximadamente. Sin embargo, este análisis que es importante, hoy no se lo considera porque el proyectista selecciona una dotación para la población total.

Con respecto al estrato C, la tendencia para poblaciones mayores que 30.000 habitantes es diferente que las anteriores y se destaca que los consumos están en general debajo del rango de la norma, especialmente cuando la población es mayor que 50.000 habitantes. Parecería que las poblaciones mayores que 50.000 habitantes no tienen el estrato C tan grande como el estrato B.

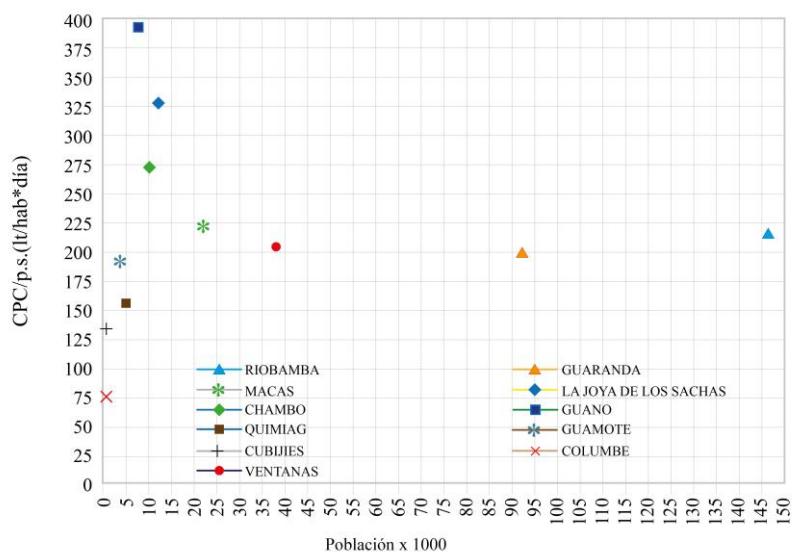


Figura 4: Tamaño de la población vs CPC/p.s.

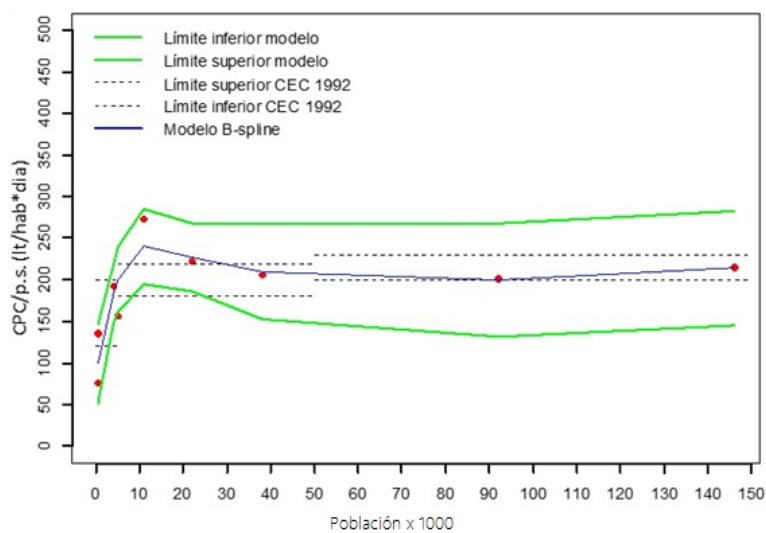


Figura 5: Modelo CPC/p.s.

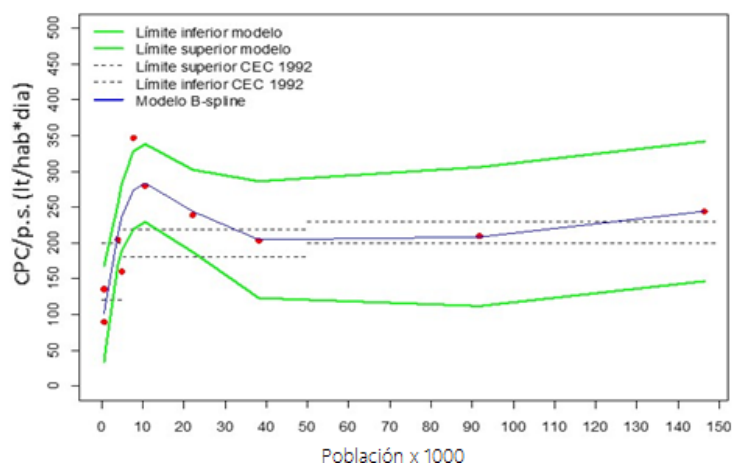


Figura 6: CPC/s.est. Estrato B

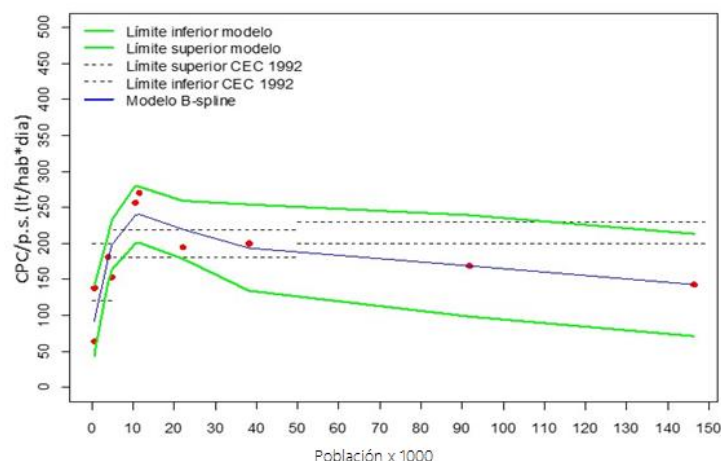


Figura 7: CPC/s.est. Estrato C

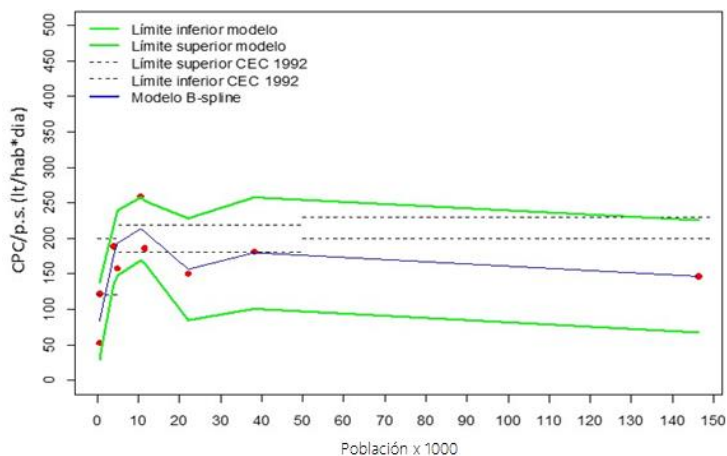


Figura 8: CPC/s.est. Estrato D

El consumo de agua del estrato C supera el rango máximo de dotación de la norma cuando la población está entre los 5.000 y los 20.000 habitantes.

El consumo de agua en el estrato D (de menor capacidad económica que los otros) tiene un patrón diferente a los otros estratos y al de la población total. El CPC/s. est. D es menor que la dotación de la norma a partir de los 20.000 habitantes y solo coincide cuando la población está cercana a los 40.000.

El estrato D también pesaría menos que el estrato B en las poblaciones mayores que 40.000 habitantes razón por la cual la tendencia del CPC/s.est.B marca la misma tendencia de la población total CPC/p.s., hasta los 150000 habitantes.

En los 4 modelos se destaca que hay un máximo consumo per cápita de agua potable cuando la población es de alrededor de 10.000 habitantes. Considerando que las investigaciones se referían solamente al agua consumida en el sector residencial, se podría pensar que en ese tamaño de ciudades la

gente dispone de más tiempo y tal vez más recursos económicos que en otras, para acudir a sus casas y por lo tanto consumir con comodidad el agua necesaria.

Si las ciudades son más grandes, la gente tal vez no regresa a casa a almorzar o regresa a casa muy tarde por la falta de tiempo para trasladarse a sus domicilios, de manera que su consumo per cápita residencial es menor. En las poblaciones menores que 10.000 y con pocas fuentes de trabajo, los habitantes saldrían a trabajar fuera de la población y no regresarían a casa porque requieren mucho tiempo para trasladarse y tienen pocos recursos económicos para el transporte, lo cual incide en su menor consumo de agua residencial (Sagñay & Carguachi, 2015).

## 4 Conclusiones

Los resultados de esta investigación muestran que la Norma Ecuatoriana CPE INEN 005-9-1 debe ser actualizada debido a los cambios demográficos y socio económicos sufridos desde que se la elaboró.



Los rangos poblacionales para definir las dotaciones de agua potable deben ser investigados de acuerdo con la nueva distribución demográfica del Ecuador, basándose en los censos poblacionales realizados en 2010.

Si se mantiene y actualiza la tabla de dotaciones en función del clima, se debería definir al clima minimizando la interpretación del proyectista y caracterizándolo de acuerdo con la Humedad Atmosférica Máxima, Temperatura Máxima y Precipitación, por lo menos.

Las dotaciones para las poblaciones comprendidas entre los 8.000 y los 30.000 habitantes estarían subdimensionadas.

Los estratos socioeconómicos estudiados en esta investigación muestran diferencias estadísticamente significativas de consumo de agua potable en el sector residencial de una población.

Los modelos *B-spline* para los estratos B, C y D proporcionan información que se puede usar para establecer tarifas diferenciadas en función de las características socioeconómicas de los barrios o sectores de una población y de su diferencia de consumos de agua.

El modelo *B-spline* del Consumo per cápita promedio ponderado semestral (CPC/p.s.) y el tamaño de la población sirve para seleccionar dotaciones durante los estudios de agua potable, con información más actualizada que la Norma Ecuatoriana vigente. No se necesita la información del clima sino solamente el tamaño de la población para determinar su consumo y/o su dotación siempre y cuando no supere los 150 000 habitantes.

## Conflicto de Intereses

Los autores declaramos que no existe ningún tipo de Conflicto de Interés.

## Referencias

Arellano, A. (2013). *Método de caracterización urbanística y socio-económica*. I Workshop de Ciencia, Innovación, Tecnología y Saberes. Riobamba: Universidad Nacional de Chimborazo.

Arellano, A. & Barreno, L. (2015). *Determinar la influencia de la situación socio económica, algunos factores meteorológicos y la calidad de agua en el consumo de agua potable de la parroquia urbana La Joya de Los Sachas perteneciente a la provincia de Orellana* (Tesis de Grado inédita). Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba

Carrillo, A., & Quintero, H. (2013). *Indicadores de cantidad y calidad del agua consumida en la Ciudad de Riobamba* (Tesis de Grado inédita). Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba.

Cáceres, E. & Rubio, V. (2015). *Efectos de los factores socio económicos, climatológicos y de calidad del agua, que inciden en el consumo de agua potable, caso de estudio parroquias urbanas La Matriz y El Rosario del cantón Guano* (Tesis de Grado inédita). Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba.

CEC. (1992). Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes. Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN, cpe\_inen\_5 Parte\_9-2(1).

De Boor, C. (2001). *A practical guide to splines*. New York: Springer.

Donnelly, K. & Cooley, H. (2015). *Water Use Trends in the United States*. Oakland: Pacific Institute.

Fernández, F. (2012). Meteorología y climatología, Aspectos generales. *Índice Revista de Estadística y Sociedad*, 50, 6-9.

Gargano, R., Tricarico, C. & Marinis, G. (2012). Residential water demand – daily trends. Proceedings of the *Annual International Symposium on Water Distribution Systems Analysis 2010*, Tucson – Arizona, 1314-1323.

INEN. CPE INEN 005-9-1: Código Ecuatoriano de la construcción C.E.C. Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes (1992).

Montenegro, V. & Tapia, J. (2013). *Indicadores de cantidad y calidad del agua consumida en la ciudad de macas* (Tesis de Grado inédita). Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba.

Morillo, P. & Luna, M. (2013). *Determinación de indicadores de cantidad y calidad del agua consumida en la Ciudad de Ventanas* (Tesis de Grado inédita). Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba.

Morote-Seguido, A. (2017). Factores que inciden en el consumo de agua doméstico. Estudio a partir de un análisis bibliométrico. *Estudios Geográficos*. 78(282), 257-281.

Morote-Seguido, A., Hernández, M. & Rico, A. (2016). Causes of domestic water consumption trends in the city of Alicante: Exploring the links between the housing bubble, the types of housing and the socio-economic factors. *Water*, 8(9), 1–18.

Patiño, J. & Pino, F. (2014). *Estudio del consumo de agua potable y de los principales factores que afectan la utilización del agua en el Cantón Guaranda, para optimizar el uso del recurso* (Tesis de Grado inédita). Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba.

Sagñay, L. & Carguachi, E. (2015). *Análisis comparativo entre las características socio económicas, climatológicas y el gasto de agua potable en las parroquias Guamote y Columbe* (Tesis de Grado inédita). Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba.

Samaniego, J., Muela, R. (2015). *Análisis comparativo entre las características socio económicas, climatológicas y el gasto de agua potable de las parroquias Cubijes y Químiag* (Tesis de Grado inédita). Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba.