

**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**

Título del proyecto

**COMPARACIÓN ENTRE LOS CONSUMOS DE AGUA POTABLE DURANTE  
LA CUARENTENA DEL 2020 Y LOS REGISTROS HISTÓRICOS EN CHIMBORAZO Y  
BOLÍVAR**

Autor(es):

**LIZETH HINOJOZA  
ANGIE SALTOS**

Tutor:

**ING. ALFONSO ARELLANO MGS.**

**Riobamba - Ecuador**

**Año 2020**

## REVISIÓN TRIBUNAL

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 CHIMBORAZO Y BOLÍVAR”, presentado por Lizeth Jhoselyn Hinojoza Arévalo y Angie Stefy Saltos Chiluita y dirigido por Mgs. 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:

Mgs. Alfonso Arellano

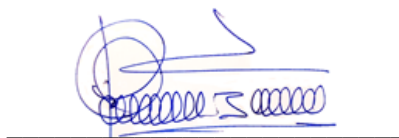
**Tutor de tesis**



**Firma**

Ing. Javier Palacios

**Miembro del tribunal**



**Firma**

Ing. Carlos Montalvo

**Miembro del tribunal**



**Firma**

**CERTIFICACIÓN DEL TUTOR**

Yo, Mgs. 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 CHIMBORAZO Y BOLÍVAR”, CERTIFICO; que el informe final del trabajo investigativo, ha sido revisado y corregido, razón por la cual autorizo a los estudiantes Lizeth Jhoselyn Hinojoza Arévalo y Angie Stefy Saltos Chiluiza para que se presenten ante el tribunal de defensa respectivo para que se lleve a cabo la sustentación de su Tesis. Atentamente,



Mgs. Alfonso Arellano

**AGRADECIMIENTO**

Al conductor de mi camino DIOS por su amor, misericordia que siempre me ha acompañado. Porque sus planes son perfectos ni antes ni después sino en el momento exacto e hizo de este sueño una realidad (Jeremías 29:11).

A mis ángeles hechos padres Richarth y Lourdes por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad. Este logro se los debo a ustedes por todo su apoyo, amor, corrección y motivación constante para alcanzar mis metas.

A mis hermanos Heidy y Jhordamy por ser el torbellino de emociones que con sus locuras, amor y comprensión me han incentivado a seguir adelante.

A cada uno de mis familiares, amigos, Familia Quishpe-Villacrés que confiaron en mí y por siempre tenerme en sus oraciones.

Finalmente quiero agradecer al Ing. Alfonso Arellano por compartir sus conocimientos en esta investigación.

Dios les bendiga

*Lizeth Jhoselyn Hinojoza Arévalo*

**DEDICATORIA**

Eres quién eres por una razón, la vara del maestro te formo, eres  
quién eres por amor, la verdad hay un Dios (Rusel Kelper)

Esta investigación se la dedico a Dios por ser el eje principal de  
mi vida.

A mis padres, hermanos quienes han sido mi motor para  
perseverar y seguir adelante. Los amo mucho.

*Lizeth Jhoselyn Hinojoza Arévalo*

**AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, agradezco a Jehová Dios por la vida, la salud y todas las bendiciones durante todo este tiempo para poder seguir adelante siempre y llegar a cumplir mi meta.

A mis papitos Augusto y Geoconda por creer en mí y ayudarme a cumplir mis sueños y propósitos, por sus consejos, apoyo y motivación en todo momento y sobre todo por su gran amor y paciencia conmigo.

A mi hermana Wendy por estar en todo momento para mí, por ser mi ejemplo a seguir y darme ánimos, apoyo y mucho amor en momentos difíciles.

A mis abuelitos Manuel y Olga por siempre tener abiertas las puertas de su casa y tener un lugar seguro en donde recargar energías con una comida y con beso y un abrazo.

A mi demás familia, amigos y compañeros que de una u otra manera me han ayudado en algún momento durante mi vida universitaria.

A mis mascotas Amy y Princesa por ser mis compañeras de desvelos y darme felicidad y amor perruno.

Agradezco de forma especial al ingeniero Alfonso Arellano por habernos guiado de la mejor manera para poder llevar a cabo este proyecto de investigación, por la enseñanza de sus valiosos conocimientos, por su paciencia, preocupación y ayuda.

*Angie Stefy Saltos Chiluiza*

**DEDICATORIA**

Esta meta cumplida dedico en primer lugar a mis padres y hermana, quienes han sido mi pilar fundamental y motor para siempre seguir adelante. Todo lo que soy y he logrado es gracias a ustedes.

A mi familia en general por siempre estar pendientes de mi en cualquier situación y brindarme su ayuda y amor.

Los amo infinitamente.

*Angie Stefy Saltos Chiliza*

## Índice General

1. Introducción.....	1
2. Objetivos.....	4
2.1. Objetivo General .....	4
2.2. Objetivos Específico .....	4
3. Estado del Arte .....	5
4. Metodología.....	10
5. Resultados y Discusión.....	14
5.1. Análisis de Varianza de medias .....	14
5.2. Resultados de Tukey .....	15
5.3. Grafica de intervalos de consumo vs meses.....	24
5.4. Resumen de estadística descriptiva .....	29
6. Conclusiones y Recomendaciones.....	31
7. Referencias Bibliográficas.....	33
8. Anexos.....	37



**Índice de Gráficas**

Gráfica 1. Localización geográfica.....	3
Gráfica 2. Procesos sistemáticos de desarrollo de investigación.....	10
Gráfica 3. Ejemplo de gráfica de caja y bigotes .....	12
Gráfica 4. Gráfica de intervalos de Consumo vs Mes del Cantón Riobamba.....	24
Gráfica 5. Gráfica de intervalos de Consumo vs Mes del Cantón Guaranda .....	25
Gráfica 6. Gráfica de intervalos de Consumo vs Mes del Cantón Chimbo .....	26
Gráfica 7. Gráfica de intervalos de Consumo vs Mes del Cantón Echeandía .....	27
Gráfica 8. Gráfica de intervalos de Consumo vs Mes del Cantón Chillanes.....	28

## Índice de Tablas

Tabla 1. Cantones en análisis de la Provincia de Chimborazo y Bolívar .....	11
Tabla 2. Análisis de Varianza de medias de los Cantones de la provincia Chimborazo y Bolívar.....	14
Tabla 3. Comparación de Tukey del cantón Riobamba.....	15
Tabla 4. Comparación de Tukey del cantón Guaranda.....	17
Tabla 5. Comparación de Tukey del Cantón Chimbo.....	20
Tabla 6. Comparación de Tukey del Cantón Echeandía.....	21
Tabla 7. Comparación de Tukey del Cantón Chillanes .....	22
Tabla 8. Resumen estadístico.....	29
Tabla 9. Resultados coeficiente de consumo por población .....	29

## Resumen

A lo largo de los años los sistemas de agua potable han sido diseñados en base a datos estimados e imprecisos, debido a que en el país existe una falta de información acerca de la dotación y composición de la demanda. Por este motivo es de vital importancia conocer el consumo máximo de agua residencial en las condiciones más críticas, esta condición crítica pudo ser analizada al darse el confinamiento por el COVID-19. Este estudio realiza la comparación del consumo de agua potable durante la cuarentena 2020 con respecto a sus registros históricos. Para llevar a cabo esta investigación se recolectó datos mensuales del consumo de agua por usuario de 1 cantón de la provincia de Chimborazo y de 4 cantones de la provincia de Bolívar. Mediante el software Minitab se procesó los datos recolectados y se aplicó un análisis de varianza y comparación múltiple de Tukey, para determinar si existe una significancia estadística entre las medias de cada mes. Con los resultados obtenidos se descarta que el máximo consumo se generó en la cuarentena 2020, dándose este consumo en los registros históricos de todos los cantones a excepción del cantón Chimbo. El fin de esta investigación es que sea usada como punto de partida para futuros diseños de agua potable.

**Palabras clave:** Demanda, cuarentena, significancia estadística, consumo máximo.

### Abstract

Over the years, drinking water systems have been designed based on estimated and imprecise data due to the fact that there is a lack of information about the endowment and composition of the demand in Ecuador. For this reason, it is vitally important to know the maximum consumption of residential water in the most critical conditions, this critical condition could be analyzed when lockdown by COVID-19 started. This study compares the consumption of drinking water during the quarantine 2020 with respect to its historical records. To carry out this research, monthly data on water consumption per user was collected from a canton in the province of Chimborazo and four cantons in the province of Bolívar. Using the MINITAB software, the collected data were processed and an analysis of variance and Tukey's multiple comparison was applied in order to determine if there is a statistical significance between the average consumption of each month. With the results obtained, it is not true that the maximum consumption was generated in the 2020 quarantine, this consumption was carried out in the historical records of all the cantons with the exception of the Chimbo canton. The purpose of this research is that it can be used as a starting point for future drinking water designs.

**Keywords:** demand, quarantine, statistical significance, maximum consumption.

Reviewed by:  
Mgs. Geovanny Armas Pesántez  
ENGLISH PROFESSOR  
C.C. 0602773301

## 1. Introducción

La demanda del agua depende de factores climáticos (temperatura, precipitación, humedad), sociales (habitantes por vivienda, composición familiar, nivel de educación, estrato social), económicos (ingreso familiar, precio del agua) y/o cultural (estilo de vida de las personas), los cuales han influido en el consumo del agua en las diferentes provincias del Ecuador (Manco Silva et al., 2012).

Por esta razón, es de vital importancia para la población contar con un eficiente y adecuado sistema de agua potable que cubra todas sus necesidades básicas (Martínez et al., 2019). El servicio de agua potable podría verse afectado por la falta de información que existe en el país acerca de la dotación y composición de la demanda, lo que ha llevado a estimar datos aproximados e imprecisos para el diseño de sistemas de agua potable generando un posible desabastecimiento (Carvajal & Pino, 2018).

El requerimiento de consumo máximo de agua residencial ocupa una gran importancia en el estudio de los sistemas de agua potable, debido a que la demanda de agua pico representa una de las condiciones de operación más críticas de la red. Se tiene en cuenta la máxima demanda residencial a la hora de diseñar o rehabilitar redes hidráulicas (Tricarico et al., 2007).

El 16 de marzo del 2020 el Ecuador se declara en emergencia sanitaria provocada por la pandemia COVID-19. Obligando al país a cuarentena domiciliar que consistió en la suspensión de todo tipo de aglomeración y movilización a nivel nacional. Cambiando la rutina diaria de las personas, lo que afectaría en el consumo de agua potable. Este consumo de agua podría verse afectado por el aumento en el uso del número de aparatos sanitarios (Arellano et al., 2019) y por el número de habitantes por familia. (Arellano & Peña, 2020).

Según Gloria Roldán, docente de la Universidad Tecnológica Equinoccial, indica que, durante el confinamiento gran parte de la industria del país estuvo paralizada, al mismo tiempo de haber un cambio en los hábitos de consumo de agua en los domicilios. Lo que presentó un debilitamiento en las redes e imposibilitó el bombeo normal a zonas muy altas de la ciudad (El Universo, 2020).

Esto ha generado la incógnita ¿Se generó un consumo máximo de agua potable en el sector residencial de los diferentes cantones de la provincia de Chimborazo y Bolívar durante la época de cuarentena respecto a sus registros históricos?

Para responder a esta incógnita se obtuvo la información del consumo mensual de las empresas de agua potable de los 5 cantones: Riobamba desde el año 2016 hasta junio del 2020, Guaranda desde el año 2009 hasta junio 2020 y Chimbo, Chillanes y Echeandía desde el año 2018 hasta junio del 2020 como se muestra en la tabla 1.

Riobamba es la capital de la provincia de Chimborazo, con una población urbana alrededor de 146 324 habitantes según el censo (INEC, 2010a). Se localiza en el centro de la región sierra a una altura de 2750 msnm, su clima es frío de 12°C en promedio.

Guaranda es la capital de provincia de Bolívar, ubicada a 2668 msnm. Su temperatura promedio es de 13° C. Contando con 23.874 habitantes (INEC, 2010b) en el sector urbano.

El Cantón San José de Chimbo está ubicado la provincia de Bolívar a una altitud de 2450 msnm por lo que su temperatura promedio es de 16 °C. Cuenta con una población de 4402 habitantes (INEC, 2010b) en el sector urbano.

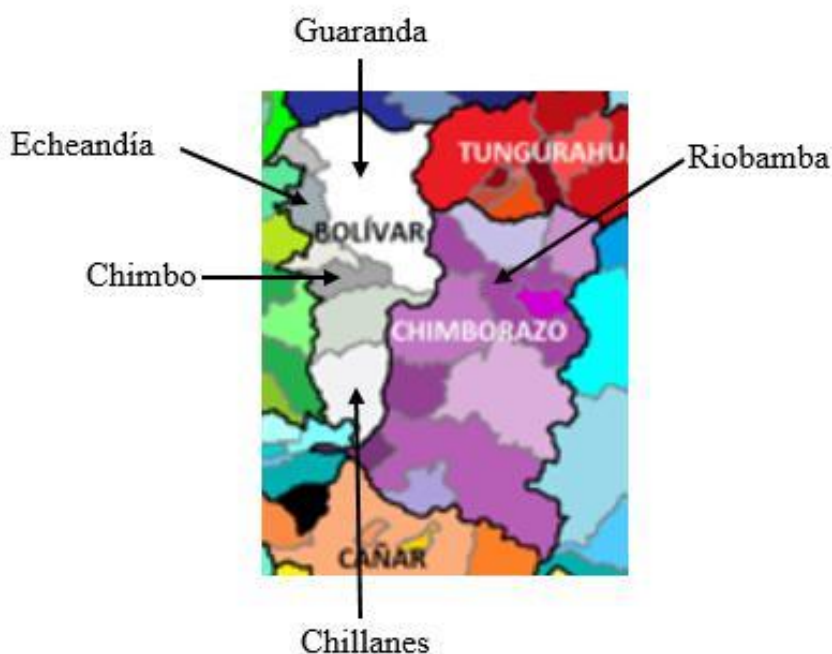
El cantón Chillanes está ubicado en la provincia de Bolívar, a una altitud de 2300 msnm por lo que su clima es templado con un promedio de 15 °C. La población asciende a 2681 habitantes (INEC, 2010b) en el sector urbano.

El cantón Echeandía está ubicado en la Provincia de Bolívar, a una altitud de 302 msnm por lo que su clima es subtropical y templado, con temperaturas que oscilan entre los 18 a 24°C. Cuenta con una población de 2336 habitantes (INEC, 2010b) en el sector urbano.

La región Sierra presenta una cobertura de agua segura del 75,7% (A. Molina et al., 2018). Las Provincias de Chimborazo y Bolívar presentan las coberturas más bajas de agua potable con un valor de 42,4% y 47,8% de agua de la red pública (Semplades, 2014). Con un consumo mensual de 29,09 m<sup>3</sup> y de 35.53 m<sup>3</sup> respectivamente (INEC, 2012).

### Gráfica 1

*Localización geográfica*



**Nota:** Tomado de (Cantones Del Ecuador, 2020)

Esta investigación determina el consumo máximo y consumo promedio mensual entre los registros históricos y la cuarentena 2020 mediante el procesamiento de datos, análisis estadístico y gráficas, lo cual permitirá calcular el coeficiente de variación Kd que servirá como base para futuros diseños de agua potable.

## **2. Objetivos**

### **2.1.Objetivo General**

Comparar los consumos de agua potable durante la cuarentena del 2020 y los registros históricos en las provincias de Chimborazo y Bolívar

### **2.2. Objetivos Específicos**

- Recolectar y organizar la información del consumo mensual de agua potable de las provincias.
- Determinar el coeficiente de variación del consumo diario del agua potable en las provincias.
- Realizar un análisis estadístico para determinar los rangos de variación del consumo de agua potable.
- Generar cuadros de resultados de los coeficientes de variación de los meses representativos de cuarentena.
- Comparar los consumos de agua potable de la muestra en estudio respecto a las dos provincias.



### 3. Estado del Arte

En el año 2009, el Centro Americano y Caribeño de Demografía (CELADE) menciona que la cobertura de redes de agua potable en América Latina ha incrementado significativamente en promedio de un 40% a 90% en la población urbana. A pesar del crecimiento de cobertura la condición del servicio en los domicilios no es óptimo en cuanto a calidad y continuidad (Carrera et al., 2013).

Uno de los consumos más elevados del mundo se da en la ciudad de México, con una dotación de hasta 360 l/habitante/día. Por otra parte, en Estados Unidos según estudios realizados su consumo es de 310 litros por persona, mientras tanto Lima y Callao consume hasta 250 litros de agua por persona (Espinosa Falconí, 2019).

Sin embargo, en otras zonas como África sufren de escases de agua ya que el límite de consumo es de 80 litros por persona, con la probabilidad que descienda a 25 litros de agua al día. Esta cifra es casi de 10 veces menor que el consumo promedio de Ecuador con un valor de 249 litros de agua por habitante (Alarcón, 2018).

Los consumos de la ciudad de México, Estados Unidos, Lima, Callao y Ecuador exceden el valor mínimo de 100 l/habitante/día recomendados por la Organización Mundial de la Salud (OMS) (E. Molina et al., 2018).

La población ecuatoriana se abastece de agua por varios medios como la red pública, pozos, manantiales, vertientes, carros repartidores, tanqueros, agua lluvia, ríos y acequias. La cobertura del servicio de agua a través de red pública según el Banco Internacional de Desarrollo (BID) es de 82.32% a nivel nacional. El sector rural cuenta con el 57.50% mientras que la zona urbana el 94% (Acosta Maldonado et al., 2019). Con un consumo de 27,74 m<sup>3</sup> y 26,73 m<sup>3</sup> por hogar respectivamente (INEC, 2012).

Según la Secretaria Nacional del Agua (SENAGUA) el consumo de Chimborazo es de 199 l/habitante/día y de Bolívar es 195 l/habitante/día, estas cifras son las más bajas en relación a los consumos de las demás provincias, ya que los Ríos con 325 l/habitante/día, Napo con 323 l/habitante/día y Tungurahua con 311 l/habitante/día son las cifras de más consumo en el Ecuador (Alarcón, 2018).

Según el censo del 2010 existen varios cantones que muestran mejoras en la cobertura por red pública y fuente cercana al hogar. Uno de ellos es el cantón Riobamba que presenta una cobertura por encima del 75% (A. Molina et al., 2018). La EP-EMAPAR (2020) menciona que no toda la ciudad cuenta con el servicio de agua potable por red pública, ya que el 58,92% obtienen el servicio las 24 horas, el 26,75% en tres horarios, 14,21% en 12 horas y 0,12% mediante tanqueros.

La cobertura de agua potable en la provincia de Bolívar distribuida por cantones es: Guaranda con 60,9%, San José de Chimbo con 56,1%, Chillanes con 38% y Echeandía con 63,1% (Semplades, 2014).

Conociendo la información de los consumos y coberturas de las provincias en estudio, se investiga los posibles factores que inciden en el consumo de agua potable a nivel mundial, nacional y cantonal.

McGhee (1999) señala que el tamaño de las ciudades influye en el consumo de agua potable, ya que en poblaciones pequeñas el uso del agua es restringido por un sistema de agua potable inadecuado. Estos problemas existen generalmente en las zonas con un nivel económico bajo. A la vez en pequeñas poblaciones se debe considerar el análisis de un uso industrial, ya que el consumo podría incrementarse desproporcionalmente si no se ha proyectado correctamente el incremento de estas industrias.

La población con un servicio de agua de buena calidad incrementa el consumo por la confianza que genera el agua al tener buen olor, sabor y color, caso contrario evitaran el consumo directo de la misma (Carvajal & Pino, 2018).

A. Salazar & Pineda (2009) mencionan que en la ciudad de México el consumo de agua tiende a variar cuando hay un control en la tarifa, ya que si son bajas la población consume más agua y cuando se eleva tiende a disminuir el consumo ya que incide en la economía de la ciudadanía.

El consumo de agua varía por causas como: clima, los hábitos, calidad, densidad de la población, tipo de actividad económica de la zona y la facilidad o dificultad de acceder al recurso hídrico (Rodríguez, 2001).

En Perú, en la zona urbana de Salcedo-Puno se determinó que el consumo promedio del agua es de 67 l/habitante/día, siendo el consumo máximo 72,83 l/habitante/día para viviendas con 5 personas y mínimo de 50,55 l/habitante/día para vivienda de 12 personas afectados por el ingreso económico, número de habitantes por vivienda y meses de año. También se calculó los coeficientes de variación diaria y horaria  $K_1=1,33$  y  $K_2=3,80$  respectivamente, los cuales influyen en el diseño de la captación, conducción, reservorio y redes de distribución (Cáceres & Chambilla, 2019).

La variación del consumo de agua, según Arellano et al. (2018) depende de varios factores como el tamaño poblacional, factores de gestión y demográficos, estratos socio económicos y al clima tomando en cuenta la humedad atmosférica máxima, temperatura máxima y precipitación

Arellano et al. (2019) señala que el consumo de agua potable en ciudades medianas y grandes depende directamente de la cantidad de dispositivos sanitarios, lo que coincide con lo

descrito por (Eras, 2019), el último añade que el consumo de agua aumenta también con la cantidad de fugas intradomiciliarias.

Peña (2019) en su investigación agrupa los factores que intervienen en el consumo de agua potable en cuatro parámetros: factores climatológicos, factores socio-económicos, factores sociodemográficos y factores de gestión y calidad. Al realizar un análisis de consumo semestral determinó que el factor de gestión y calidad de agua y los socio-demográficos afectan el consumo y al realizar el análisis mensual los factores climatológicos son los más relevantes. En ambos análisis se concluye que los factores socio-económicos no son tan importantes con respecto a los otros factores.

En la investigación de características demográficas asociadas a los consumo de agua potable, (Muñoz, 2019) al analizar el consumo per cápita semestral de 11 ciudades, descarta que el consumo de agua potable se incrementa con el número de personas en una vivienda, ya que el hecho de que habiten más personas en una vivienda no necesariamente va a tener un número proporcional de equipamiento sanitario.

Con la misma información utilizada en la anterior investigación (M. Salazar, 2020) encontró el consumo máximo por ciudad y el coeficiente de variación de consumo diario en dos escenarios, uno mensual y otro semestral. Y de esta manera determinó el coeficiente  $K_d=1.10$  para ciudades grandes,  $K_d=1.12$  en ciudades medianas y  $K_d=1.04$  en ciudades pequeñas, y también determina un  $K_d$  global de 1.09 para ciudades con población menor que 150.000 habitantes, donde también se recomienda usar coeficientes de variación de acuerdo con el tamaño poblacional de la ciudad en análisis.

Una vez investigados todos los posibles factores que afectarían a la variación del consumo de agua potable. Analizamos de qué manera influye la cuarentena de la pandemia COVID-19 en el consumo de agua potable.

El Universo (2020) menciona que el consumo de agua potable en época de cuarentena ha incrementado de 180-200 litros a 240 litros de agua por persona al día. Por ejemplo, en las ciudades de Guayaquil, Quito y Cuenca se registraron un aumento del consumo del agua. Debido a las nuevas medidas de higiene implementadas como medida de prevención contra el virus.

Por otro lado, Christofer Vivanco (CAZALAC, 2020) al realizar un análisis teórico señala que una familia de 4 personas consume en promedio 26 m<sup>3</sup>/mes y con la cuarentena 2020 se supone un incremento de 18 m<sup>3</sup>/mes es decir un aumento de 69,3 % con respecto al promedio. Se debería al mayor aseo personal, mayor higiene de alimentos, mayor frecuencia de higiene de la casa y uso más frecuente de lavadoras de ropa. Para tener certeza de las probables variaciones de los consumos de agua se deberá esperar para poder realizar la comparación con los meses similares de años anteriores.

En Chile según (Mancilla et al., 2020) menciona que las medidas de prevención contra el COVID-19 debería llevar a un incremento del consumo de agua potable en zonas urbanas y rurales. También analiza que por las mismas medidas el consumo disminuiría en el sector industrial y minero, compensando la elevada necesidad de agua para consumo residencial.

Asimismo, para resguardar la integridad de los trabajadores muchas empresas sanitarias estimaron datos de los consumos de agua potable por promedios de meses anteriores o permitieron que los usuarios realicen las lecturas de los contadores (Zamorano, 2020). En concordancia con los sucesos en Chile, en Loja – Ecuador por decisión de gobierno en los meses de marzo y abril no se realizaron las lecturas de los medidores, actuando de acuerdo a la ley de emitir planillas con el promedio de los últimos seis meses (Díaz, 2020).

Una de las actividades que en la cuarentena se repite, es cocinar, pero esta actividad no aumenta el consumo de agua, lo afirma (Yuquilema, 2020). Y por la desconfianza en la calidad

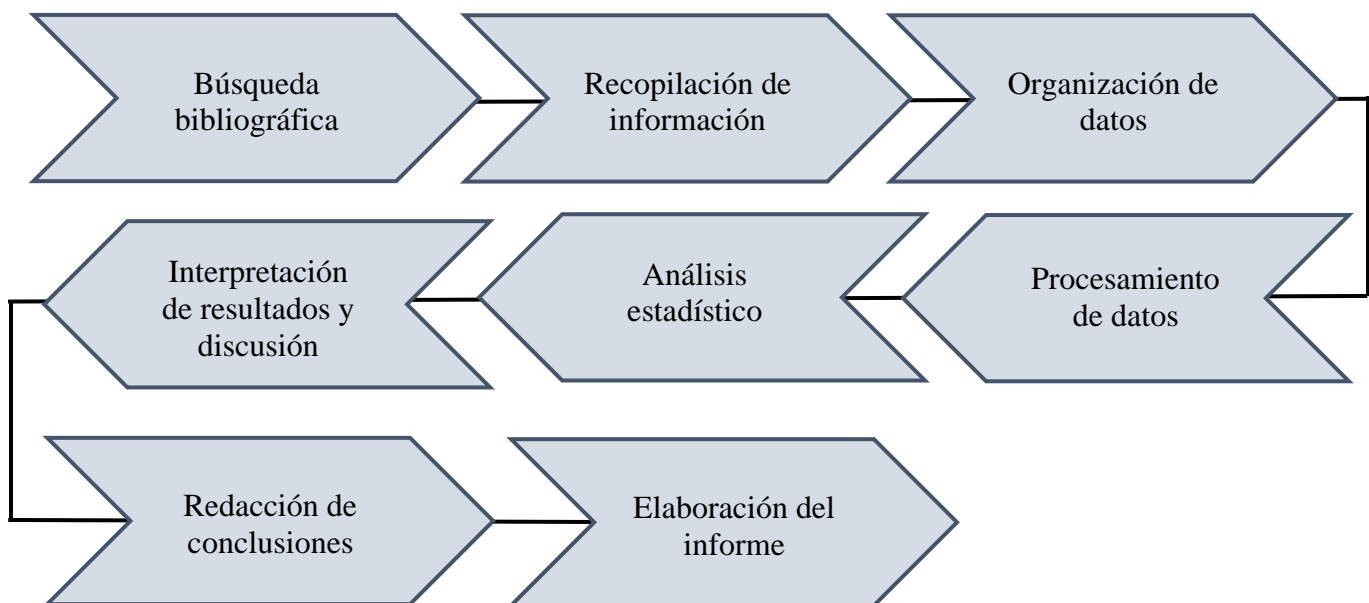
de agua pública, muchas personas consumen agua embotellada lo cual tampoco provocaría un aumento en el consumo de agua durante el confinamiento de las personas (Arellano & Lindao, 2019).

#### 4. Metodología

En el siguiente diagrama se muestra el proceso sistemático que se siguió para realizar esta investigación.

##### Gráfica 2

*Procesos sistemáticos de desarrollo de investigación*



Fuente: Hinojoza L, Saltos A

Para el proceso de investigación se desarrolló una búsqueda bibliográfica en diferentes tesis, artículos de revistas y periódicos encaminados a los consumos de agua potable en las plataformas digitales como Google académico, ResearchGate, Scielo, repositorios universitarios y demás sitios web.

Se recopiló información de los consumos mensuales en la provincia de Chimborazo y Bolívar de los siguientes cantones:

**Tabla 1**

*Cantones en análisis de la Provincia de Chimborazo y Bolívar*

<b>Cantón</b>	<b>Sector Urbano</b>	<b>Años</b>	<b>Usuarios</b>	<b>Meses</b>	<b>Total datos a analizar</b>
Riobamba	146324	2016-2020	29877	54	1'613358
Guaranda	23874	2009-2020	5671	138	782598
Echeandía	6170	2018-2020	2604	30	78120
Chimbo	4402	2018-2020	1801	30	54030
Chillanes	2681	2018-2020	1069	30	32070
<b>Total:</b>					<b>2'560176</b>

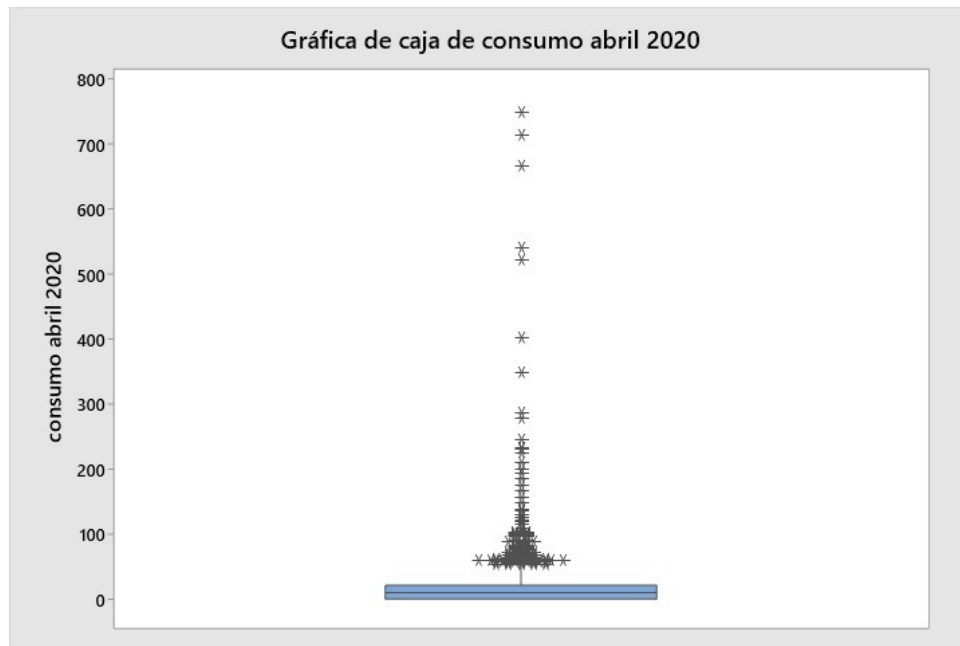
Fuente: Hinojoza L, Saltos A

De los cantones Riobamba, Chimbo y Echeandía no se realizaron las lecturas en el mes de marzo 2020 por las restricciones de bioseguridad, por lo cual los consumos obtenidos en el mes de abril 2020 representan el consumo acumulado de marzo y abril 2020. Al momento de procesar la información se supuso que los consumos son iguales, para esto se dividió el consumo acumulado para 2.

Con Microsoft Excel se organizó la información de cada cantón por meses de cada año, se eliminaron los valores negativos que pudieron darse por una lectura errónea. Mediante el Software Minitab se realizó el procesamiento de datos aplicando la gráfica de cajas y bigotes a cada mes. Con el fin de obtener los valores atípicos, los cuales son demasiados altos a consecuencia de fugas intradomiciliarias o mala lectura. Estos valores deben ser eliminados puesto que afectarían en el promedio del consumo mensual.

### Gráfica 3

*Ejemplo de gráfica de caja y bigotes*



Fuente. Hinojoza L, Saltos A

El análisis estadístico se realizó con los consumos sin valores atípicos, mediante la aplicación del análisis de varianza ANOVA de un solo factor para los cantones de la provincia de Bolívar y para Riobamba ANOVA de modelo lineal general.

Este análisis prueba la hipótesis de que las medias entre las muestras son iguales. La hipótesis nula establece que todas las medias de la población son iguales mientras que la hipótesis alternativa establece que por lo menos una media es diferente. Si el valor p es menor que el nivel de significancia  $\alpha=0,05$ , se rechaza la hipótesis nula y caemos en la hipótesis alternativa que quiere decir que todas las medias no son iguales o al menos uno de las medias es diferente. Si el valor p es mayor a  $\alpha=0,05$  no rechazamos la hipótesis nula, es decir que las medias son iguales (MINITAB 18, 2020). Los resultados se muestran en la tabla 2.



Para agrupar las medias y compararlas entre si se realizó la comparación de Tukey, con el fin de identificar si una media difiere mucho de las otras y así saber cómo se relaciona las medias de un grupo con otro, ver tabla 3,4,5,6 y 7. Dando a conocer que las medias de los consumos si no comparten una letra son significativamente diferentes.

Se realizó gráficas de intervalos para evaluar y comparar los intervalos de confianza de las medias de los grupos, con un intervalo de confianza de 95 % de la media de cada grupo. Con el fin de visualizar las variaciones de los consumos mensuales e identificar los valores pico. Ver gráfico 4, 5, 6, 7 y 8.

Al determinar la validación estadística, se aplicó la estadística básica descriptiva con las medias obtenidas para conocer el consumo máximo y consumo promedio mensual mostrados en la tabla 8 y con esto se procedió al cálculo del kd de los diferentes cantones como se evidencia en la tabla 9, mediante la siguiente fórmula:

$$Kd = \frac{\text{Consumo Maximo}}{\text{Consumo Medio}} \quad [\text{Ec. 1}]$$

**Consumo Máximo:** Mayor consumo de los registros históricos incluido los meses de cuarentena

**Consumo Medio:** Promedio del consumo de agua de los registros históricos incluidos los meses de cuarentena.

## 5. Resultados y Discusión

### Resultados

#### 5.1. Análisis de Varianza de medias

**Tabla 2**

*Análisis de Varianza de medias de los Cantones de la provincia Chimborazo y Bolívar*

<b>Cantón</b>	<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC Ajust.</b>	<b>MC Ajust.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor p</b>
Riobamba	Factor	53	3373029	63642,05	223,75	0,000
	Error	1472145	418726880	284,43		
	Total	1472198	422099909			
Guaranda	Factor	137	1746530	12748,40	76,72	0,000
	Error	650903	108156385	166,20		
	Total	651040	109902915			
Chimbo	Factor	29	382842	13201,40	56,56	0,000
	Error	51532	12027514	233,40		
	Total	51561	12410355			
Chillanes	Factor	29	87882	3030,4	23,06	0,000
	Error	29569	3885238	131,4		
	Total	29598	3973120			
Echeandía	Factor	29	74595	2572,30	16,60	0,000
	Error	72417	11224013	155,00		
	Total	72446	11298609			

Fuente. Hinojoza L, Saltos A

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

Del análisis de varianza (ANOVA), se obtiene un valor p menor al nivel de significancia  $\alpha=0,05$  en los 5 cantones analizados, por tanto, se rechaza la hipótesis nula es decir que todas las medias de los consumos no son iguales o al menos una de las medias es diferente.

## 5.2.Resultados de Tukey

Se aplicó la prueba de Tukey en los 5 cantones de estudio, en donde se muestra las diferencias entre las medias y como se encuentran agrupadas ordenadas de mayor a menor. En las tablas presentadas se puede visualizar por colores los consumos en época de cuarentena: abril 2020 (verde), mayo 2020 (azul) y junio 2020 (rojo).

**Tabla 3**

*Comparación de Tukey del cantón Riobamba*

### Agrupación información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95 %

Meses	N	Media	Agrupación
feb-19	27703	20.77	A
abr-20	28398	20.62	A
mar-20	28398	20.62	A
jul-18	27431	20.04	B
ago-19	27994	19.83	B
oct-17	27214	19.79	B
may-19	27828	19.77	B
dic-18	27458	19.15	C
may-18	27353	19.10	C D
feb-18	27325	19.04	C D
jul-19	27904	18.87	C D E
dic-16	26788	18.83	C D E
jun-18	27375	18.75	C D E
dic-19	28231	18.69	C D E F
abr-17	26951	18.60	C D E F G
oct-19	28154	18.58	C D E F G
abr-19	27706	18.54	D E F G
abr-18	27269	18.44	E F G
ago-17	27042	18.14	F G H
nov-19	28073	18.12	G H
ago-18	27504	18.08	G H
sep-19	28073	17.86	H I
nov-17	27024	17.84	H I

mar-17	26813	17.72	H I J
mar-18	27234	17.55	H I J K
ene-19	27619	17.36	I J K L
abr-16	26432	17.36	I J K L
nov-16	26541	17.24	J K L M
jul-17	27049	17.19	J K L M
dic-17	27181	17.18	J K L M
oct-16	26585	17.08	K L M N
feb-17	26852	17.01	K L M N
jun-19	27741	16.97	L M N
jun-20	28498	16.94	L M N O
feb-20	28456	16.92	L M N O
ene-17	26830	16.91	L M N O
ene-20	28311	16.84	L M N O
sep-18	27600	16.84	L M N O P
may-16	26519	16.80	L M N O P
mar-19	27560	16.76	M N O P
ene-18	27253	16.53	N O P Q
may-20	28387	16.51	N O P Q R
ago-16	26578	16.37	O P Q R S
jun-16	26493	16.26	P Q R S T
nov-18	27484	16.18	Q R S T
oct-18	27561	15.94	R S T U
feb-16	24764	15.89	S T U
sep-16	26567	15.87	S T U
may-17	26911	15.76	T U
jun-17	26998	15.68	T U V
sep-17	27012	15.37	U V W
jul-16	26490	15.17	V W
mar-16	26011	14.85	W
ene-16	24673	14.21	X

---

*Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.*

Fuente. Hinojoza L, Saltos A

En el cantón Riobamba el mayor consumo en época de cuarentena se dio en el mes de abril 2020 y el mayor consumo de registros históricos se dio en febrero 2019 siendo este el mayor valor de consumo. Estas dos medias de consumo comparten la misma letra por lo tanto no son significativamente diferentes.

**Tabla 4***Comparación de Tukey del cantón Guaranda***Agrupación información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95 %**

Meses	N	Media	Agrupación
feb-10	4249	20,03	A
ene-09	4065	19,94	A B
mar-09	4138	19,58	A B C
abr-20	5496	18,86	B C D
sep-09	4170	18,57	C D E
abr-09	4065	18,05	D E F
dic-09	4171	17,74	D E F G
jun-09	4122	17,63	E F G H
feb-13	4503	17,63	E F G H
ago-10	4166	17,35	E F G H I J
sep-12	4452	17,34	E F G H I
ene-10	4240	17,26	F G H I J K
ago-13	4648	17,26	F G H I J K
ago-09	4104	17,24	F G H I J K L
nov-09	4168	17,22	F G H I J K L
sep-11	4194	17,20	F G H I J K L M
jun-10	4264	17,15	F G H I J K L M N
abr-10	4253	17,13	F G H I J K L M N O
feb-15	4690	17,05	F G H I J K L M N O P
oct-10	4255	17,04	F G H I J K L M N O P Q
jul-09	4114	17,02	F G H I J K L M N O P Q
oct-09	4171	16,88	F G H I J K L M N O P Q R
jun-12	4348	16,73	G H I J K L M N O P Q R S
mar-11	4040	16,69	G H I J K L M N O P Q R S T
feb-18	5106	16,64	G H I J K L M N O P Q R S T
feb-16	4923	16,63	G H I J K L M N O P Q R S T
jul-10	4307	16,56	G H I J K L M N O P Q R S T U
ene-14	4775	16,54	G H I J K L M N O P Q R S T U
feb-11	4020	16,47	H I J K L M N O P Q R S T U V
nov-11	4212	16,35	I J K L M N O P Q R S T U V
sep-10	4213	16,34	I J K L M N O P Q R S T U V
may-09	4044	16,24	I J K L M N O P Q R S T U V W
ene-15	4685	16,17	I J K L M N O P Q R S T U V W
dic-10	4215	16,16	I J K L M N O P Q R S T U V W
nov-10	4218	16,14	I J K L M N O P Q R S T U V W X
oct-13	4705	16,13	K L M N O P Q R S T U V W
ago-12	4426	16,13	I J K L M N O P Q R S T U V W X
ene-11	4220	16,11	J K L M N O P Q R S T U V W X Y
nov-12	4462	16,09	K L M N O P Q R S T U V W X Y
may-16	4973	16,06	L M N O P Q R S T U V W X Y
oct-14	4704	16,05	L M N O P Q R S T U V W X Y

---

nov-14	4663	14,76	AB AC AD	AE AF AG AH AI AJ AK AL AM AN AO AP AQ AR AS AT AU AV
oct-17	5109	14,74		AD AE AF AG AH AI AJ AK AL AM AN AO AP AQ AR AS AT AU
feb-20	5426	14,71		AE AF AG AH AI AJ AK AL AM AN AO AP AQ AR AS AT AU AV
may-15	4701	14,70	AC AD	AE AF AG AH AI AJ AK AL AM AN AO AP AQ AR AS AT AU AV AW
may-14	4767	14,66		AE AF AG AH AI AJ AK AL AM AN AO AP AQ AR AS AT AU AV AW AX
jul-12	4349	14,64		AE AF AG AH AI AJ AK AL AM AN AO AP AQ AR AS AT AU AV AW AX
dic-13	4772	14,63		AE AF AG AH AI AJ AK AL AM AN AO AP AQ AR AS AT AU AV AW AX
oct-12	4437	14,62		AE AF AG AH AI AJ AK AL AM AN AO AP AQ AR AS AT AU AV AW AX AY
dic-12	4452	14,62		AE AF AG AH AI AJ AK AL AM AN AO AP AQ AR AS AT AU AV AW AX AY
mar-14	4726	14,62		AF AG AH AI AJ AK AL AM AN AO AP AQ AR AS AT AU AV AW AX
jul-15	4752	14,59		AG AH AI AJ AK AL AM AN AO AP AQ AR AS AT AU AV AW AX AY
abr-15	4693	14,58		AG AH AI AJ AK AL AM AN AO AP AQ AR AS AT AU AV AW AX AY
feb-09	4009	14,58		AE AF AG AH AI AJ AK AL AM AN AO AP AQ AR AS AT AU AV AW AX AY BA
dic-14	4632	14,54		AH AI AJ AK AL AM AN AO AP AQ AR AS AT AU AV AW AX AY BA
sep-17	5066	14,51		AH AI AJ AK AL AM AN AO AP AQ AR AS AT AU AV AW AX AY BA
jul-13	4568	14,49		AH AI AJ AK AL AM AN AO AP AQ AR AS AT AU AV AW AX AY BA BB
may-12	4321	14,45		AH AI AJ AK AL AM AN AO AP AQ AR AS AT AU AV AW AX AY BA BB
oct-19	5396	14,41		AI AJ AK AL AM AN AO AP AQ AR AS AT AU AV AW AX AY BA BB
dic-18	5152	14,35		AJ AK AL AM AN AO AP AQ AR AS AT AU AV AW AX AY BA BB
jun-14	4781	14,34		AI AJ AK AL AM AN AO AP AQ AR AS AT AU AV AW AX AY BA BB
mar-16	4930	14,27		AK AL AM AN AO AP AQ AR AS AT AU AV AW AX AY BA BB
ago-11	4171	14,21		AK AL AM AN AO AP AQ AR AS AT AU AV AW AX AY BA BB BC BD
feb-19	5251	14,24		AL AM AN AO AP AQ AR AS AT AU AV AW AX AY BA BB
oct-18	5162	14,24		AL AM AN AO AP AQ AR AS AT AU AV AW AX AY BA BB
oct-16	5062	14,23		AL AM AN AO AP AQ AR AS AT AU AV AW AX AY BA BB
mar-20	5468	14,23		AM AN AO AP AQ AR AS AT AU AV AW AX AY BA BB
dic-17	5114	14,22		AL AM AN AO AP AQ AR AS AT AU AV AW AX AY BA BB
jul-17	5093	14,18		AM AN AO AP AQ AR AS AT AU AV AW AX AY BA BB BC
nov-17	5118	14,16		AN AO AP AQ AR AS AT AU AV AW AX AY BA BB BC BD
jun-15	4716	14,09		AO AP AQ AR AS AT AU AV AW AX AY BA BB BC BD BE
sep-15	4773	14,08		AO AP AQ AR AS AT AU AV AW AX AY BA BB BC BD BE
jul-14	4782	14,05		AP AQ AR AS AT AU AV AW AX AY BA BB BC BD BE
jul-19	5344	14,03		AQ AR AS AT AU AV AW AX AY BA BB BC BD BE
sep-19	5371	14,03		AQ AR AS AT AU AV AW AX AY BA BB BC BD BE
jun-16	4964	14,02		AP AQ AR AS AT AU AV AW AX AY BA BB BC BD BE
abr-16	4966	14,02		AQ AR AS AT AU AV AW AX AY BA BB BC BD BE

---

mar-13	4529	14,01	AP	AQ	AR	AS	AT	AU	AV	AW	AX	AY	BA	BB	BC	BD	BE	BF										
mar-10	4220	13,84			AR	AS	AT	AU	AV	AW	AX	AY	BA	BB	BC	BD	BE	BF	BG									
jun-19	5280	13,72			AS	AT	AU	AV	AW	AX	AY	BA	BB	BC	BD	BE	BF	BG										
feb-17	5106	13,70				AT	AU	AV	AW	AX	AY	BA	BB	BC	BD	BE	BF	BG										
ene-18	5117	13,64					AU	AV	AW	AX	AY	BA	BB	BC	BD	BE	BF	BG	BH									
jul-16	5012	13,63					AU	AV	AW	AX	AY	BA	BB	BC	BD	BE	BF	BG	BH	BI								
ago-18	5154	13,62					AU	AV	AW	AX	AY	BA	BB	BC	BD	BE	BF	BG	BH	BI								
jun-17	5146	13,60					AV	AW	AX	AY	BA	BB	BC	BD	BE	BF	BG	BH	BI									
dic-16	5104	13,59						AW	AX	AY	BA	BB	BC	BD	BE	BF	BG	BH	BI									
mar-19	5299	13,59						AW	AX	AY	BA	BB	BC	BD	BE	BF	BG	BH	BI									
ago-19	5343	13,54						AX	AY	BA	BB	BC	BD	BE	BF	BG	BH	BI										
ene-20	5413	13,45								BA	BB	BC	BD	BE	BF	BG	BH	BI	BJ									
mar-15	4692	13,43								AY	BA	BB	BC	BD	BE	BF	BG	BH	BI	BJ								
jul-18	5088	13,38									BA	BB	BC	BD	BE	BF	BG	BH	BI	BJ								
jun-18	5122	13,34										BB	BC	BD	BE	BF	BG	BH	BI	BJ								
nov-19	5391	13,08											BC	BD	BE	BF	BG	BH	BI	BJ	BK							
sep-16	5027	13,03												BD	BE	BF	BG	BH	BI	BJ	BK							
mar-17	5107	12,98													BE	BF	BG	BH	BI	BJ	BK							
may-19	5259	12,86														BF	BG	BH	BI	BJ	BK							
nov-18	5145	12,82															BG	BH	BI	BJ	BK	BL						
may-17	5146	12,52																BH	BI	BJ	BK	BL						
abr-19	5310	12,50																	BI	BJ	BK	BL						
dic-19	5366	12,42																		BJ	BK	BL						
may-20	5496	12,00																			BJ	BK	BL	BK	BL	BM		
mar-18	5150	11,69																							BL	BM		
jun-20	5485	11,20																									BM	BN
may-18	5192	10,44																										BN

*Las medias que no comparte una letra son significativamente diferentes*

Fuente. Hinojoza L, Saltos A

El cantón Guaranda presenta el mayor consumo en época de cuarentena en el mes de abril 2020 y el mayor consumo de registros históricos se dio en febrero 2010 siendo este el mayor valor de consumo. Estas dos medias de consumo no comparten la misma letra por lo tanto son significativamente diferentes.

**Tabla 5***Comparación de Tukey del Cantón Chimbo***Agrupación información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95 %**

Mes	N	Media	Agrupación										
abr-20	1695	20,38	A										
mar-20	1695	20,38	A										
mar-19	1749	19,61	A	B									
feb-20	1700	17,72		B	C								
ene-20	1693	17,61			C	D							
jun-20	1678	15,68			D	E							
nov-18	1736	15,57			E								
ago-19	1738	15,35			E								
feb-18	1725	15,22		E	F								
sep-18	1715	15,04		E	F	G							
jun-18	1712	14,79		E	F	G	H						
may-20	1655	14,19		E	F	G	H	I					
ene-19	1731	13,98		E	F	G	H	I	J				
oct-19	1751	13,80		E	F	G	H	I	J				
nov-19	1745	13,40			F	G	H	I	J	K			
ago-18	1709	13,35			F	G	H	I	J	K			
dic-18	1726	13,17				G	H	I	J	K	L		
abr-19	1746	12,87					H	I	J	K	L		
abr-18	1716	12,84					H	I	J	K	L		
sep-19	1733	12,61						I	J	K	L		
oct-18	1705	12,53						I	J	K	L		
ene-18	1708	12,47						I	J	K	L		
mar-18	1700	12,23						I	J	K	L		
dic-19	1738	12,07							J	K	L	M	
jun-19	1752	12,06							J	K	L	M	
jul-18	1704	11,62								K	L	M	N
may-19	1742	11,26									L	M	N
jul-19	1741	11,24									L	M	N
may-18	1706	10,24										M	N
feb-19	1718	9,79											N

*Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.*

Fuente. Hinojoza L, Saltos A

El cantón Chimbo presenta el mayor consumo en época de cuarentena, así como el mayor consumo de registro histórico en el mes de abril 2020.



**Tabla 6***Comparación de Tukey del Cantón Echeandía***Agrupación información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95 %**

Mes	N	Media	Agrupación																
ene-20	2470	15,13	A																
nov-19	2468	14,86	A	B															
abr-18	2288	14,70	A	B	C														
sep-19	2477	14,61	A	B	C														
ene-19	2420	14,58	A	B	C														
abr-20	2517	14,34	A	B	C	D													
mar-20	2517	14,34	A	B	C	D													
ene-18	2301	14,27	A	B	C	D	E												
abr-19	2430	14,07	A	B	C	D	E	F											
jun-19	2445	14,06	A	B	C	D	E	F											
sep-18	2375	13,87	A	B	C	D	E	F	G										
feb-19	2434	13,86	A	B	C	D	E	F	G										
feb-18	2339	13,52		B	C	D	E	F	G	H									
oct-18	2397	13,48			C	D	E	F	G	H									
jun-20	2483	13,37			C	D	E	F	G	H									
jul-18	2326	13,37			C	D	E	F	G	H									
ago-19	2450	13,23				D	E	F	G	H									
mar-19	2435	13,23				D	E	F	G	H									
may-19	2435	13,13				D	E	F	G	H									
jun-18	2316	13,07				D	E	F	G	H									
may-18	2293	13,04				D	E	F	G	H									
feb-20	2490	12,93					E	F	G	H									
ago-18	2350	12,77						F	G	H	I								
jul-19	2465	12,66							G	H	I								
oct-19	2481	12,42								H	I								
dic-18	2423	12,31								H	I								
nov-18	2388	12,22								H	I								
mar-18	2296	12,16								H	I								
may-20	2478	11,59									I	J							
dic-19	2460	10,72										J							

*Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes*

Fuente. Hinojoza L, Saltos A

El cantón Echeandía presenta el mayor consumo en época de cuarentena en el mes de abril 2020 y el mayor consumo de los registros históricos se dio en enero 2020 siendo este el mayor

valor de consumo. Estas dos medias de consumo no comparten las mismas letras por lo tanto son significativamente diferentes.

**Tabla 7**

*Comparación de Tukey del Cantón Chillanes*

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

MES	N	Media	Agrupación										
nov-18	985	12,51	A										
ene-20	1003	12,43	A										
dic-19	1006	11,73	A	B									
jul-18	979	10,99	A	B	C								
jun-19	997	10,62	A	B	C	D							
sep-19	1001	10,47		B	C	D	E						
feb-19	999	10,21		B	C	D	E	F					
oct-19	988	10,11		B	C	D	E	F					
mar-19	978	9,89		B	C	D	E	F	G				
oct-18	993	9,87		B	C	D	E	F	G				
nov-19	1001	9,67			C	D	E	F	G	H			
ene-18	934	9,62			C	D	E	F	G	H			
mar-18	964	9,48			C	D	E	F	G	H			
ago-18	987	9,47			C	D	E	F	G	H			
ago-19	1005	9,45			C	D	E	F	G	H			
feb-20	1008	9,49			C	D	E	F	G	H			
jun-20	1010	9,30			C	D	E	F	G	H			
sep-18	993	9,11			C	D	E	F	G	H			
jul-19	994	8,75				D	E	F	G	H	I		
abr-18	961	8,57					E	F	G	H	I		
dic-18	981	8,53						F	G	H	I		
may-20	1008	8,52						F	G	H	I		
may-18	968	7,95							G	H	I	J	
abr-19	971	7,86								H	I	J	
jun-18	972	7,78								H	I	J	
feb-18	964	7,13									I	J	
may-19	990	6,86									I	J	
abr-20	996	6,58										J	K
ene-19	986	6,36										J	K
mar-20	977	4,78											K

*Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.*

Fuente. Hinojoza L, Saltos A

El cantón Chillanes presenta el mayor consumo en época de cuarentena en el mes de junio 2020 y el mayor consumo de los registros históricos se dio en noviembre 2018 siendo este el mayor

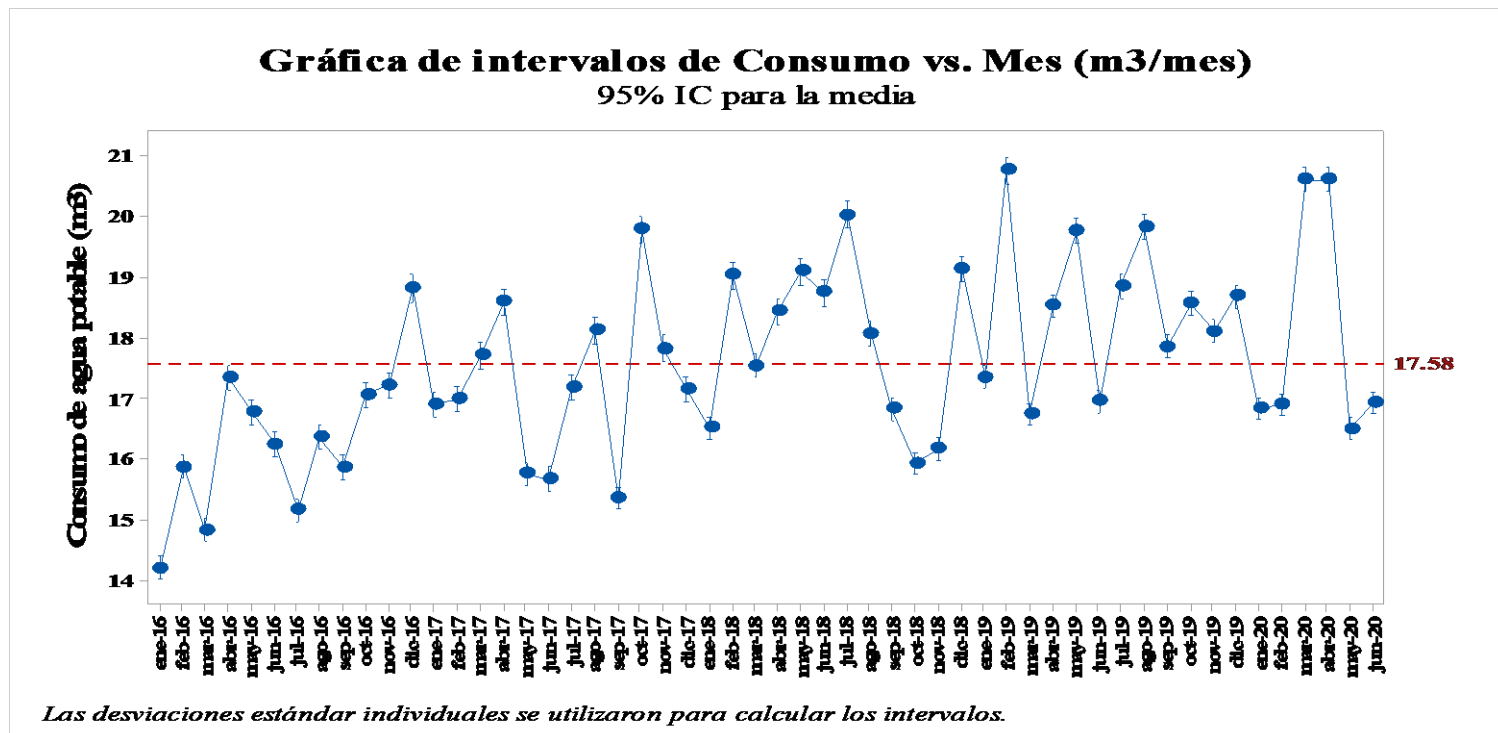
valor de consumo. Estas dos medias de consumo no comparten las mismas letras por lo tanto son significativamente diferentes.

### 5.3. Gráfica de intervalos de consumo vs meses

Se observa la variación entre los consumos de los registros históricos y la cuarentena 2020 de Riobamba, en donde con el tiempo el consumo ha ido incrementando moderadamente. El consumo promedio de agua desde el año 2016 hasta junio 2020 es de 17,58 m<sup>3</sup> siendo su mayor consumo en febrero 2019 el cual no varía tanto con el consumo de abril 2020, época de cuarentena.

#### Gráfica 4

*Gráfica de intervalos de Consumo vs Mes del Cantón Riobamba*

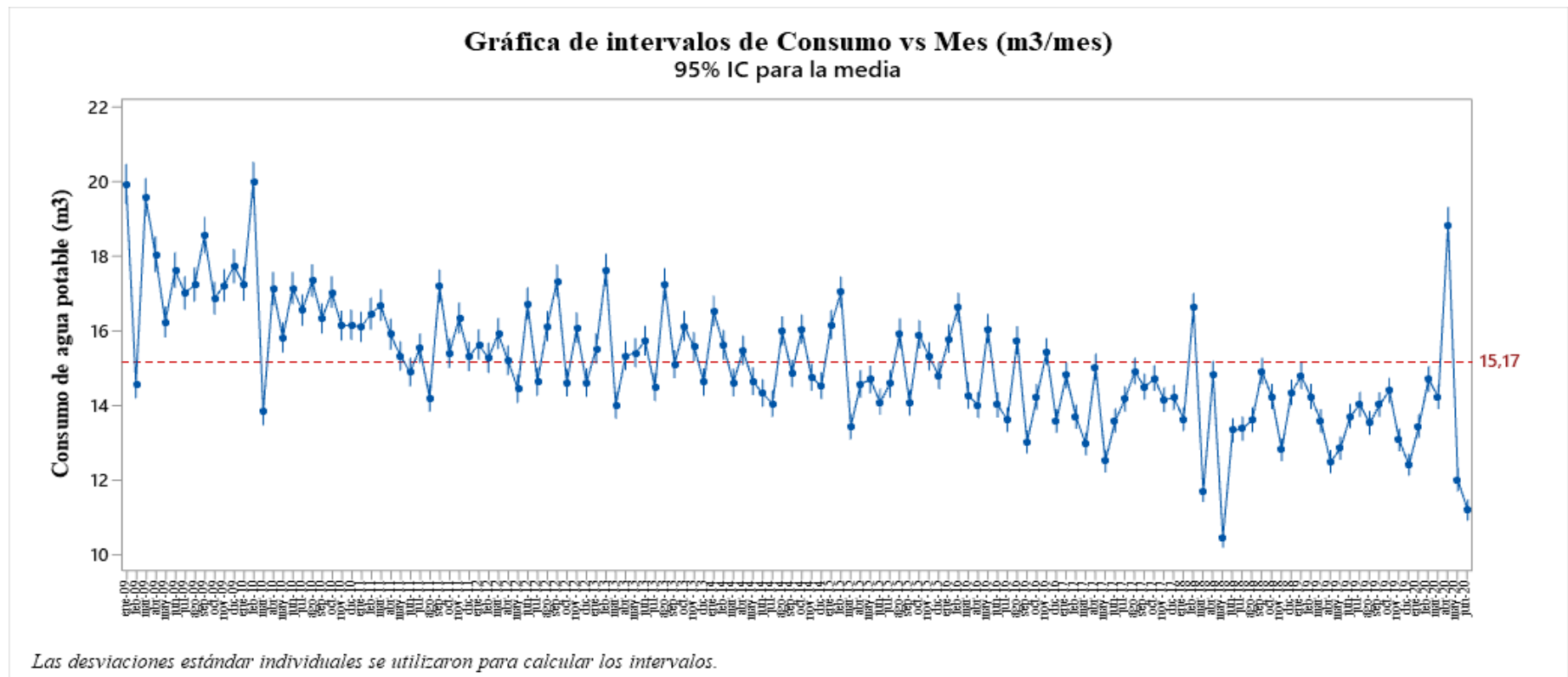


Fuente. Hinojoza L, Saltos A

Se observa la variación entre los consumos de los registros históricos y la cuarentena 2020 de Guaranda, en donde a lo largo de los años el consumo de agua ha ido disminuyendo. El consumo promedio de agua desde el año 2009 hasta junio 2020 es de 15,17 m<sup>3</sup> siendo su mayor consumo en febrero 2010.

### Gráfica 5

*Gráfica de intervalos de Consumo vs Mes del Cantón Guaranda*

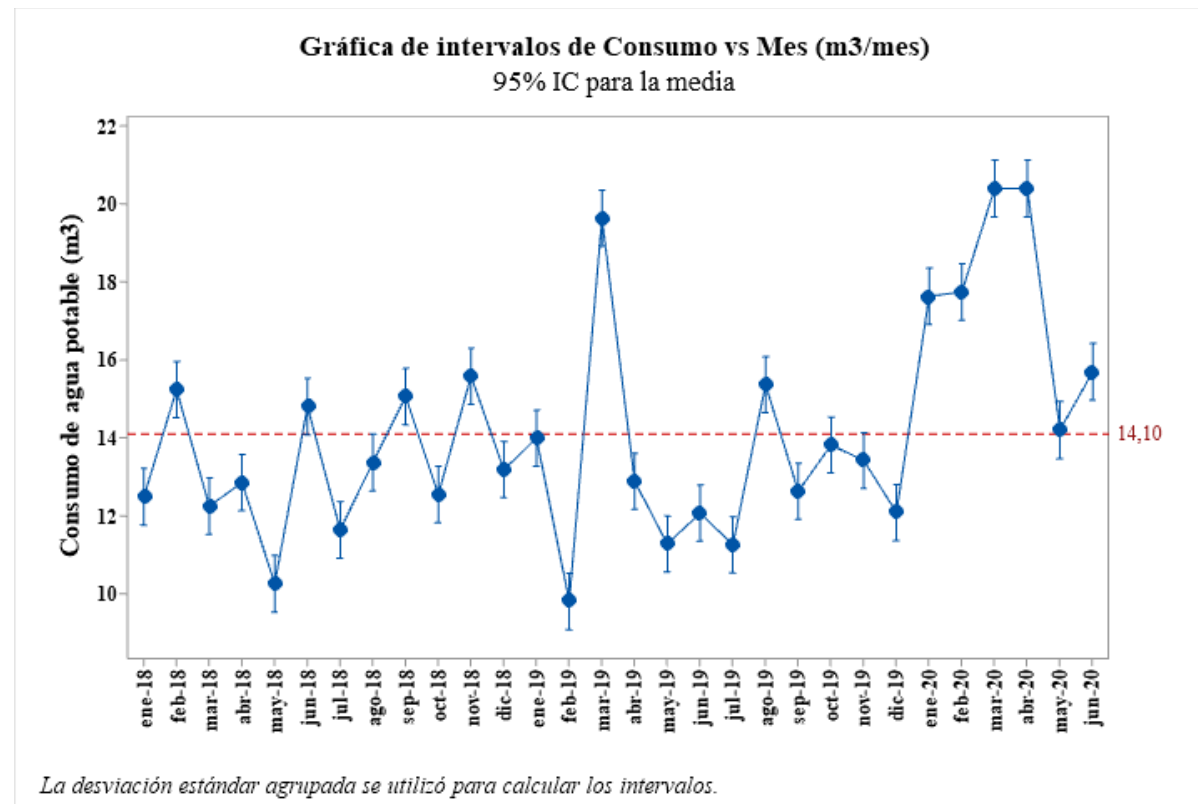


Fuente. Hinojoza L, Saltos A

Se observa la variación entre los consumos de los registros históricos y la cuarentena 2020 de Chimbo, en donde el consumo de agua si aumentó en la época de cuarentena. El consumo promedio de agua desde el año 2018 hasta junio 2020 es de 14,10 m<sup>3</sup> siendo su mayor consumo en abril 2020.

### Gráfica 6

*Gráfica de intervalos de Consumo vs Mes del Cantón Chimbo*

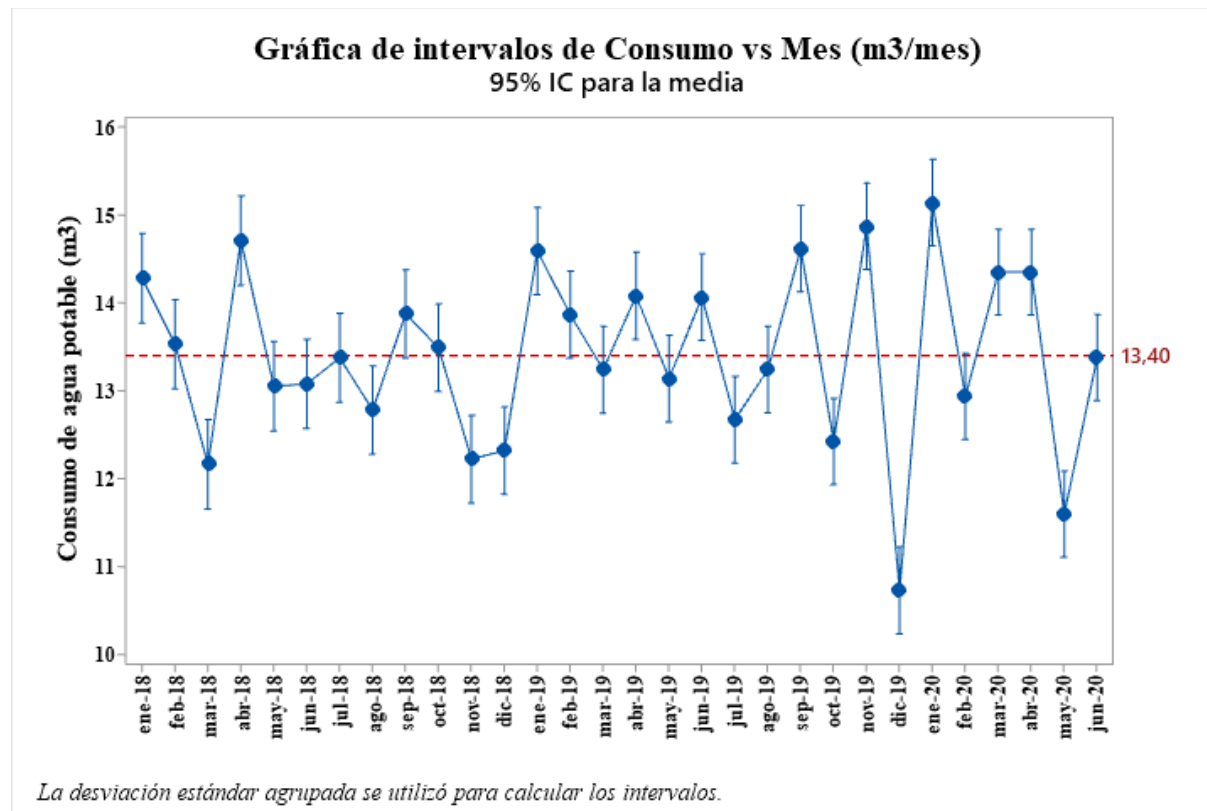


Fuente. Hinojoza L, Saltos A

Se observa la variación entre los consumos de los registros históricos y la cuarentena 2020 de Echeandía, en donde a lo largo de los años el consumo de agua se ha mantenido considerablemente. El consumo promedio de agua desde el año 2018 hasta junio 2020 es de 13,40 m<sup>3</sup> siendo su mayor consumo en enero 2020.

### Gráfica 7

*Gráfica de intervalos de Consumo vs Mes del Cantón Echeandía*

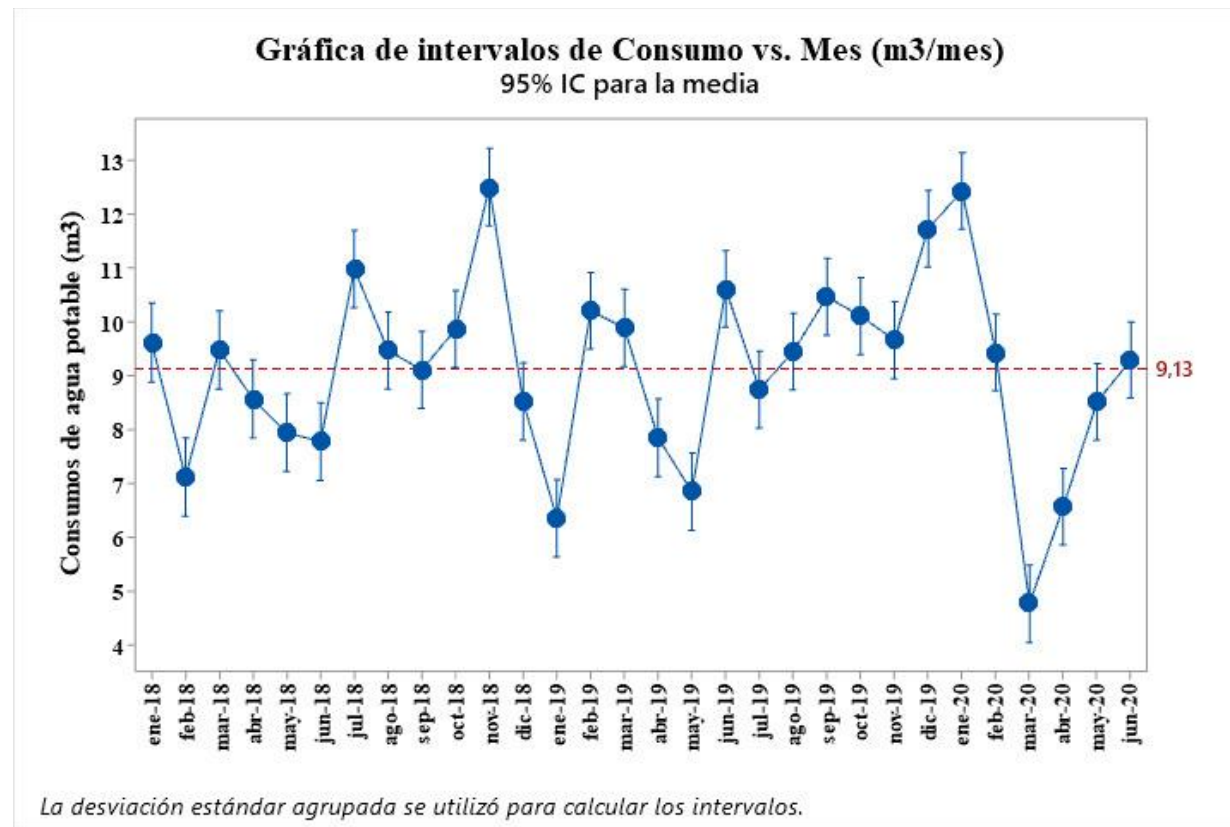


Fuente. Hinojoza L, Saltos A

Se observa la variación entre los consumos de los registros históricos y la cuarentena 2020 de Chillanes, en donde en la época de cuarentena el consumo de agua disminuyó. El consumo promedio de agua desde el año 2018 hasta junio 2020 es de 9,13 m<sup>3</sup> siendo su mayor consumo en noviembre 2018.

### Gráfica 8

*Gráfica de intervalos de Consumo vs Mes del Cantón Chillanes*



Fuente. Hinojoza L, Saltos A



#### 5.4. Resumen de estadística descriptiva

**Tabla 8**

*Resumen estadístico*

<b>Cantón</b>	<b>Mes</b>	<b>Media</b>	<b>Error estándar de la media</b>	<b>Desv. Est.</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>
Riobamba	54	17,58	0,21	1,53	14,21	20,77
Guaranda	138	15,17	0,14	1,65	10,44	20,03
Echeandía	30	13,40	0,19	1,03	10,72	15,13
Chimbo	30	14,10	0,51	2,78	9,79	20,38
Chillanes	30	9,13	0,32	1,75	4,78	12,51

Fuente. Hinojoza L, Saltos A

#### 5.5. Determinación del coeficiente de variación (Kd)

**Tabla 9**

*Resultados coeficiente de consumo por población*

<b>Cantón</b>	<b>Población (1)</b>	<b>Usuarios (2)</b>	<b>Consumo mensual promedio (3)</b>	<b>Consumo máximo (4)</b>	<b>Kd</b>
Riobamba	146324	29877	17,58	20,77	1,18
Guaranda	23874	5671	15,17	20,03	1,32
Echeandía	6170	2604	13,40	15,13	1,13
Chimbo	4402	1801	14,10	20,38	1,45
Chillanes	2681	1070	9,13	12,51	1,37

Fuente. Hinojoza L, Saltos A

(1) Total de habitantes según Censo 2010

- (2) Usuarios de agua potable categoría residencial a junio 2020
- (3) Promedio mensual sin datos anómalos en unidades de m<sup>3</sup>/mes
- (4) Consumo mensual máximo obtenido de Tukey en unidades de m<sup>3</sup>/mes

## **Discusión**

De los cantones analizados entre la Provincia de Chimborazo: Riobamba y la Provincia de Bolívar: Guaranda, Chillanes, Chimbo y Echeandía. El único cantón que presentó un mayor consumo en la época de cuarentena fue el Cantón Chimbo, por lo que se puede decir que, en los demás cantones analizados, no se generó un gran aumento en el consumo en la cuarentena del 2020 en comparación con los registros históricos, como se había planteado en la hipótesis.

El no aumento del consumo de agua en la cuarentena 2020 en los 4 cantones: Riobamba, Guaranda, Chillanes y Echeandía, pudo deberse a los cambios de hábitos y costumbres de la población por las restricciones y confinamiento. Como por ejemplo los hábitos de higiene, ya que tomar una ducha diariamente no fue tan esencial para los ciudadanos por el teletrabajo y telestudio realizados desde casa. El cambio de prendas de vestir diariamente tampoco fue necesario, por lo que no se utilizó lavadoras ni tanques para lavar la ropa con la misma frecuencia. Muchos vehículos permanecieron guardados lo que hizo que no se incremente el consumo de agua para un lavado continuo. Además, se descarta el aumento de consumo por actividades realizadas con más frecuencia en estos tiempos como cocinar, de acuerdo con (Yuquilema, 2020) y el aumento por consumo directo de las personas, ya que la mayoría desconfía de la calidad de agua pública y consumen agua embotellada (Arellano & Lindao, 2019).

En cambio, el aumento del consumo de agua en el cantón Chimbo en abril 2020, pudo darse porque la mayoría de la población tiene su lugar de trabajo y educación en la ciudad de Guaranda. Por consecuencia del confinamiento la ciudadanía chímbense estuvo obligada a permanecer en sus

casas las 24 horas del día consumiendo más agua, ya que al no tener el limitante de tiempo pudieron tomar duchas más largas. También hay que tomar en cuenta que muchas personas de ciudades grandes se movilizaron a ciudades más pequeñas por miedo a contagiarse.

## **6. Conclusiones y Recomendaciones**

Los datos del consumo mensual por usuario en la provincia de Chimborazo, del cantón Riobamba fueron en total 1'613 358 datos desde el año 2016 a junio del 2020. En la provincia de Bolívar el número de datos en los cantones fueron: Guaranda 782 598 desde el año 2009 a junio del 2020, Echeandía 78 120, Chimbo 54 030 y Chillanes 32 100 desde el año 2018 a junio del 2020, dando un total de 946 848 datos en esta provincia. Entre las dos provincias analizadas suman 2'560 206 datos.

En el cantón Riobamba provincia de Chimborazo y en los cantones de la Provincia de Bolívar excepto Chillanes, los consumos más altos en la cuarentena se dieron en el mes de abril 2020, ordenados de forma descendente tenemos: Chimbo con 20,83 m<sup>3</sup>, Riobamba con 20,62 m<sup>3</sup> seguido de Guaranda con 18,86 m<sup>3</sup> y Echeandía con 14,34 m<sup>3</sup>. El consumo más elevado en la cuarentena de Chillanes fue en junio 2020 con 9,30 m<sup>3</sup>.

Sin embargo, al comparar con los consumos de los registros históricos, se obtuvo que los consumos máximos para cada cantón se dieron en: febrero 2019 para Riobamba con 20,77 m<sup>3</sup>, en febrero 2010 para Guaranda con 20,03 m<sup>3</sup>, en enero 2020 para Echeandía con 15,13 m<sup>3</sup>, en noviembre 2018 para Chillanes con 12,51 m<sup>3</sup> con excepción de Chimbo que fue el único cantón que presentó el consumo máximo en el mes abril 2020 con 20,83 m<sup>3</sup> época de cuarentena. En el caso del cantón Riobamba la variación entre el consumo alto de la cuarentena y el máximo de los registros históricos, es mínima con un valor de 0,15 m<sup>3</sup>.

Con la relación entre el consumo máximo y el consumo promedio se determinó los siguientes coeficientes de variación de consumo diario: Riobamba  $k_d=1,18$ , Guaranda  $K_d=1,32$ , Echeandía  $k_d=1,11$ , Chimbo  $k_d=1,45$  y Chillanes  $k_d=1,37$ . Los cantones Guaranda, Chimbo y Chillanes están dentro del rango 1,3 – 1,5 que especifica la norma CPE INEN 005-9-1, mientras que Riobamba y Echeandía están bajo el rango. Demostrando que las ciudades pequeñas tienen un  $k_d$  mayor que las ciudades grandes, en concordancia con investigaciones realizadas anteriormente en la Universidad Nacional de Chimborazo.

Los consumos promedio de cada cantón son de: Riobamba 17,58 m<sup>3</sup>, Guaranda 15,17m<sup>3</sup>, Echeandía 13,40 m<sup>3</sup>, Chimbo 14,10 m<sup>3</sup> y Chillanes 9,13 m<sup>3</sup>, podemos observar que estos consumos no tienen una gran variación ya que todos los cantones comparten las mismas características geográficas por estar en la región sierra.

## 7. Referencias Bibliográficas

- Acosta Maldonado, M. E., Basani, M., & Solís, H. (2019, November). *Prácticas y saberes en la gestión comunitaria del agua para consumo humano y saneamiento en las zonas rurales de Ecuador* / Publicaciones. BID.  
[https://publications.iadb.org/es/publications/spanish/document/Prácticas\\_y\\_saberes\\_en\\_la\\_gestión\\_comunitaria\\_del\\_agua\\_para\\_consumo\\_humano\\_y\\_saneamiento\\_en\\_las\\_zonas\\_rurales\\_de\\_Ecuador\\_es.pdf](https://publications.iadb.org/es/publications/spanish/document/Prácticas_y_saberes_en_la_gestión_comunitaria_del_agua_para_consumo_humano_y_saneamiento_en_las_zonas_rurales_de_Ecuador_es.pdf)
- Alarcón, I. (2018, March 22). *En Ecuador se gasta 40% más agua que el promedio de la región*.  
<https://www.elcomercio.com/tendencias/ecuador-gasto-agua-cifras-latinoamerica.html>
- 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.  
*NOVASINERGIA, 1*, 23–32.
- Arellano, A., Izurieta, C., Bravo, C., Merino, A., & Yépez, D. (2019). Drinking water wastage through sanitary equipment. *NOVASINERGIA, 2*, 68–74.
- Arellano, A., & Lindao, V. (2019). Efectos de la gestión y la calidad del agua potable en el consumo del agua embotellada. *NOVASINERGIA, 2*, 15–23.
- Cáceres, S., & Chambilla, I. (2019). *ANÁLISIS DEL CONSUMO DE AGUA POTABLE EN EL CENTRO POBLADO DE SALCEDO, PUNO* [Universidad Nacional del Altiplano].  
[http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2518-44312019000100010&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2518-44312019000100010&lng=pt&nrm=iso)
- Cantones del Ecuador*. (2020). <https://brenp.com/cuantos-cantones-tiene-el-ecuador-numero-de-cantones-por-provincias/>

- Carrera, J., Mejía, A., Ruiz-Tagle, E., Ocampo, J. A., Uribe, E., & Pena, D. (2013). Equidad e inclusión social en América Latina: Acceso universal al agua y el saneamiento. In *Distinguishing the righteous from the roguish: The arkansas supreme court, 1836-1874*. <http://scioteca.caf.com/handle/123456789/611>
- Carvajal, S., & Pino, C. (2018). *Estimación de dotación y composición de la demanda de agua potable en las parroquias rurales Nayón, El Quinche, Puembo, Pifo, Guayllabamba y Llano Chico, del Distrito Metropolitano de Quito*. Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- CAZALAC. (2020). *COVID-19: IMPLICANCIAS Y REPERCUSIONES EN LA SEGURIDAD HÍDRICA*. <https://www.cazalac.org/publico/index.php?id=179>
- Díaz, Y. (2020). *Durante la cuarentena se incrementó el consumo de agua potable | Municipio de Loja*.
- El Universo. (2020). *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>
- EP-EMAPAR. (2020). *Cobertura de agua potable en Riobamba*.
- Eras, S. (2019). *RELACIÓN ENTRE LAS FUGAS DE AGUA Y CONSUMOS DE AGUA POTABLE EN EL SECTOR RESIDENCIAL [UNACH]*. <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/5595/1/UNACH-EC-ING-CIVIL-2019-0010.pdf>
- Espinosa Falconí, X. G. (2019). *“CARACTERIZACIÓN DE LA CURVA DE CONSUMO DIARIO DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LOS SECTORES SAN BARTOLOMÉ DE PINLLO - AMBATILLO DEL CANTÓN AMBATO [Universidad Técnica de Ambato]*. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/29876/1/Tesis I. C. 1331 - Espinoza>

Falconí Xavier Gonzalo.pdf

INEC. (2010a). *FASCÍCULO PROVINCIAL CHIMBORAZO*.

<https://www.ecuadorencifras.gob.ec/wp-content/descargas/Manu-lateral/Resultados-provinciales/chimborazo.pdf>

INEC. (2010b). *Fasículo provincial de Bolívar*.

INEC. (2012). *Información Ambiental en Hogares Junio 2012*. 1–44.

Mancilla, G., Soto, M., & Vivanco, C. (2020). *COVID-19: IMPLICANCIAS Y REPERCUSIONES EN LA SEGURIDAD HÍDRICA*. 4.

<https://www.cazalac.org/publico/index.php?id=179>

Manco Silva, D., Guerrero Erazo, J., & Ocampo Cruz, A. (2012). Eficiencia en el consumo de agua de uso residencial. In *Revista de Ingenierías: Universidad de Medellín*.

Martínez, J., Iglesias, P., Zúñiga, M., & Fuertes, V. (2019). *Diagnóstico, Análisis y Mejora de la Red de Agua Potable de Guano (Ecuador), mediante Sectorización y Control de Presiones*. I(July), 13.

[https://www.researchgate.net/publication/334697022\\_DIAGNOSTICO\\_ANALISIS\\_Y\\_MEJORA\\_DE\\_LA\\_RED\\_DE\\_AGUA\\_POTABLE\\_DE\\_GUANO\\_ECUADOR\\_MEDIANTE\\_SECTORIZACION\\_Y\\_CONTROL\\_DE\\_PRESIONES](https://www.researchgate.net/publication/334697022_DIAGNOSTICO_ANALISIS_Y_MEJORA_DE_LA_RED_DE_AGUA_POTABLE_DE_GUANO_ECUADOR_MEDIANTE_SECTORIZACION_Y_CONTROL_DE_PRESIONES)

McGhee, T. (1999). *Abastecimiento de Agua y Alcantarrillado* (E. Ariza (Ed.); Sexta).

<https://doku.pub/documents/abastecimiento-de-agua-y-alcantarrillado-terence-j-mcghee-k0pvm7rd6801>

MINITAB 18. (2020). *Identificar valores atípicos*.

Molina, A., Pozo, M., & Serrano, J. C. (2018). *Agua, Saneamiento e Higiene: Medicion de los ODS en Ecuador*. Instituto Nacional de Estadística y Censos y UNICEF.

[https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Bibliotecas/Libros/AGUA,\\_SANEAMIENTO\\_e\\_HIGIENE.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Bibliotecas/Libros/AGUA,_SANEAMIENTO_e_HIGIENE.pdf)

Molina, E., Quesada, F., Calle, A., Ortiz, J., & Orellana, D. (2018). Consumo sustentable de agua en viviendas de la ciudad de Cuenca. *Ingenius*, 1–11.

<https://doi.org/10.17163/ings.n20.2018.03>

Muñoz, G. (2019). *Características demográficas asociadas a los consumo de agua potable*. Universidad Nacional de Chimborazo.

Peña, D. (2019). *Categorización de los principales factores que afectan el consumo de agua potable*. Universidad Nacional de Chimborazo.

Rodríguez, P. (2001). *Abastecimiento de agua Instituto Tecnológico de Oaxaca*.

Salazar, A., & Pineda, N. (2009). *Factores que afectan la demanda de agua para uso doméstico en México*. 22.

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

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

Tricarico, C., De Marinis, G., Gargano, R., & Leopardi, A. (2007). Peak residential water demand. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers: Water Management*, 160(2), 115–121. <https://doi.org/10.1680/wama.2007.160.2.115>

Yuquilema, C. (2020). *CORRELACIÓN ENTRE LA FRECUENCIA DE COCINAR Y EL CONSUMO DE AGUA POTABLE*.

[http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/6417/1/CORRELACIÓN ENTRE LA FRECUENCIA DE COCINAR Y EL CONSUMO DE AGUA POTABLE.pdf](http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/6417/1/CORRELACIÓN%20ENTRE%20LA%20FRECUENCIA%20DE%20COCINAR%20Y%20EL%20CONSUMO%20DE%20AGUA%20POTABLE.pdf)

Zamorano, G. (2020). *Información y normas*. <https://www.iagua.es/siss>



## 8. Anexos