

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO



FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

Proyecto de Investigación previo a la obtención del título de Ingeniero Civil.

TRABAJO DE TITULACIÓN

**COMPARACIÓN ENTRE LOS CONSUMOS DE AGUA POTABLE DURANTE LA
CUARENTENA DEL 2020 Y LOS REGISTROS HISTÓRICOS EN IMBABURA Y
CARCHI.**

Autor:

Carlos Javier Jiménez López

Tutor:

Ing. Alfonso Arellano Barriga. Mgs.

Riobamba - Ecuador

Año 2020

REVISIÓN

Los miembros del Tribunal de Graduación del proyecto de investigación de título: **“COMPARACIÓN ENTRE LOS CONSUMOS DE AGUA POTABLE DURANTE LA CUARENTENA DEL 2020 Y LOS REGISTROS HISTÓRICOS EN IMBABURA Y CARCHI”**, presentado por: Carlos Javier Jiménez López y dirigida por: Ing. Alfonso Arellano. Una vez escuchada la defensa oral y revisado el informe final del proyecto de investigación con fines de graduación escrito en la cual se ha constatado el cumplimiento de las observaciones realizadas, remite la presente para uso y custodia en la biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Chimborazo

Para constancia de lo expuesto firman:

Ing. Gabriela Zúñiga MSc.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL



Firmado electrónicamente por:
**MARIA GABRIELA
ZUÑIGA
RODRIGUEZ**

Ing. Carlos Montalvo MSc.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL



Ing. Alfonso Arellano MSc.

TUTOR DEL PROYECTO



CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Yo, Ing. Alfonso Arellano, en calidad de Tutor de Tesis, cuyo tema es: “**COMPARACIÓN ENTRE LOS CONSUMOS DE AGUA POTABLE DURANTE LA CUARENTENA DEL 2020 Y LOS REGISTROS HISTÓRICOS EN IMBABURA Y CARCHI**”, CERTIFICO; que el informe final de trabajo investigativo ha sido revisado y corregido, razón por la cual autorizo al estudiante Carlos Javier Jiménez López para que se presente ante el tribunal de defensa respectivo para que se lleve a cabo la sustentación de su Tesis, Atentamente,



Ing. Alfonso Arellano
Tutor de tesis

AUTORÍA DE INVESTIGACIÓN

La responsabilidad del contenido de este Proyecto de Graduación corresponde exclusivamente a:
Carlos Javier Jiménez López e Ing. Alfonso Arellano; y el patrimonio intelectual de la misma a la
Universidad Nacional de Chimborazo.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Carlos Jiménez", is enclosed within a blue oval shape. The signature is stylized and somewhat cursive.

Carlos Javier Jiménez López
C.I. 040152099-4

AGRADECIMIENTO

Agradezco primeramente a Dios y a toda mi familia por el apoyo que siempre me brindaron en todas las circunstancias, de igual manera a mi tutor Ing. Arellano quien en todo momento aportó sus conocimientos de la mejor manera, siendo un excelente docente y persona.

Carlos Javier Jiménez López

DEDICATORIA

Este trabajo lo dedico a mi madre Silvia, la cual es la mejor madre que Dios me pudo haber dado, y a mi padre José que a pesar de todo siempre nos ha apoyado en todo momento. A mi abuelita Loli por toda su ayuda y demás familiares.

Carlos Javier Jiménez López

ÍNDICE

RESUMEN.....	X
1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS:	5
2.1. Objetivo General:.....	5
2.2. Objetivos Específicos:	5
3. ESTADO DE ARTE:	6
4. METODOLOGÍA:	12
5. RESULTADOS	18
5.1. Análisis de Anova:	18
5.2. Resultados de Tukey:.....	19
5.3. Gráficas de intervalos:	23
5.4. Determinación de Coeficiente de consumo Kd	26
6. DISCUSIÓN.....	27
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	29
7.1. Conclusiones:.....	29
7.2. Recomendaciones:	30
8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:.....	31
9. ANEXOS.....	34

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Proceso general de desarrollo de investigación.....	12
Ilustración 2 Localización geográfica zonas de estudio	13
Ilustración 3 Diagrama de cajas y bigotes	15
Ilustración 4 Gráfica de intervalos ciudad de El Ángel.....	23
Ilustración 5 Gráfica de intervalos cantón San Miguel de Urququi	24
Ilustración 6 Gráfica de intervalos ciudad de Mira	25

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Muestra en Análisis.....	14
Tabla 2 Análisis de Varianza de medias	18
Tabla 3 Comparación de Tukey ciudad de El Ángel	20
Tabla 4 Comparación de Tukey ciudad de Mira	21
Tabla 5 Comparación de Tukey cantón San Miguel de Urcuqui	22
Tabla 6 Resultados coeficiente de variación de consumo por población.....	26

RESUMEN

El consumo de agua potable es un tema relevante, pues la demanda se puede considerar inestable debido a las constantes variaciones. La norma ecuatoriana CPE INEN 005-9-1 recomienda que los valores utilizados en el diseño de sistemas de agua potable se deben establecer en base a estudios realizados anteriormente en el sector, para así obtener una caracterización más real de la demanda. Se realizó esta investigación cuyo propósito fue comparar el consumo de agua potable registrado en la cuarentena del año 2020 debido al virus COVID-19 respecto a un registro histórico de datos, para así conocer si eventos fortuitos influyen en la variación del consumo. Se aplicó inferencias estadísticas a datos de 78 meses del sector residencial, recolectados en 3 poblaciones al norte del Ecuador en las provincias de Imbabura y Carchi. De los cuales se determinó la media mensual, posteriormente se aplicó el análisis de varianza Anova y la prueba múltiple de Tukey, para determinar si existe una significancia estadística. Los resultados evidencian que las medias mensuales en las tres poblaciones analizadas son estadísticamente diferentes, y el consumo máximo no se llegó a registrar durante meses de la cuarentena. Por lo tanto, se concluye que el consumo de agua potable del sector residencial no se vio afectado en época de pandemia.

Palabras clave: Consumo de agua, cuarentena, media estadística, Covid-19.

ABSTRACT

Drinking water consumption is a relevant issue, as demand can be considered unstable due to constant variations. The Ecuadorian standard CPE INEN 005-9-1 recommends that the values used in the design of drinking water systems should be established based on studies previously carried out in the sector in order to obtain a more realistic characterization of the demand. This research aims to compare the consumption of drinking water registered in the quarantine of the year 2020 due to the COVID-19 virus concerning a historical data record to know if fortuitous events influence consumption variation. The statistics were applied to 78-month data from the residential sector, collected in 3 towns north of Ecuador in Imbabura and Carchi. The monthly mean was determined. Later the Anova analysis of variance and Tukey's multiple tests were applied to determine statistical significance. The results showed that the monthly averages in the three populations analyzed are statistically different, and the maximum consumption was not recorded during months of quarantine. Therefore, it is concluded that the consumption of drinking water in the residential sector was not affected during the pandemic.

Keywords: Water consumption, quarantine, statistical mean, Covid-19.



Translation of abstract reviewed by Dr. Narcisa Fuertes PhD.

Professor at Linguistic Competences UNACH

1. INTRODUCCIÓN

Es indudable la baja cobertura de agua potable en varias ciudades del mundo debido al aumento demográfico, urbanización, industrialización, e incremento del consumo del líquido, generando así una demanda de agua cada vez mayor. (UNESCO, 2015)

En Ecuador a partir del Censo INEC del 2010 según Molina et al. (2018) se estima que el 71 % de la población a nivel nacional cuenta con agua por red pública. Lo que implica que existe bastante por mejorar en materia de cobertura y actualmente no se cuenta con información suficiente para analizar la demanda del líquido. La falta de agua potable en diversas poblaciones ecuatorianas según Arellano et al. (2018) es causada probablemente porque no se están utilizando dotaciones y coeficientes de variación de consumo adecuados en el cálculo de sistemas de agua potable. Incurriendo así a un déficit cada vez mayor, ya que la cantidad de agua establecida por cada habitante no estaría siendo suficiente para cumplir con las necesidades básicas a lo largo del día.

El 17 de marzo del 2020 Ecuador se declaró en cuarentena domiciliaria debido a la emergencia sanitaria provocada por el virus Covid 19. Esta disposición abarcó la suspensión de actividades educativas, eventos masivos y todo tipo de aglomeración de personas. Durante los primeros meses de la pandemia se implantó una restricción de movilidad para que las personas permanezcan en su hogar. Lo que afectaría en el consumo de servicios básicos como electricidad y agua potable.

Según El Universo (2020) los primeros registros de consumo de las empresas de agua potable de Quito, Cuenca y Guayaquil, las tres ciudades más pobladas del Ecuador, demuestran un incremento en el consumo del líquido vital a consecuencia de la cuarentena obligatoria.

En base a lo argumentado anteriormente se plantea la hipótesis de que exista un consumo máximo de agua potable en el sector residencial durante los meses de cuarentena respecto a sus registros históricos. Para resolver este cuestionamiento se va a estudiar los consumos mensuales de agua potable de 3 poblaciones, dos ubicadas en la provincia del Carchi y una en la provincia de Imbabura.

El cantón San Miguel de Urququi, se encuentra en la provincia de Imbabura, está ubicado a 20 km de Ibarra y 120 km de Quito, con una altitud promedio de 2320 m.s.n.m, posee una temperatura que oscila entre 14°C a 19°C. Está conformado por 6 parroquias, 1 urbana y 5 rurales. Los habitantes se dedican a la agricultura, ganadería y además el cantón cuenta con diversos atractivos turísticos.

La ciudad de Mira es la cabecera cantonal de Mira, está ubicada al suroeste de la Provincia del Carchi, a 92 km de Tulcán y 45 km de Ibarra, su altura promedio es de 2450 m.s.n.m, posee un agradable clima que promedia los 18°C. La principal actividad económica del Cantón es la agricultura.

La ciudad de El Ángel es la cabecera cantonal de Espejo, está ubicada al norte del país en la provincia del Carchi, a una distancia de 74 km de la ciudad de Tulcán, posee una temperatura que oscila los 11°C y una altura de 3000 m.s.n.m. La principal actividad que se desarrolla en la comunidad es la agricultura tradicional y en gran parte la ganadería.

En el estudio de Senplades (2014) en base al Censo de Población y Vivienda 2010 (INEC) la cobertura de agua potable en los cantones Espejo, Urququi y Mira es de 80.8%, 77.7% y 60.9% respectivamente.

Gargano et al. (2017) argumenta que es fundamental analizar las variaciones de consumo en un periodo de tiempo, ya que llegar a conocer el consumo máximo permitiría un diseño o gestión más eficaz en los sistemas de agua potable.

Por ello, en el presente estudio se va a comparar los consumos de agua potable en época de cuarentena con los registrados históricamente, para evidenciar si eventos adversos como una pandemia influyen en el consumo, y así obtener el valor del consumo máximo generado y un consumo promedio de todos los meses analizados. Posteriormente se encontrará un coeficiente de variación de consumo mensual de agua potable en cada población, el cual en esta investigación es equivalente al Kd que establece la norma ecuatoriana CPE INEN 005-9-1.

En la norma INEN, 005-9-1 (1992) se menciona que para obtener el valor del consumo máximo necesario en los diseños de sistemas de agua potable, se considere el consumo medio y el coeficiente de variación del consumo descritos en la siguiente ecuación.

$$Q_{\text{máx. dia}} = K_{\text{dmax. dia}} \times Q_{\text{med.}} \quad [\text{Ec. 1}]$$

Donde:

- $Q_{\text{máx}}$: es el consumo máximo determinado.
- K_d : coeficiente de variación de consumo.
- Q_{med} : es el valor del consumo medio.

La norma asegura que el coeficiente K_d se debe establecer en base a estudios de sistemas de agua potable realizados anteriormente en el sector, o por lo contrario utilizar valores en un rango de 1.3 y 1.5. Este rango de variación puede incidir en un margen de error en el diseño, provocando el sub o sobre dimensionamiento.(INEN, 1992b)

El coeficiente de variación de consumo mensual que se pretende determinar servirá como un indicador para comparar los resultados obtenidos entre poblaciones. Además, puede ser usado como un argumento en el cálculo de caudales de diseño en casos fortuitos, de manera que disminuya la posibilidad de tener un déficit en el sistema si se presentan escenarios críticos, como los provocados por la pandemia del Covid 19.

2. OBJETIVOS:

2.1.Objetivo General:

- Comparar el consumo de agua potable en Imbabura y Carchi durante la cuarentena del 2020 respecto a un registro histórico de datos.

2.2.Objetivos Específicos:

- Recolectar información histórica y en tiempo de cuarentena sobre: consumo mensual de agua potable en 2 cantones en Carchi y 1 cantón en Imbabura.
- Realizar un análisis estadístico y evaluar si el consumo generado en cuarentena es máximo o se mantiene en los rangos de consumo mensual de registros anteriores.
- Determinar el coeficiente de variación de consumo de agua potable en cada población.
- Generar cuadros de resultados de los coeficientes de variación y compararlos con los determinados en otras ciudades.

3. ESTADO DE ARTE:

Para el presente estudio se han revisado investigaciones referentes al consumo de agua potable en época de pandemia, y posteriormente los factores que influyen en el consumo en sectores residenciales.

Acciona (2020) argumenta que la pandemia debido al virus covid-19 generó efectos importantes en varios ámbitos de la sociedad, como el de la salud, la movilidad, la cadena de suministro, en el económico y social. La cuarentena ha ocasionado cambios en las costumbres de la población, como en la hora de levantarse y de acostarse, en la hora de consumir alimentos, e incluso en la hora del aseo y ducharse. Por ende en el campo del agua potable el aislamiento causó un cambio en el horario del consumo de agua, aumentando la hora del máximo consumo, ya que antes este se daba a primeras horas de la mañana. En algunas poblaciones existen reportes de incrementos del consumo a comparación de registros del año pasado, y en otras este consumo disminuyó pero en diferente porcentaje, ya que cada población está conformada por distintos tipos de usuarios.

Era previsto que en ciudades pequeñas con gran porcentaje de sectores residenciales, con poca industria y comercio, se note menos variación del consumo de agua que en ciudades más grandes con más industria, excepto en ciudades residenciales que tengan mucho turismo, ya que estas sufrirían un descenso directo del consumo por la falta de turistas y por ende notará también la disminución del consumo indirecto de agua en sectores comercial, e industrial. Se supone que el consumo de sectores domésticos debería de aumentar drásticamente debido al aislamiento social, y al mayor consumo de agua por las condiciones de higiene impuestas para combatir el virus, pero la realidad es que este aumento del consumo no se está llevando a cabo en todas las poblaciones, ya que en esta investigación se reportan descensos del 2,5% en el consumo de agua en marzo, del

8,6% en abril y del 7% en mayo, lo que resulta en promedio de 6,1% de descenso del consumo durante los tres meses.(Acciona, 2020)

Serebrisky et al. (2020) determina que es indispensable estudiar el efecto de agua potable y saneamiento con datos reales para comprender el impacto de las medidas tomadas para combatir la pandemia del COVID-19. El agua potable al ser un servicio domiciliario básico, se espera que su dinámica del consumo sea similar al caso de la energía eléctrica, es decir que este aumente.

Algunas empresas de diferentes ciudades han registrado aumentos de hasta un 50% en la demanda residencial de agua potable. En México, se reportó un aumento del consumo de agua en algunas ciudades entre un 20 y 50%. Mientras que en Quito, la Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento (EPMAPS), indicó que en el inicio de la cuarentena el consumo promedio mensual aumentó 22% en la ciudad, y en algunas zonas este incremento alcanzó hasta el 45%, este aumento de consumo de agua puede estar asociado a la limpieza de patios y terrazas, limpieza de vehículos y riego de plantas entre otras actividades que las personas realizaron para aprovechar el tiempo libre en casa.

El Heraldo Austral (2020) realiza un análisis estadístico elaborado a partir de datos de facturación de los meses de abril y mayo, para identificar los efectos de la pandemia del Covid-19 en el consumo del agua potable en dos regiones de Chile. El estudio realizado demuestra una disminución en el consumo de agua de sectores Comercial (-27%), Públicos (-17%) e Industrial (-37%). Mientras que el consumo de agua del sector residencial de ambas regiones aumenta en tan sólo 4%, lo cual no es muy significativo como se esperaba, ya que es un consumo similar al de registro de años anteriores, tomando en cuenta que antes no se tenía el efecto de la pandemia del Coronavirus.

Tipan (2017) desarrolló un estudio de los consumos de agua potable a través de mediciones de demandas de la población, en las zonas residenciales del centro de la ciudad de Ambato. En una de sus conclusiones determina que el día de máximo consumo se presenta los sábados en casi todas las zonas de la investigación, con un consumo promedio de 956.17 L/hogar/día. Y argumenta que este consumo elevado puede deberse a que en este día permanecen un mayor número de consumidores en casa respecto a días entre semana, o también por los hábitos de lavado de ropa y riego de jardines durante los fines de semana.

Á. Morote (2017) demuestra que la utilización artefactos eléctricos pueden influenciar en el consumo de agua potable ya que en su investigación se determina que el consumo de agua aumenta cuando aumenta la cantidad de lavavajillas y lavadoras de ropa en el hogar. Al igual que Arellano et al. (2019) manifiesta que se tiene una correlación entre el consumo de agua y el número de aparatos sanitarios donde se indica que aumenta el consumo si aumenta el número de aparatos sanitarios y viceversa.

Á. F. Morote et al. (2016) investigaron las tendencias del consumo de agua potable en el sector doméstico en la ciudad de Alicante. Cuyo objetivo fue analizar cómo evolucionó el consumo de agua doméstica en la ciudad entre el año 2000 y 2013. Se analizaron los valores reales de consumo individuales en los hogares según el tipo de vivienda y el nivel económico de los ocupantes. Las conclusiones obtenidas muestran que el consumo se disminuyó durante el período de análisis, y que existen diferentes factores que afectan el consumo de agua. La reducción del consumo se debe probablemente a la crisis económica de la ciudad en dicha época, la cual aumentó el precio del agua provocando una concientización en la utilización del líquido, además esta conciencia de ahorro hizo que los habitantes empezaran a utilizar nuevos electrodomésticos que les permitan

ahorrar agua y el uso de agua reciclada para el riego de áreas verdes. Demostrando así que la economía es un factor que puede influenciar mucho en el consumo de agua potable.

Bayas (2018) asevera que su investigación es el punto de partida para actualizar la norma Ecuatoriana, ya que estudió los consumos de agua potable para poblaciones menores de 150000 habitantes, basándose en factores meteorológicos y socio económicos, en su investigación menciona que la norma vigente no considera aspectos sociales y hábitos de consumo, demostrando a partir de correlaciones lineales estadísticas si dichos factores se relacionan al consumo. Se concluye que en varios rangos poblacionales los consumos de agua si son diferentes a los establecidos por la norma vigente CPE INEN 005-9-1.

Lindao (2018) analizó la incidencia de la calidad del agua potable en el consumo diario en el sector residencial, para esta investigación se utilizó una muestra de 11 ciudades Ecuatorianas las cuales tienen una población menor a 150.000 habitantes. Aplicó métodos estadísticos mediante el software InfoStat, al final de su investigación concluye que la calidad del agua si influencia el consumo diario, y cuando las personas no se sienten seguras del agua que circula por la red pública tienden a utilizar agua de bidones. Además, el estudio evaluó la condición del agua en la red de las poblaciones analizadas y determinó que el 63.64% posee agua con denominación regular, y el 34.34% con calificación buena. Por lo tanto, más del 50% de la muestra evaluada no tiene agua en óptimas condiciones de calidad.

Serrano (2019) investigó el agua potable utilizada en el riego de jardines y huertas en el sector residencial, para lo cual se utilizó datos de investigaciones anteriores realizadas entre los años 2013 y 2015 en la UNACH. Esta investigación concluyó que en ciudades grandes de entre 30.000 a 150.000 habitantes, el consumo de agua potable es directamente proporcional, es decir cuando

aumenta el número de casas que tienen jardín aumenta el consumo de agua potable. Mientras que en las ciudades medianas de 8.000 a 30.000 y pequeñas de 0 a 8.000 no ocurre este fenómeno.

Muñoz (2019) elabora su investigación acerca de características demográficas asociadas a los consumos de agua potable, analizó la demografía, equipamiento sanitario y el consumo en 11 ciudades ecuatorianas. La diferencia de consumos entre las ciudades es notable, aunque unas comparten rangos de consumo y no presentan una tendencia ordenada en función del tamaño de la población o de la región. De esta manera en uno de sus análisis se descarta la idea de que el consumo de agua potable aumenta si incrementa el número de personas en una vivienda y los factores que influyen en el consumo de agua pueden ser diferentes a los estudiados.

Peña (2019) analizó aún más los factores que afectan al consumo de agua potable, categorizando los principales. Se realizaron dos análisis, un mensual y un semestral en 11 ciudades con poblaciones menores a 150000 habitantes para lo cual se empleó un modelo estadístico de regresión lineal múltiple, analizando las variables con respecto a los consumos de agua mensual y semestral. Determinando que cuando se realiza un análisis semestral los factores de gestión, calidad y los demográficos son los que más influyen. Al realizar el análisis mensual los factores climatológicos son los más relevantes. En ambos análisis los factores socioeconómicos no son tan importantes como los otros factores.

Yuquilema (2020) investiga la correlación entre la frecuencia de cocinar y el consumo de agua potable. Su objetivo principal fue determinar si la frecuencia con la que se cocina en el hogar se considera como un hábito o un factor que influye significativamente en el consumo de agua potable. Se utilizó datos de 9 tesis realizadas en la UNACH. Esta investigación descarta que las actividades de cocina sea un hábito que influyen en la variación del consumo de agua potable.

También determinó que el consumo de agua se ve afectado por factores de gestión de calidad y demográficos.

Por último Salazar (2020) realiza su investigación donde recoge los datos de 9 investigaciones previas de consumo de agua doméstica en 11 ciudades entre los años 2013-2015, se procesó esta información para encontrar el consumo máximo por ciudad y el coeficiente de variación de consumo diario en dos escenarios, uno mensual y otro semestral. De esta manera determina el coeficiente de variación de consumo con valores de: $K_d=1.04$ para ciudades grandes, $K_d=1.12$ en ciudades medianas y $K_d=1.10$ en ciudades pequeñas. También determina un K_d global de 1.09 para ciudades con población menor que 150.000 habitantes. Estos valores de K_d pueden ser muy útiles en el cálculo de caudales para el diseño de elementos de sistemas de agua potable. En sus recomendaciones se menciona usar coeficientes de variación de acuerdo con el tamaño poblacional de la ciudad en análisis.

4. METODOLOGÍA:

A continuación, el proceso general utilizado en el desarrollo del proyecto de investigación:

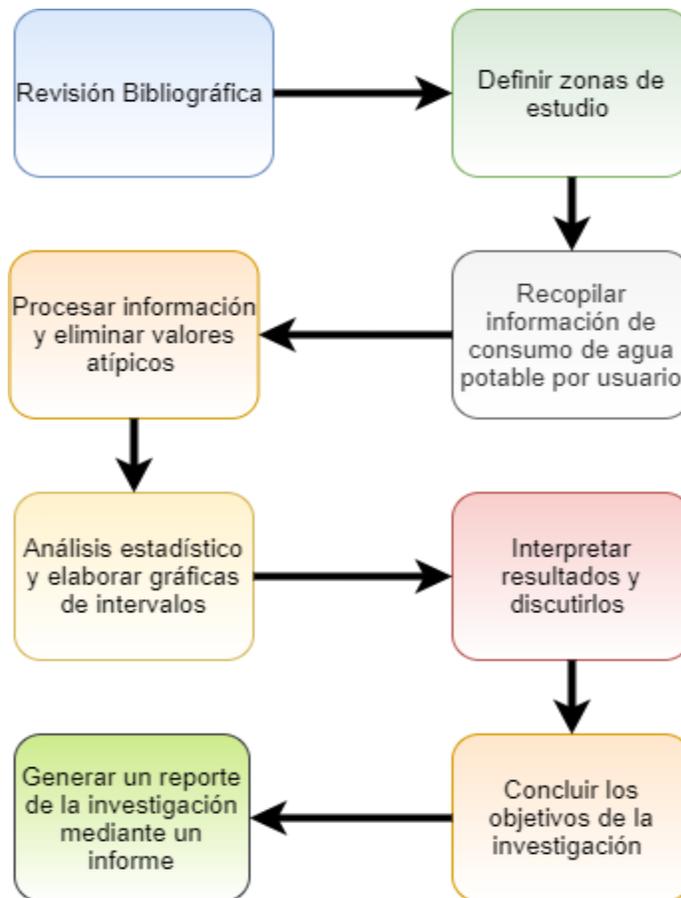


Ilustración 1 Desarrollo de investigación. **Fuente:** Elaboración propia (2020)

Se realizó previamente la búsqueda bibliográfica de trabajos investigativos sobre agua potable y algunos factores que inciden en su consumo, en plataformas digitales tales como Scielo, ProQuest, ResearchGate, Repositorios digitales Universitarios, Google Académico y demás sitios web que garanticen que la información haya sido verificada por profesionales en el tema

Se definió zonas de estudio donde sea posible contar con información referente a consumos mensuales de agua potable que hayan sido registrados antes y durante los meses de cuarentena,

para lo cual se eligió dos cabeceras cantonales en la provincia del Carchi: Mira y El Ángel, y un cantón en la provincia de Imbabura: San Miguel de Urququi.

En la ciudad de Mira y el cantón San Miguel de Urququi los datos fueron proporcionados por los departamentos de agua potable y alcantarillado de los GADs de cada cantón, en el caso de la ciudad de El Ángel los datos fueron facilitados por la empresa pública EPMAPA-Espejo. En las tres poblaciones los datos recolectados corresponden a consumos de agua en unidades de m^3 tomados mediante el registro mensual de contadores (medidores) de cada usuario por personal de la empresa o municipio. Cabe recalcar que cada usuario representa a un medidor de agua o familia.

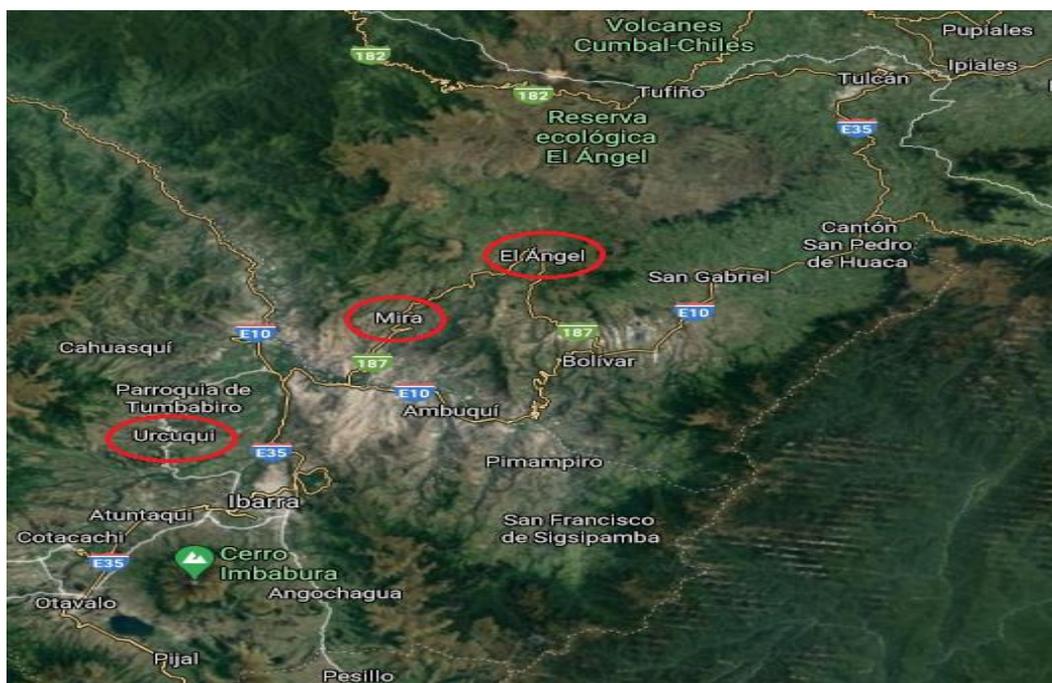


Ilustración 2 Localización geográfica zonas de estudio. **Fuente:** Google Maps (2020)

Una vez recopilada toda la información se procede a la etapa de depuración, la cual tiene la finalidad de revisar, acomodar, dividir y clasificar los datos más necesarios que aporten a la solución del problema planteado. La investigación se desarrolló con el siguiente conjunto de datos,

los cuales corresponden solamente a consumos de agua de categoría residencial, no se utilizó los datos de categorías como pública, industrial o comercial:

Tabla 1 Muestra en Análisis

Provincia	Población	N.º Usuarios	Desde	Hasta	N.º meses	Datos
Imbabura	San Miguel de Urcuqui	5077	ene-14	jun-20	78	396006
Carchi	Mira	1632	ene-14	jun-20	78	127296
	El Ángel	1840	ene-14	jun-20	78	143520
					Total:	666822

Nota: Los usuarios representa a un medidor o familia.

Fuente: Elaboración propia (2020)

Se realizó el procesamiento de información mediante el software Minitab 19. Se elaboró diagramas de cajas y bigotes que consiste en gráficas que representan el 50% de los datos intermedios. Los bigotes se extienden hasta determinar los puntos máximos y mínimos dentro de una altura de caja de 1.5 y representan el otro 50% de los datos. Los valores que se encuentran fuera de este rango se consideran valores atípicos, los cuales son una observación extrañamente grande o pequeña que pueden tener un efecto desproporcionado en los resultados estadísticos, como la media, lo que puede conducir a interpretaciones engañosas. (Minitab, 2020a)

En esta investigación los datos atípicos son los consumos excesivamente altos con respecto a la muestra, provocados probablemente por daños en los medidores, fugas del líquido o registros incorrectos en las lecturas. Una vez depurada la información y sin datos atípicos se obtiene los estadísticos descriptivos para cada población (ver anexo 1,2 y 3).

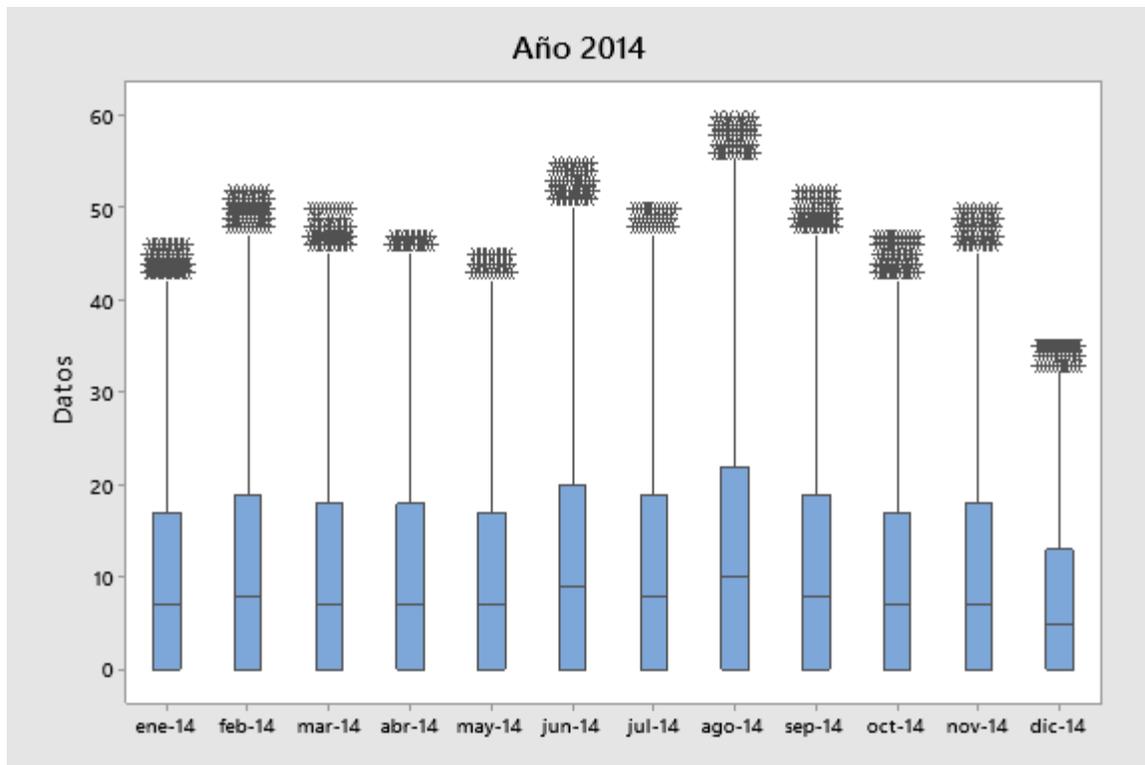


Ilustración 3 Diagrama de cajas y bigotes **Fuente:** Minitab (2020)

El análisis estadístico se ejecutó mediante el análisis de varianza ANOVA el cual consiste en una prueba de hipótesis de que las medias de dos o más poblaciones son iguales. (Minitab, 2020b)

La hipótesis nula establece que todas las medias de la población son iguales mientras que la hipótesis alternativa establece que al menos una es diferente. Para aceptar o rechazar la hipótesis nula se compara el valor p con el nivel de significancia (denominado α), el cual para este caso se estableció de 0.05 ya que funciona adecuadamente e indica un riesgo de 5% de concluir que existe una diferencia cuando no hay una diferencia real. (Minitab, 2020b)

Si el Valor $p \leq \alpha$: es estadísticamente significativo, es decir existe diferencias entre algunas de las medias de la muestra y se rechaza la hipótesis nula.

Si el Valor $p > \alpha$: no es estadísticamente significativo, por lo tanto, no existen diferencias entre las medias ya que no se cuenta con suficiente información para rechazar la hipótesis nula.

Para examinar las variaciones de las medias de manera visual se realizó gráficas de intervalo en las 3 poblaciones en base a la fecha de registro de los datos, donde:

Cada punto de la gráfica representa una media de cada mes y cada intervalo es un intervalo de confianza individual del 95 %.

Se puede utilizar la gráfica de intervalos para evaluar visualmente si la diferencia de las medias es significativa o no, si los intervalos se superponen indican que la diferencia puede ser significativa, y si los intervalos no se superponen la diferencia probablemente no es significativa.

No es recomendable tomar una decisión de diferencia entre las medias solamente en base a la gráfica de intervalos ya que, al hacer comparaciones múltiples con un conjunto de datos muy grande también se incrementa la probabilidad de que al menos una comparación concluirá de forma incorrecta, y se puede producir un error tipo 1, el cual en estadística se define como el rechazo de la hipótesis nula cuando esta es cierta.

Para tener información más detallada sobre las diferencias entre medias se utilizó el método de comparaciones múltiples de Tukey, el cual para contrarrestar la tasa de error tipo 1 ajusta el nivel de confianza de cada intervalo individual a un nivel de confianza simultáneo resultante igual a 95%. Este método es una prueba post-hoc que compara todas las medias formando pares y comparando una con la otra. Se genera una agrupación mediante letras, donde las medias que no compartan una letra son estadísticamente diferentes.

De esta manera se determinó una validación estadística, que permita establecer si en los meses de cuarentena del 2020 se generó o no un aumento máximo del consumo de agua potable respecto a sus registros históricos.

A partir de los resultados obtenidos con Tukey se determina el consumo mensual máximo y el consumo medio registrado desde enero del 2014 hasta junio del 2020 en cada población, con los cuales se calcula el coeficiente de variación de consumo mensual de agua potable obtenido de la [Ec.1]

$$Kd = \frac{\text{Consumo Maximo}}{\text{Consumo Medio}} \text{ [Ec. 2]}$$

5. RESULTADOS

5.1. Análisis de Anova:

Tabla 2 Análisis de Varianza de medias

Población	Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
El Ángel	Factor	77	216235	2808,2	24,95	0,000
	Error	129992	14628747	112,5		
	Total	130069	14844981			
Mira	Factor	77	1010316	13121	98,61	0,000
	Error	114230	15199708	133,1		
	Total	114307	16210024			
San Miguel de Urcuqui	Factor	77	580958	7544,9	55,36	0,000
	Error	358848	48905974	136,3		
	Total	358925	49486932			

Nota: GL: grados de libertad; SC Ajustado: suma ajustada de cuadrados; MC Ajustado: cuadrados medios ajustados.

Fuente: Elaboración propia (2020)

Del análisis de varianza ANOVA se obtiene un valor p menor al nivel de significancia establecido de 5% en las tres poblaciones estudiadas. Se define que la diferencia entre algunas de las medias es estadísticamente significativa y se rechaza la hipótesis nula. Lo que indica que al menos en un mes el promedio de consumo de agua es diferente a los demás meses, también este resultado demuestra que los meses del año influyen en el consumo en las zonas estudiadas.

5.2.Resultados de Tukey:

Ya que el análisis de Anova demuestra existencia de diferencia entre algunas medias de los meses analizados, es necesario conocer entre que meses existe esa diferencia, para ello en las tablas 3, 4 y 5 se aplicó la prueba de Tukey con el propósito de contrastar los valores promedios de los meses de cuarentena con los valores de los meses históricos.

En la ciudad de El Ángel mediante la agrupación realizada se observa que el valor de la media más alta en cuarentena se da en el mes de marzo, el cual no comparte ninguna letra con la media máxima registrada en diciembre del 2014. Entonces se considera que estas son diferentes y el mes de diciembre posee una media significativamente mayor.

En la ciudad de Mira la media más alta de cuarentena se registra en el mes de abril, la cual tampoco comparte ninguna letra con la media máxima de junio del 2015, de igual manera esto representa que los valores de estas medias son diferentes, y evidentemente el dato histórico es superior.

En el cantón San Miguel de Urcuqui la media más alta en cuarentena se registra en el mes de junio y no comparte una letra con el consumo máximo registrado en agosto de 2015. Por lo tanto, en las tres poblaciones las medias de consumo de agua de los meses en cuarentena y las medias de meses históricos se consideran estadísticamente diferentes.

Tabla 4 Comparación de Tukey ciudad de Mira

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Factor	Agrupación
jun-15	A
feb-14	A B
abr-20	B C
ene-17	B C D
jul-16	C D E
ago-16	C D E
jul-15	C D E F
oct-14	C D E F G
ene-20	C D E F G H
feb-18	C D E F G H
ago-17	C D E F G H
ago-14	C D E F G H I
ene-19	D E F G H I
may-18	E F G H I J
mar-19	F G H I J K
ago-18	F G H I J K
ago-19	G H I J K L
feb-16	G H I J K L M
jul-14	G H I J K L M
jun-20	H I J K L M
feb-15	H I J K L M
ago-15	I J K L M N O
abr-19	I J K L M N
may-15	I J K L M N O
ene-16	I J K L M N O P
mar-14	I J K L M N O P
sep-19	J K L M N O P Q
sep-16	K L M N O P Q R
oct-17	K L M N O P Q R
ene-15	K L M N O P Q R
sep-17	K L M N O P Q R S
abr-16	K L M N O P Q R S
oct-19	K L M N O P Q R S T
feb-17	K L M N O P Q R S T
feb-19	L M N O P Q R S T U
sep-15	M N O P Q R S T U V
jun-16	N O P Q R S T U V W
may-17	O P Q R S T U V W
jul-19	P Q R S T U V W
ene-18	Q R S T U V W X
mar-17	Q R S T U V W X
jun-17	Q R S T U V W X
jul-17	R S T U V W X
mar-15	R S T U V W X
mar-18	S T U V W X AA
may-16	S T U V W X AA AB
sep-14	S T U V W X AA AB
mar-16	S T U V W X AA AB
feb-20	S T U V W X AA AB
abr-15	T U V W X AA AB AC
sep-18	U V W X AA AB AC
abr-14	V W X AA AB AC AD
nov-19	W X AA AB AC AD
jun-18	W X AA AB AC AD
jun-14	X AA AB AC AD AE
abr-18	X AA AB AC AD AE AF
dic-15	X AA AB AC AD AE AF
nov-18	X AA AB AC AD AE AF
nov-14	X AA AB AC AD AE AF
oct-15	AA AB AC AD AE AF AG
nov-16	AA AB AC AD AE AF AG AH
oct-16	AA AB AC AD AE AF AG AH
nov-17	AB AC AD AE AF AG AH
may-14	AA AB AC AD AE AF AG AH
abr-17	AC AD AE AF AG AH AI
oct-18	AD AE AF AG AH AI
ene-14	AD AE AF AG AH AI
jun-19	AD AE AF AG AH AI
mar-20	AE AF AG AH AI
dic-14	AF AG AH AI AJ
dic-18	AG AH AI AJ AK
may-20	AH AI AJ AK
dic-17	AI AJ AK AL
dic-16	AJ AK AL AM
jul-18	AK AL AM AN
dic-19	AL AM AN
nov-15	AM AN
may-19	AN

Fuente: Elaboración propia (2020)

Tabla 5 Comparación de Tukey cantón San Miguel de Urcuqui

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Factor	Agrupación
ago-15	A
ene-15	A B
sep-19	B C
ago-14	C D
jul-15	C D E
feb-16	C D E
sep-15	C D E F
jul-19	C D E F G
sep-18	D E F G H
ago-16	D E F G H I
jun-20	D E F G H I J
oct-15	D E F G H I J
ene-19	E F G H I J K
oct-16	D E F G H I J K
ago-19	E F G H I J K L
mar-16	E F G H I J K L M
jul-16	E F G H I J K L M
jun-14	E F G H I J K L M
ene-17	F G H I J K L M N
sep-17	F G H I J K L M N
feb-20	F G H I J K L M N O
abr-19	F G H I J K L M N O P
ene-20	G H I J K L M N O P Q
jun-18	H I J K L M N O P Q R
ago-17	I J K L M N O P Q R S
nov-15	I J K L M N O P Q R S T
nov-16	J K L M N O P Q R S T U
feb-19	J K L M N O P Q R S T U
sep-14	J K L M N O P Q R S T U V
oct-17	J K L M N O P Q R S T U V W
dic-15	K L M N O P Q R S T U V W X
jul-18	K L M N O P Q R S T U V W X
feb-14	K L M N O P Q R S T U V W X Y
abr-18	K L M N O P Q R S T U V W X
may-20	L M N O P Q R S T U V W X Y
may-16	L M N O P Q R S T U V W X Y Z
may-15	L M N O P Q R S T U V W X Y Z AA
oct-18	L M N O P Q R S T U V W X Y Z AA
sep-16	L M N O P Q R S T U V W X Y Z AA
jul-14	L M N O P Q R S T U V W X Y Z AA AB
jun-15	M N O P Q R S T U V W X Y Z AA AB
jun-19	N O P Q R S T U V W X Y Z AA AB AC
mar-20	O P Q R S T U V W X Y Z AA AB AC AD
ene-16	O P Q R S T U V W X Y Z AA AB AC AD AE
feb-18	P Q R S T U V W X Y Z AA AB AC AD AE
jun-16	Q R S T U V W X Y Z AA AB AC AD AE
jul-17	R S T U V W X Y Z AA AB AC AD AE
nov-14	S T U V W X Y Z AA AB AC AD AE AF
feb-17	S T U V W X Y Z AA AB AC AD AE AF
nov-18	T U V W X Y Z AA AB AC AD AE AF
ene-18	T U V W X Y Z AA AB AC AD AE AF
may-19	U V W X Y Z AA AB AC AD AE AF
may-17	U V W X Y Z AA AB AC AD AE AF
feb-15	V W X Y Z AA AB AC AD AE AF AG
abr-20	V W X Y Z AA AB AC AD AE AF AG
abr-14	V W X Y Z AA AB AC AD AE AF AG AH
mar-15	W X Y Z AA AB AC AD AE AF AG
mar-14	W X Y Z AA AB AC AD AE AF AG AH
abr-16	X Y Z AA AB AC AD AE AF AG AH
abr-15	X Y Z AA AB AC AD AE AF AG AH
nov-19	Y Z AA AB AC AD AE AF AG AH
oct-14	Z AA AB AC AD AE AF AG AH
nov-17	AA AB AC AD AE AF AG AH
mar-19	AB AC AD AE AF AG AH
jun-17	AB AC AD AE AF AG AH
may-18	AC AD AE AF AG AH
abr-17	AC AD AE AF AG AH
oct-19	AD AE AF AG AH
ene-14	AE AF AG AH
dic-17	AF AG AH
may-14	AF AG AH
dic-18	AF AG AH
mar-17	AG AH AI
mar-18	AG AH AI
dic-19	AH AI
ago-18	AI
dic-16	AI
dic-14	AJ

Fuente: Elaboración propia (2020)

5.3. Gráficas de intervalos:

Se puede identificar que hasta el año 2015 se registran consumos mensuales de agua potable más elevados, e incluso en el mes de diciembre del año 2014 se registra el consumo máximo generado hasta el momento en la ciudad de El Ángel.

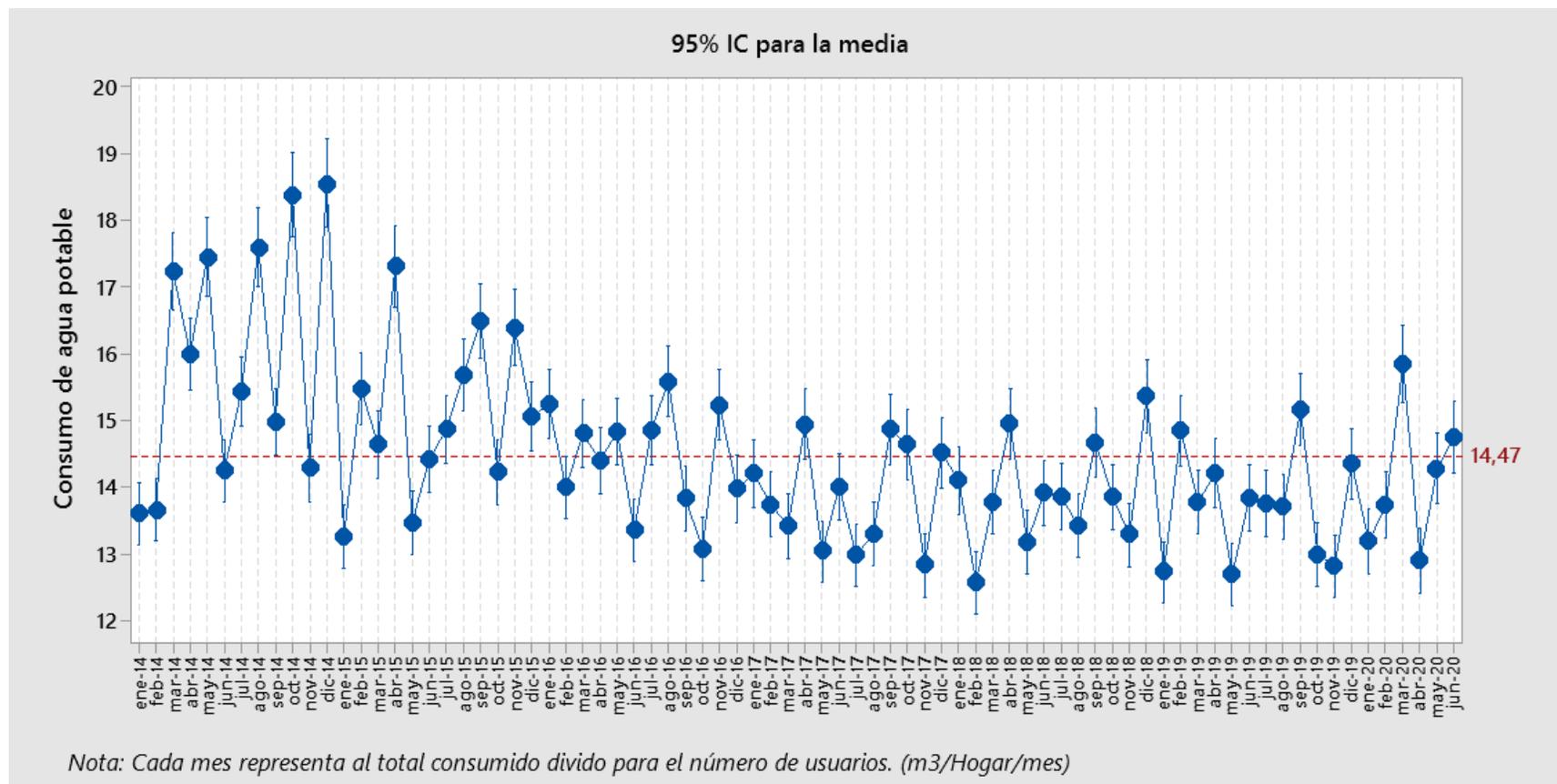


Ilustración 4 Gráfica de intervalos ciudad de El Ángel. **Fuente:** Elaboración propia (2020)

En el cantón San Miguel de Urququi el consumo máximo se registra en agosto del año 2015. Durante la cuarentena no existe un consumo elevado que pueda evidenciar el aumento de demanda de agua debido a influencia de la pandemia.

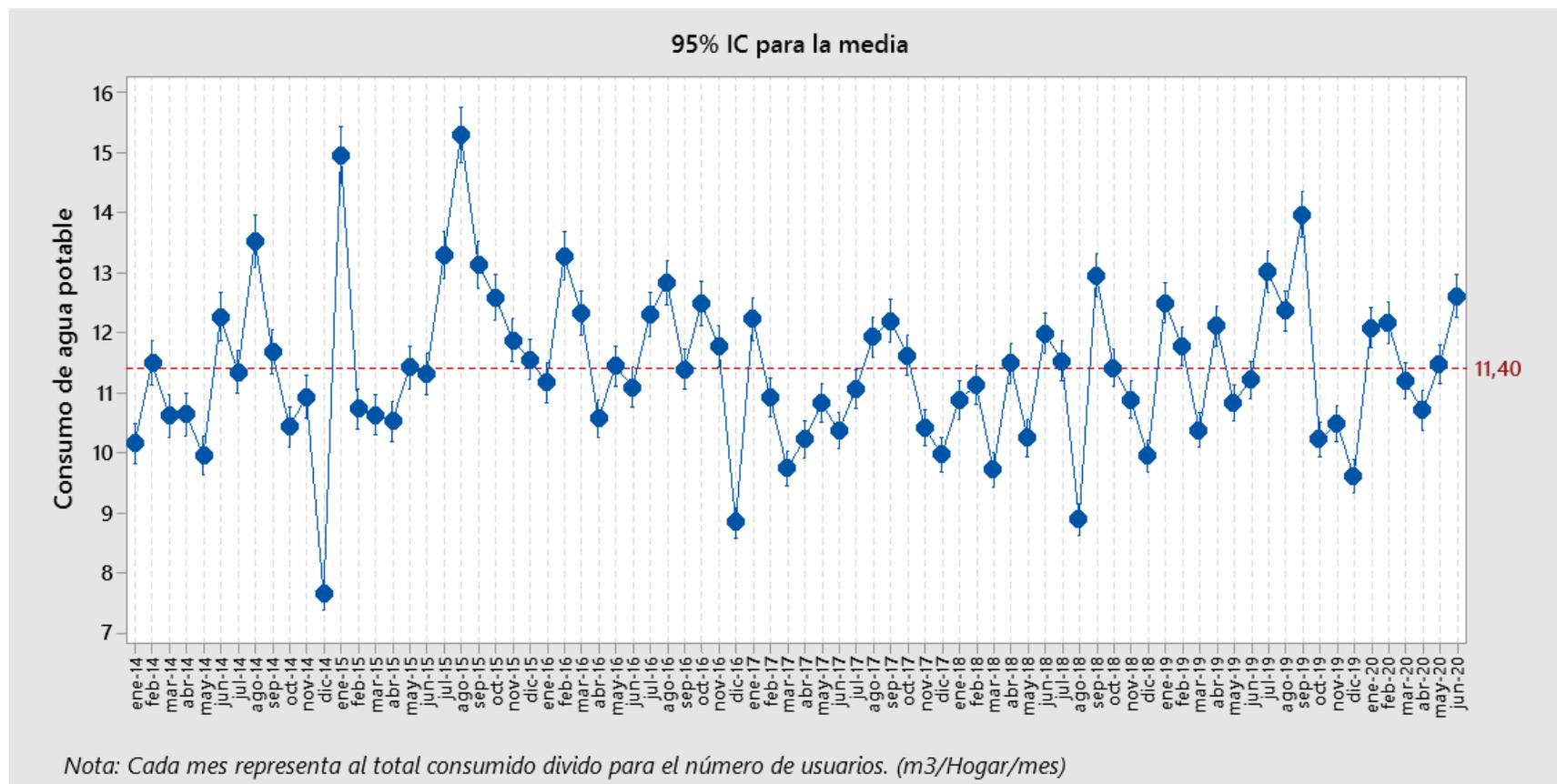


Ilustración 5 Gráfica de intervalos cantón San Miguel de Urququi. **Fuente:** Elaboración propia (2020)

Se puede observar que en la ciudad de Mira existe más variación entre los consumos de agua y el consumo máximo se registra en junio del 2015. En cuanto a la cuarentena, en el mes de abril se registra un consumo elevado superior a las otras dos poblaciones.

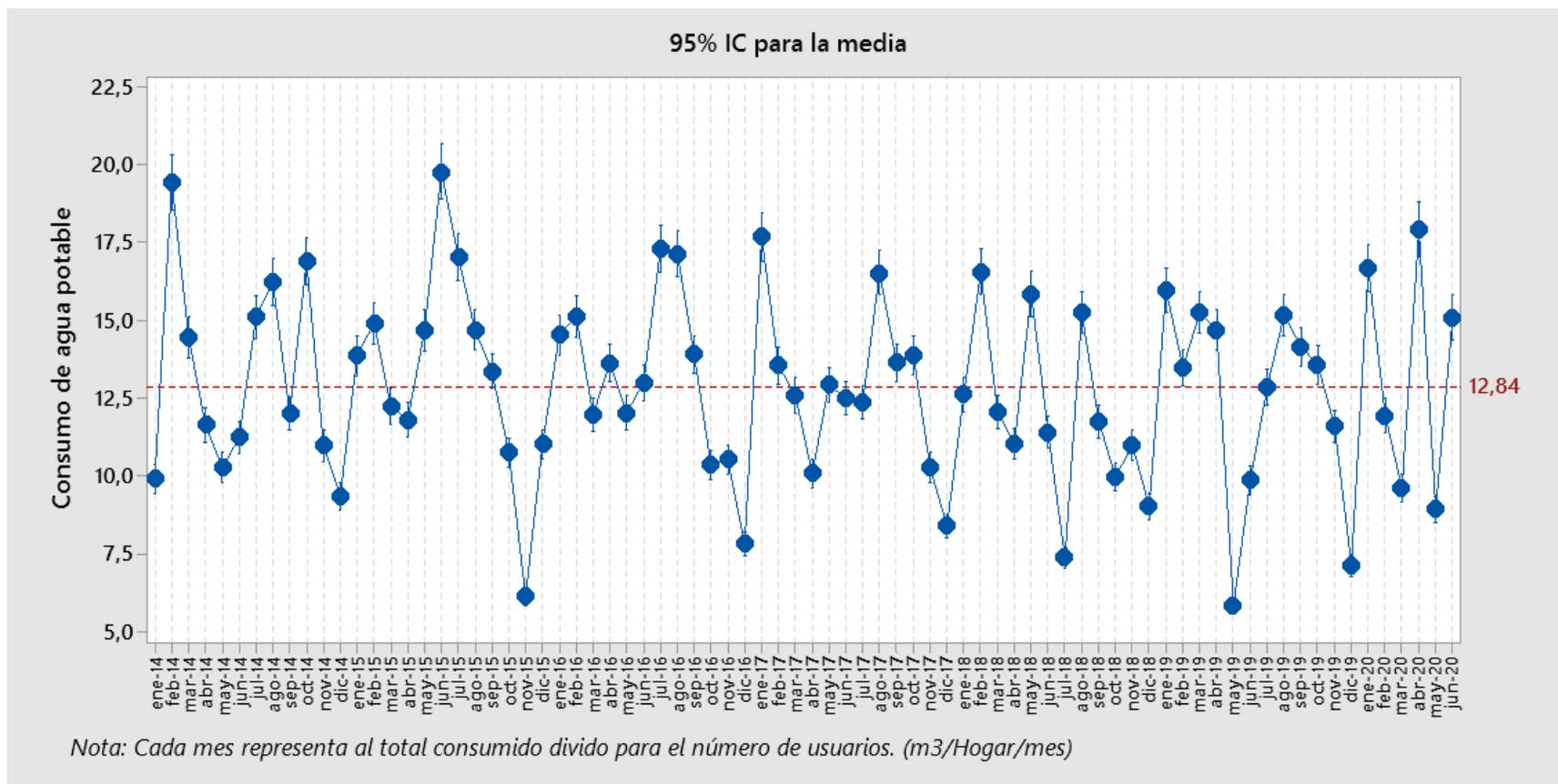


Ilustración 6 Gráfica de intervalos ciudad de Mira. **Fuente:** Elaboración propia (2020)

5.4. Determinación de Coeficiente de consumo Kd

Se determina que en las tres poblaciones estudiadas el consumo promedio de los 78 meses analizados es similar al consumo promedio de los meses en cuarentena. Se puede identificar también que el consumo pico en cuarentena no es mayor al consumo pico registrado en años anteriores. Por lo tanto, se descarta que en los meses de marzo, abril, mayo y junio del año 2020 se generó un consumo máximo como se había planteado en la hipótesis. Sabiendo que el coeficiente de variación de consumo mensual (Kd) es la relación entre el consumo máximo registrado y el consumo medio total, se determina que el valor más alto corresponde a la ciudad de Mira a pesar de ser la población analizada con menor número de habitantes.

Tabla 6 Resultados coeficiente de variación de consumo por población

Población	Habitantes (1)	Número usuarios (2)	Consumo promedio cuarentena (3)	Consumo promedio (4)	Consumo máximo cuarentena (5)	Consumo máximo Histórico (6)	Kd
El ángel	6325	1840	14,44	14,47	15,85	18,55	1,28
Mira	5994	1632	12,86	12,84	17,89	19,75	1,54
San Miguel de Urcuqui	15671	5077	11,50	11,40	12,62	15,30	1,34

Nota:

- (1) Total de habitantes según Censo INEC del 2010.
- (2) Usuarios de agua potable de categoría residencial a fecha de junio del 2020.
- (3) Consumo promedio de los meses de cuarentena: marzo, abril, mayo, junio. (m³/Hogar/mes)
- (4) Consumo promedio de todos los meses analizados. (m³/Hogar/mes)
- (5) Consumo máximo registrado en mes de cuarentena. (m³/Hogar/mes)
- (6) Consumo máximo registrado en mes histórico. (m³/Hogar/mes)

Fuente: Elaboración propia (2020)

6. DISCUSIÓN

A través de la revisión bibliográfica realizada se pudo constatar que existen muchos factores y hábitos que pueden influenciar al consumo de agua potable. Para discutir los resultados se tomaron en cuenta algunos que se presentaron durante la pandemia, los cuales son; número de personas en el hogar, frecuencia de cocinar y aislamiento.

En el mes de abril donde las medidas tomadas por la pandemia fueron más estrictas, el consumo de agua del sector residencial aparenta no estar tan afectado en la ciudad de El Ángel, pues se registra el valor de consumo más bajo. Tal vez por hábitos como: ducharse diariamente para ir al trabajo, lavado de ropa y lavado de vehículos fue reducido, pues ya no fue necesario realizarlos con la misma frecuencia. Lo que demuestra que, así como se implementaron nuevas normas de aseo por el virus que implicaba consumir agua, también hubo un cambio de costumbres en la población.

El cantón San Miguel de Urcuqui es la zona analizada con mayor población, en su cabecera cantonal se encuentra la universidad Yachay Tech, por lo tanto, la ciudad alberga a un gran número de estudiantes de otras provincias. Se puede observar en la ilustración 5 que el consumo de agua en los meses de enero y febrero del año 2020 es similar y seguía una tendencia de aumento, pero al mes de marzo su consumo decae y registra el punto más bajo en el mes de abril al igual que la ciudad de el Ángel. Esto debido a que en este mes es probable que la mayoría de los estudiantes ya lograron retornar a sus hogares, reduciendo así el consumo del sector residencial. Este bajo consumo de agua también se lo puede atribuir a hábitos antes mencionados en la ciudad El Ángel, ya que son costumbres que deben haber cambiado en la mayoría de las ciudades.

El caso de la ciudad de Mira fue diferente, ya que en cuarentena el mes de marzo tiene un consumo bajo, pero en el mes de abril se registra un consumo muy alto, y en el mes de mayo nuevamente baja. Este mes de abril es el consumo registrado más elevado en cuarentena con relación a las otras dos poblaciones estudiadas, esto probablemente debido a cuestiones de movilidad. Mira se encuentra entre dos ciudades grandes que son Ibarra y Tulcán las cuales están relativamente cerca, y se cree que Mira acogió a personas de ciudades más grandes que salieron de las mismas por miedo a contagios hacia ciudades más pequeñas.

El no aumento del consumo de agua durante la cuarentena que se creía posible debido a la restricción de salida puede estar relacionado a diversos factores. En ciudades pequeñas, antes de la cuarentena las personas si alcanzaban a retornar a su hogar y consumir agua para preparar sus alimentos u otras actividades domésticas, lo cual no es posible en ciudades mucho más grandes por cuestiones de movilidad y tiempo. Entonces, el no poder salir de casa, un mayor número de personas en el hogar y cocinar con mayor recurrencia no fueron factores determinantes para aumentar el consumo de agua en las poblaciones analizadas. De igual manera se puede corroborar lo concluido por Yuquilema (2020) el cual menciona que cocinar con más frecuencia no afecta el consumo de agua potable.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. Conclusiones:

Se obtuvo datos de consumo mensual de agua potable desde enero del 2014 hasta junio del 2020 en las provincias de Imbabura y Carchi. En la provincia de Imbabura los datos analizados son: 396 006 pertenecientes al cantón San Miguel de Urququi. En la provincia del Carchi se analizó 127 296 datos en la cabecera cantonal de Mira y 143 520 datos en la cabecera cantonal de Espejo, dando como resultado un total de 666 822 datos.

Los registros de consumo de agua potable pertenecientes al sector residencial de Mira, El Ángel y San Miguel de Urququi, demuestran que la ciudad de Mira es la única población que presenta el mayor consumo de agua potable en tiempos de cuarentena con un valor de 17,89 m³/Hogar/mes. En las tres poblaciones el consumo máximo se registró en meses diferentes a los de la cuarentena del año 2020. Por otra parte, el consumo promedio de los meses de cuarentena es similar al consumo promedio de todos los meses analizados.

La comparación entre los consumos de agua potable de registros históricos y durante la cuarentena del año 2020 nos arroja una relación a través de un indicador denominado coeficiente de variación de consumo mensual (Kd), el cual se calculó en base al consumo mensual máximo obtenido en un lapso de 78 meses, y al consumo mensual promedio de cada población. Determinando valores de Kd=1.28 para la ciudad de El Ángel, Kd=1.53 para la ciudad de Mira, y Kd=1.34 para el cantón San Miguel de Urququi.

El valor del coeficiente de variación de consumo mensual calculado en la ciudad más pequeña de las analizadas es de Kd=1.53 y para la población más grande de Kd=1.34, lo cual corrobora los resultados obtenidos por Salazar (2020), donde el valor determinado de Kd=1.10 para ciudades

pequeñas es mayor que el valor de $K_d=1.04$ para ciudades grandes. Evidenciando así que los sectores residenciales de poblaciones pequeñas tienen la particularidad de consumir una mayor cantidad de agua a comparación de poblaciones más grandes.

La cuarentena debido al Covid 19 ocasionó cambios en las costumbres de los habitantes, por lo cual cada población experimentó diferentes tendencias en el consumo de agua. En poblaciones con un gran porcentaje de usuarios residenciales es previsible que se note menos variación del consumo de agua debido a que las costumbres cotidianas no cambian mucho con el aislamiento, ya que los habitantes antes de la cuarentena si ocupaban el agua de sus hogares para realizar sus actividades diarias. Por lo tanto, se fundamenta que eventos fortuitos como el aislamiento social no provocó un aumento del consumo de agua potable en el sector residencial debido a factores y demás hábitos sociales típicos en las poblaciones estudiadas.

7.2. Recomendaciones:

En un futuro, es recomendable que los resultados obtenidos en esta investigación puedan hacerse más robustos aumentando la cantidad de la muestra, de modo que el campo de validez de los mismo también pueda incrementarse. Generando así una base de datos más real, que permita establecer las demandas de agua potable en función a las necesidades de cada población.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- Acciona. (2020, July 8). *Tendencias del consumo de agua tras la COVID-19*. <https://www.iagua.es/noticias/acciona/tendencias-consumo-agua-covid-19>
- Arellano, A., Bayas, A., Meneses, A., & Castillo, T. (2018). Los consumos y las dotaciones de agua potable en poblaciones ecuatorianas con menos de 150 000 habitantes. *Nova Sinergia*, 1(1), 23–32. <http://novasinergia.unach.edu.ec/index.php/novasinergia/article/view/22/4%0A>
- Arellano, A., Izurieta, C., Bravo, C., & Merino, A. (2019). Desperdicio de agua a través del equipo sanitario. *Nova Sinergia*, 2(2), 68–74. <http://novasinergia.unach.edu.ec/index.php/novasinergia/article/view/123>
- Bayas, A. (2018). *Propuesta de dotaciones de agua potable para poblaciones menores a 150000 del Ecuador, basada en las características meteorológicas y socio económicas* [Universidad Nacional de Chimborazo]. <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/4759>
- El Heraldo Austral. (2020, May 26). *Pandemia de Covid-19 modifica hábitos de consumo de agua en regiones de Los Ríos y Los Lagos*. <https://www.eha.cl/noticia/regional/pandemia-de-covid-19-modifica-habitos-de-consumo-de-agua-en-regiones-de-los-rios-y-los-lagos-7829>
- El Universo. (2020, April 5). *Consumo de agua potable aumenta en Ecuador debido al aislamiento obligatorio*. <https://www.eluniverso.com/noticias/2020/04/05/nota/7804908/consumo-agua-potable-aumenta-debido-aislamiento-obligatorio>
- Gargano, R., Tricarico, C., Granata, F., Santopietro, S., & de Marinis, G. (2017). Probabilistic models for the peak residential water demand. *Water (Switzerland)*, 9(6). <https://doi.org/10.3390/w9060417>
- INEN, 005-9-1. (1992a). *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 1 000 habitantes: Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN)*. <https://archive.org/details/ec.cpe.5.9.1.1992/page/n43>
- INEN, 005-9-1. (1992b). *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 1 000 habitantes.
<https://archive.org/details/ec.cpe.5.9.1.1992/page/n43/mode/2up>

Lindao, V. (2018). *Incidencia de la calidad de agua potable en el consumo diario residencial en poblaciones menores a 150.000 habitantes* [Universidad Nacional de Chimborazo].
<http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/5097>

Minitab. (2020a). *Identificar valores atípicos.* <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/18/help-and-how-to/statistics/basic-statistics/supporting-topics/data-concepts/identifying-outliers/>

Minitab. (2020b). *Interpretar los resultados clave para la ANOVA de un solo factor - Minitab.*

Molina, A., Pozo, M., & Serrano, J. (2018). *Agua, Saneamiento e Higiene: Medicion de los ODS en Ecuador.* 79.

Morote, Á. (2017). Factores que inciden en el consumo de agua doméstico . Estudio a partir de un análisis bibliométrico. *Estudios Geográficos*, LXXVIII(282), 257–281.
<https://doi.org/10.3989/estgeogr.201709>

Morote, Á. F., Hernández, M., & Rico, A. M. (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 (Switzerland)*, 8(9), 1–18.
<https://doi.org/10.3390/w8090374>

Muñoz, G. (2019). *Características demográficas asociadas a los consumo de agua potable* [Universidad Nacional de Chimborazo]. <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/6124>

Peña, D. (2019). *Categorización de los principales factores que afectan el consumo de agua potable* [Universidad Nacional de Chimborazo].
<http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/6134>

Salazar, M. (2020). *Determinación del Coeficiente de variación del consumo diario de agua potable en ciudades menores a 150000 habitantes* [Universidad Nacional de

Chimborazo.Riobamba]. <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/6442>

Senplades. (2014). *Agua potable y alcantarillado para erradicar la pobreza en el Ecuador*.

<https://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/09/FOLLETO-Agua-SENPLADES.pdf>

Serebrisky, T., Bricchetti, J. P., Rivas Amiassorho, M. E., & Sanin Vazquez, M. E. (2020, April 21). *El impacto del COVID-19 en la demanda de servicios*.

<https://blogs.iadb.org/agua/es/servicios-de-infraestructura-asequibles-para-todos-en-tiempos-de-coronavirus-y-mas-alla/>

Serrano, J. A. F. (2019). *El agua potable utilizada en riego de jardines y huertas en el sector residencial*. [Universidad Nacional de Chimborazo].

<http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/5432>

Tipan, J. C. (2017). Estudio del consumo de agua potable en sectores residenciales de la zona centro de la ciudad de Ambato y su incidencia en la curva de consumo diario. [Universidad Técnica de Ambato].

In *Repo.Uta.Edu.Ec*. [https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/26837/1/Tesis_1181 - Tipán Jinde Julio César.pdf](https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/26837/1/Tesis_1181_-_Tip%C3%A1n_Jinde_Julio_C%C3%A9sar.pdf)

UNESCO. (2015). Informe de las Naciones Unidas sobre los recursos hídricos en el mundo. In *WWDR*.

http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/HQ/SC/images/WWDR2015Facts_Figures_SPA_web.pdf

Yuquilema, C. (2020). *Correlación entre la frecuencia de cocinar y el consumo de agua potable*

[Universidad Nacional de Chimborazo]. <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/6417>

9. ANEXOS

Anexo 1. Estadísticos descriptivos Ciudad de Mira

Fecha	Usuarios	Total consumido (m³)	Media (m³/Hogar/mes)	Error estándar de la media
ene-14	1320	13057	9,892	0,232
feb-14	1331	25828	19,405	0,449
mar-14	1324	19130	14,449	0,342
abr-14	1349	15675	11,62	0,278
may-14	1342	13750	10,246	0,252
jun-14	1363	15287	11,216	0,267
jul-14	1348	20334	15,085	0,346
ago-14	1339	21700	16,206	0,376
sep-14	1352	16212	11,991	0,282
oct-14	1355	22863	16,873	0,387
nov-14	1351	14807	10,96	0,257
dic-14	1351	12616	9,338	0,223
ene-15	1388	19213	13,842	0,321
feb-15	1390	20694	14,888	0,346
mar-15	1404	17147	12,213	0,284
abr-15	1406	16557	11,776	0,281
may-15	1405	20582	14,649	0,34
jun-15	1400	27653	19,752	0,447
jul-15	1373	23356	17,011	0,377
ago-15	1374	20158	14,671	0,323
sep-15	1398	18655	13,344	0,286
oct-15	1408	15116	10,736	0,237
nov-15	1414	8650	6,117	0,143
dic-15	1412	15529	10,998	0,246
ene-16	1410	20464	14,513	0,324
feb-16	1432	21619	15,097	0,335
mar-16	1425	17038	11,956	0,277
abr-16	1430	19456	13,606	0,309
may-16	1434	17221	12,009	0,279
jun-16	1453	18863	12,982	0,291
jul-16	1444	24950	17,278	0,38
ago-16	1440	24642	17,113	0,367
sep-16	1443	20042	13,889	0,311
oct-16	1437	14831	10,321	0,235
nov-16	1453	15265	10,506	0,24
dic-16	1462	11408	7,803	0,191
ene-17	1469	25952	17,666	0,4
feb-17	1473	19931	13,531	0,303
mar-17	1479	18595	12,573	0,287
abr-17	1478	14863	10,056	0,229

may-17	1483	19133	12,902	0,293
jun-17	1477	18442	12,486	0,277
jul-17	1475	18189	12,332	0,272
ago-17	1481	24438	16,501	0,363
sep-17	1483	20201	13,622	0,3
oct-17	1506	20877	13,863	0,311
nov-17	1494	15329	10,26	0,239
dic-17	1486	12444	8,374	0,197
ene-18	1511	19024	12,59	0,293
feb-18	1503	24851	16,534	0,372
mar-18	1510	18177	12,038	0,273
abr-18	1513	16660	11,011	0,251
may-18	1525	24145	15,833	0,367
jun-18	1521	17318	11,386	0,267
jul-18	1514	11124	7,347	0,175
ago-18	1532	23321	15,223	0,339
sep-18	1515	17782	11,737	0,27
oct-18	1533	15273	9,963	0,223
nov-18	1543	16928	10,971	0,258
dic-18	1539	13867	9,01	0,219
ene-19	1534	24464	15,948	0,358
feb-19	1536	20671	13,458	0,305
mar-19	1546	23535	15,223	0,34
abr-19	1545	22651	14,661	0,328
may-19	1544	8994	5,825	0,14
jun-19	1556	15323	9,848	0,231
jul-19	1567	20118	12,839	0,291
ago-19	1573	23821	15,144	0,335
sep-19	1568	22174	14,142	0,316
oct-19	1559	21125	13,55	0,311
nov-19	1562	18067	11,567	0,265
dic-19	1558	11066	7,103	0,174
ene-20	1586	26419	16,658	0,378
feb-20	1595	19008	11,917	0,279
mar-20	1563	14975	9,581	0,223
abr-20	1586	28375	17,891	0,458
may-20	1570	13973	8,9	0,219
jun-20	1557	23471	15,075	0,374

Fuente: Elaboración propia (2020)

Anexo 2. Estadísticos descriptivos del Cantón San Miguel de Urququi.

Fecha	Usuarios	Total consumido (m3)	Media (m3/Hogar/mes)	Error estándar de la media
ene-14	4175	42398	10,155	0,172
feb-14	4185	48127	11,5	0,193
mar-14	4185	44433	10,617	0,183
abr-14	4203	44710	10,638	0,178
may-14	4229	42068	9,948	0,166
jun-14	4234	51943	12,268	0,203
jul-14	4223	47919	11,347	0,186
ago-14	4237	57328	13,53	0,219
sep-14	4278	50019	11,692	0,188
oct-14	4302	44874	10,431	0,171
nov-14	4297	46967	10,93	0,182
dic-14	4306	32878	7,635	0,129
ene-15	4321	64653	14,963	0,243
feb-15	4317	46314	10,728	0,173
mar-15	4365	46406	10,631	0,17
abr-15	4370	46016	10,53	0,17
may-15	4387	50096	11,419	0,181
jun-15	4383	49551	11,305	0,177
jul-15	4397	58496	13,304	0,202
ago-15	4439	67926	15,302	0,231
sep-15	4416	57999	13,134	0,198
oct-15	4458	56152	12,596	0,192
nov-15	4485	53283	11,88	0,179
dic-15	4484	51782	11,548	0,172
ene-16	4522	50495	11,167	0,166
feb-16	4455	59178	13,284	0,202
mar-16	4536	55923	12,329	0,187
abr-16	4559	48192	10,571	0,161
may-16	4543	51993	11,445	0,171
jun-16	4507	49991	11,092	0,169
jul-16	4476	55090	12,308	0,193
ago-16	4512	57922	12,837	0,189
sep-16	4556	51912	11,394	0,169
oct-16	4548	56812	12,492	0,186
nov-16	4570	53832	11,779	0,176
dic-16	4567	40344	8,834	0,129
ene-17	4560	55755	12,227	0,187
feb-17	4648	50757	10,92	0,161
mar-17	4662	45374	9,733	0,147
abr-17	4664	47705	10,228	0,157
may-17	4675	50586	10,821	0,164
jun-17	4644	48149	10,368	0,157

jul-17	4680	51784	11,065	0,163
ago-17	4659	55576	11,929	0,174
sep-17	4710	57474	12,203	0,178
oct-17	4710	54732	11,62	0,172
nov-17	4725	49229	10,419	0,155
dic-17	4743	47285	9,969	0,144
ene-18	4772	51901	10,876	0,16
feb-18	4778	53168	11,128	0,16
mar-18	4732	45962	9,713	0,141
abr-18	4753	54653	11,499	0,17
may-18	4733	48478	10,243	0,158
jun-18	4758	57058	11,992	0,174
jul-18	4772	55031	11,532	0,168
ago-18	4674	41532	8,886	0,132
sep-18	4777	61877	12,953	0,183
oct-18	4799	54787	11,416	0,161
nov-18	4817	52435	10,885	0,155
dic-18	4855	48270	9,942	0,14
ene-19	4812	60141	12,498	0,174
feb-19	4847	57040	11,768	0,163
mar-19	4835	50159	10,374	0,149
abr-19	4853	58815	12,119	0,17
may-19	4858	52639	10,836	0,154
jun-19	4848	54396	11,22	0,158
jul-19	4874	63442	13,016	0,179
ago-19	4823	59644	12,367	0,17
sep-19	4874	68093	13,971	0,194
oct-19	4872	49790	10,22	0,146
nov-19	4871	51115	10,494	0,152
dic-19	4879	46881	9,609	0,144
ene-20	4887	59069	12,087	0,172
feb-20	4880	59358	12,164	0,175
mar-20	4928	55160	11,193	0,154
abr-20	4839	51803	10,705	0,167
may-20	4919	56463	11,479	0,168
jun-20	4900	61831	12,619	0,182

Fuente: Elaboración propia (2020)

Anexo 3. Estadísticos descriptivos de la Ciudad de El Ángel

Fecha	Usuarios	Suma(m3)	Media(m3/hogar/mes)	Error estándar de la media
ene-14	1536	20878	13,592	0,236
feb-14	1542	21048	13,65	0,237
mar-14	1510	26020	17,232	0,295
abr-14	1509	24133	15,993	0,278
may-14	1522	26562	17,452	0,3
jun-14	1499	21347	14,241	0,239
jul-14	1531	23620	15,428	0,263
ago-14	1526	26854	17,598	0,298
sep-14	1541	23080	14,977	0,254
oct-14	1558	28639	18,382	0,324
nov-14	1568	22391	14,28	0,256
dic-14	1583	29367	18,551	0,337
ene-15	1617	21431	13,254	0,241
feb-15	1564	24209	15,479	0,273
mar-15	1575	23049	14,634	0,256
abr-15	1591	27546	17,314	0,311
may-15	1597	21503	13,465	0,241
jun-15	1594	22973	14,412	0,255
jul-15	1599	23765	14,862	0,257
ago-15	1601	25105	15,681	0,272
sep-15	1602	26416	16,489	0,287
oct-15	1611	22903	14,217	0,248
nov-15	1619	26534	16,389	0,288
dic-15	1621	24413	15,06	0,263
ene-16	1598	24345	15,235	0,265
feb-16	1625	22741	13,994	0,236
mar-16	1638	24238	14,797	0,263
abr-16	1651	23768	14,396	0,254
may-16	1637	24268	14,825	0,256
jun-16	1654	22090	13,356	0,236
jul-16	1662	24679	14,849	0,262
ago-16	1654	25776	15,584	0,271
sep-16	1648	22783	13,825	0,246
oct-16	1683	21997	13,07	0,24
nov-16	1673	25479	15,23	0,271
dic-16	1661	23205	13,97	0,255
ene-17	1676	23800	14,2	0,258
feb-17	1658	22771	13,734	0,248
mar-17	1676	22486	13,416	0,249
abr-17	1676	25034	14,937	0,268

may-17	1685	21958	13,031	0,234
jun-17	1691	23680	14,004	0,252
jul-17	1709	22187	12,982	0,24
ago-17	1712	22760	13,294	0,24
sep-17	1692	25147	14,862	0,265
oct-17	1693	24771	14,631	0,269
nov-17	1719	22044	12,824	0,246
dic-17	1691	24531	14,507	0,265
ene-18	1698	23931	14,094	0,261
feb-18	1746	21939	12,565	0,238
mar-18	1722	23722	13,776	0,246
abr-18	1717	25662	14,946	0,268
may-18	1721	22676	13,176	0,242
jun-18	1711	23789	13,904	0,25
jul-18	1719	23819	13,856	0,251
ago-18	1728	23178	13,413	0,243
sep-18	1734	25434	14,668	0,263
oct-18	1752	24265	13,85	0,25
nov-18	1747	23202	13,281	0,241
dic-18	1735	26656	15,364	0,279
ene-19	1763	22428	12,721	0,23
feb-19	1725	25595	14,838	0,266
mar-19	1748	24077	13,774	0,246
abr-19	1747	24810	14,201	0,264
may-19	1759	22313	12,685	0,237
jun-19	1741	24086	13,835	0,255
jul-19	1736	23874	13,752	0,253
ago-19	1755	24043	13,7	0,25
sep-19	1760	26688	15,164	0,272
oct-19	1760	22861	12,989	0,241
nov-19	1758	22530	12,816	0,237
dic-19	1769	25376	14,345	0,265
ene-20	1760	23192	13,177	0,246
feb-20	1776	24391	13,734	0,25
mar-20	1785	28290	15,849	0,294
abr-20	1773	22869	12,898	0,247
may-20	1776	25350	14,274	0,269
jun-20	1771	26124	14,751	0,276

Fuente: Elaboración propia (2020)