

**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:**

**EL AGUA POTABLE UTILIZADA EN RIEGO DE JARDINES Y HUERTAS EN EL  
SECTOR RESIDENCIAL.**

**Autor:**

**JHOAN ALEXIS FLORES SERRANO**

**Tutor:**

**ING. MGS. ALFONSO ARELLANO**

**Riobamba – Ecuador**

**Año 2019**

## REVISIÓN

Los miembros del Tribunal de Graduación del proyecto de investigación de título: **“EL AGUA POTABLE UTILIZADA EN RIEGO DE JARDINES Y HUERTAS EN EL SECTOR RESIDENCIAL”**, presentado por: Jhoan Alexis Flores Serrano 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. Alfonso Arellano  
**Tutor del Proyecto**



Ing. Nelson Patiño  
**Miembro del Tribunal**



Ing. Marcel Paredes  
**Miembro del Tribunal**

**CERTIFICACION DEL TUTOR**

Yo, Ing. Alfonso Arellano, en calidad de Tutor de Tesis, cuyo tema es **“EL AGUA POTABLE UTILIZADA EN RIEGO DE JARDINES Y HUERTAS EN EL SECTOR RESIDENCIAL”**, CERTIFICO; que el informe final de trabajo investigativo, ha sido revisado y corregido, razón por la cual autorizo al estudiante Jhoan Alexis Flores Serrano 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

**AUTORÍA DE LA INVESTIGACION**

La responsabilidad del contenido de este Proyecto de graduación, corresponde exclusivamente a: Jhoan Alexis Flores Serrano, e Ing. Alfonso Arellano; y el patrimonio intelectual de la misma a la Universidad Nacional de Chimborazo.



Jhoan Alexis Flores Serrano

C.I 0604410274

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mis padres y a mis hermanos por apoyarme y motivarme para llegar a cumplir cada una de mis metas gracias a ellos por nunca abandonarme y estar a mi lado cuando más los eh necesitado, quiero además agradecer al Ing. Alfonso Arellano por estar siempre presto a brindar sus conocimientos para el mejor desarrollo de mi proyecto de investigación, a mis amigos y compañeros por todas esas anécdotas que hemos compartido a lo largo de esta trayectoria, a todos ustedes muchas gracias.



Jhoan Alexis Flores Serrano

**DEDICATORIA**

Quiero dedicar esta tesis a mi hija Mikaela, a mi Padre y Madre que son las personas que más quiero y admiro en mi vida, ya que siempre han dado lo mejor para que yo pueda estar culminado esta etapa de mi vida, también quiero dedicar este logro a mi padrino Álvaro, y sé que donde se encuentre estará feliz, y decirle que está culminada la promesa que le hice.



*Joan Alexis Flores Serrano*

## INDICE GENERAL

INDICE DE TABLAS .....	VIII
INDICE DE FIGURAS.....	VIII
RESUMEN.....	IX
1. INTRODUCCION.....	1
2. OBJETIVOS.....	3
2.1 Objetivo General .....	3
2.2 Objetivos Específicos .....	3
3. ESTADO DEL ARTE.....	4
4. METODOLOGIA.....	9
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	13
5.1 Porcentaje de Viviendas con jardín y las Ciudades en función de cada estrato. ....	13
5.2 El costo mensual del agua potable y el porcentaje de viviendas con jardín. ....	18
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	21
6.1 Conclusiones.....	21
6.2 Recomendaciones.....	22
7. REFERENCIAS.....	22
8. ANEXOS .....	25
8.1 Anexo 1. Poblaciones agrupadas según rangos demográficos. ....	25
8.2 Anexo 2. Porcentaje de viviendas con jardín. ....	25
8.3 Anexo 3. Consumo per cápita de agua potable semestral .....	27
8.4 Anexo 4. Pago per cápita de agua potable mensual. ....	28

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1.- <i>Información Primaria</i> .....	5
Tabla 2.- <i>Rango de clasificación del método de caracterización urbanístico y socioeconómico</i> ..	6
Tabla 3.- <i>Parámetros Procesados</i> .....	7
Tabla 4.- <i>Parámetros Socioeconómicos</i> .....	8
Tabla 5.- <i>Poblaciones y estratos de las ciudades estudiadas</i> .....	10
Tabla 6.- <i>Rango de relaciones según Evans</i> .....	12
Tabla 7.- <i>Análisis de CPC/est.s. y Porcentaje de viviendas que tienen Jardín</i> .....	17
Tabla 8.- <i>Análisis de Costo del agua y Porcentaje de viviendas que tienen Jardín</i> .....	20

## INDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.-Esquema de metodología planteada</i> .....	9
<i>Figura 2.- Porcentaje de viviendas con jardín en cada ciudad</i> .....	13
<i>Figura 3.- CPC/est.s vs porcentaje de jardín por cada estrato socioeconómico</i> .....	14
<i>Figura 4.- CPC/est.s vs porcentaje de Jardín de todos los estratos socioeconómicos</i> .....	14
<i>Figura 5.- CPC/est.s vs % de jardín en ciudades grandes</i> .....	16
<i>Figura 6.- CPC/est.s vs % de jardín en ciudades medianas.</i> .....	16
<i>Figura 7.- CPC/est.s vs % de jardín en ciudades pequeña</i> .....	16
<i>Figura 8.- CPC/est.s vs % de jardín de todas las ciudades.</i> .....	16
<i>Figura 9.- Costo \$/m<sup>3</sup>*hab en función del % de Jardines en ciudades Grande</i> .....	19
<i>Figura 10.- Costo \$/m<sup>3</sup>*hab en función del % de Jardines en ciudades Medianas</i> .....	19
<i>Figura 11.- Costo \$/m<sup>3</sup>*hab en función del % de Jardines en ciudades pequeñas.</i> .....	19



## RESUMEN

En esta investigación, se estableció tendencias lineales y el coeficiente de determinación (R), para validar estadísticamente las siguientes variables: Porcentaje de viviendas con Jardín, pago per cápita mensual del m<sup>3</sup> de agua potable y el consumo per cápita de agua potable semestral. En primera instancia la variación entre el consumo per cápita de agua potable y los diferentes porcentajes de casas con jardín; dentro de un mismo estrato, mostró que no existe un patrón que evidencie que el consumo de agua sería afectado por el riego de agua en los jardines. Por esta razón el porcentaje de Viviendas con Jardín se analizó para tres rangos demográficos ya determinados por Arellano (2012),: ciudades grandes (30.000 a 150.000), (8.000 a 30.000) y pequeñas (0 a 8.000) habitantes. Los resultados confirmaron que las ciudades grandes (R=0.84 y p=0.016) el consumo per cápita del agua potable se eleva proporcionalmente, debido a que el agua está siendo usada para el riego de los jardines, no así en las ciudades medianas (R=0.52 y p=0.11) y pequeñas (R=0.25 y p=0.30), por lo que el porcentaje de las viviendas con jardín no tiene incidencia en estas ciudades.

**Palabras Clave:** Consumo de agua potable, jardines, costo.

## ABSTRACT

In this research, linear trends and the coefficient of determination (R) were established to statistically validate the following variables: Percentage of homes with Garden, per capita monthly payment of m<sup>3</sup> of drinking water and the per capita consumption of semester drinking water. In the first instance, the variation between the per capita consumption of drinking water and the different percentages of houses with gardens; within a single stratum, it demonstrates that no pattern could evidence that water consumption would be affected by water irrigation in the gardens. For this reason, the percentage of Housing with Garden was analyzed for three demographic ranges already determined by Arellano (2012), large cities (30,000 to 150,000), (8,000 to 30,000) and small (0 to 8,000) inhabitants. The results confirmed that large cities (R = 0.84 and p = 0.016) per capita consumption of drinking water rises proportionally, because water is being used to irrigate gardens, but not in medium-sized cities (R = 0.52 and p = 0.11) and small (R = 0.25 and p = 0.30), so the percentage of homes with gardens has no incidence in these cities.

*Keywords: Drinking water consumption, gardens, cost*



Reviewed by: Solís, Lorena

LANGUAGE CENTER TEACHER



## 1. INTRODUCCION

La demanda de agua potable ha ido incrementado significativamente debido a varios factores tales como el cambio de costumbres generacionales y cambios climáticos (Bayas, 2018). Diferentes investigaciones tratan de determinar los parámetros que influyen en el consumo de agua potable, obteniendo de esta manera un enfoque más claro al momento de realizar los diseños de agua potable.

En Florida los sistemas de riego para jardines son muy comunes en zonas residenciales debido a los paisajes de alta calidad que normalmente se instalan. En este estado, el riego de jardines es uno de los principales factores para que tengan un consumo elevado de agua potable. El abastecimiento del agua para esta ciudad comprende un 61% del suministro público y el 43% de las aguas subterráneas. Sin embargo, debido a la escasez de agua en los últimos años, el Distrito de Administración de Aguas en Florida ha limitado su uso para riego a solamente dos veces por semana. (Haley, Dukes, & Miller, 2007).

En Ecuador el abastecimiento de agua potable para consumo humano a nivel nacional es del 82% y en poblaciones indígenas un 72%. Estos datos proporcionados por la Organización Mundial de la Salud OMS y el fondo de las Naciones Unidas para la Infancia UNICEF (JMP, 2016). A pesar de ello en ciertas ciudades se tiene desperdicios y consumos excesivos provocando que estos porcentajes disminuyan y generen una escasez del agua a otras poblaciones.

En los últimos años ha existido una interesante y significativa variación del consumo de agua potable promedio anual en el Ecuador. A nivel regional es el país que consume más agua potable por habitante/día en América Latina 237 lt/hab\*día, y sobrepasa con un 40 % el promedio de la región 169 lt/hab\*día (Sorgato, 2013).

Este estudio complementa las investigaciones procesadas (Bayas, 2018; Bravo & Merino, 2018; Lindao, 2018), que tratan de mostrar cuales son los factores que afectarían el consumo de agua potable, en las 11 ciudades Ecuatorianas entre los años 2013 – 2015. (Barreno, 2015; Cáceres & Rubio, 2015; Carrillo & Quintero, 2013; Montenegro & Tapia, 2014; Morillo & Luna, 2013; Noriega, 2015; Patiño & Pino, 2014; Sagnay & Carguachi, 2015; Samaniego & Muela, 2015). Los estudios parten del método de caracterización socioeconómica y urbanística para poblaciones menores a 150.000 habitantes propuesto por Arellano (2012), que identifican 4 estratos socio económicos en el sector residencial: A, B, C y D. El estrato A tiene mayor capacidad económica y disminuye progresivamente hasta llegar al estrato D, que tiene menor capacidad económica (Bayas, 2018).

Esta información primaria contiene registros mensuales y semestrales de los consumos de agua potable. Los consumos de agua y otros parámetros relacionados a: factores climatológicos, costumbres, porcentajes de jardín, demografía, gastos, calidad del agua entre otros, han sido caracterizados para los 4 estratos.

Se conoce las variaciones de los consumos mensuales per cápita de agua potable, los mismos que fueron seccionados en tres tamaños poblacionales: Grandes, medianas y pequeñas (Arellano, Bayas, Meneses, & Castillo, 2018)

Algunos de los datos obtenidos de dichas investigaciones fueron procesadas (Andrés Bayas, 2018; Bravo & Merino, 2018) y encontraron modelos matemáticos y explicaron las correlaciones que existen entre el consumo de agua potable vs (el tamaño de la población, número de aparatos sanitarios, factores socioeconómicos entre otros). Sin embargo, aún quedan las siguientes interrogantes: ¿Influye la existencia de jardines y huertas en las ciudades grandes, medianas y pequeñas y el costo del agua, en el consumo de agua potable? Esta investigación busca determinar esas presunciones estableciendo

correlaciones estadísticas entre las siguientes variables: 1) Consumos per cápita de agua potable (CPC); 2) Porcentaje de viviendas con jardín; 3) Pago del consumo de agua potable por parte de los usuarios.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo General**

Determinar si el agua potable se está utilizando en riego de jardines y huertas, para definir políticas de distribución equitativa de agua potable, que satisfagan las necesidades básicas de la mayoría de los usuarios.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Agrupar y procesar la información en las ciudades pequeñas, medianas y grandes, de acuerdo a los estratos A, B, C y D.
- Determinar si las variables tienen relaciones a través de gráficos que muestren tendencias estadísticas.
- Realizar análisis estadísticos para poder establecer si existen correlaciones entre las diferentes variables.

### 3. ESTADO DEL ARTE

El deterioro de los mantos acuíferos ha comenzado a afectar el suministro de agua potable dentro de todo el territorio Ecuatoriano (García, Guzmán, & Fortis, 2006). Este deterioro se debe a diferentes factores entre ellos puede ser el uso inadecuado del agua, otro al costo relativamente bajo que se tiene en algunas poblaciones y otro puede ser que el agua potable se esté utilizando para el riego de jardines y huertas en el sector residencial.

Según Haley et al. (2007), al realizar una investigación en Florida señalo que los propietarios utilizaron aproximadamente el 61% de su suministro total de agua para riego. Esto debido a ciertos factores climatológicos ya que al norte de Utah recibe menos precipitaciones anuales, en comparación con los 1,270 mm recibidos en la cordillera central de Florida. Adicionalmente nos dice que en algunas poblaciones en las casas que incluyen un jardín mantenido de manera consistente consumen un 30% más de agua que las que no lo tienen.

Sin embargo Morote, Hernández, & Rico (2016), calculó el consumo medio por vivienda y día de las ciudades de EE.UU. y Canadá en el año 2000. El resultado fue de 1.548 litros/viv/día, de los cuales, 874,5 destinados a usos exteriores del hogar (el 56.45%). Cerca del 26% del consumo está relacionado con los inodoros, el 22% con las lavadoras y el 15,5% con las duchas. Además, nos explica que, en todas las regiones áridas y semiáridas del oeste de los EE.UU., regar el jardín es lo más común, llegando en ocasiones a la cifra del 50% del total anual del gasto de agua potable de una vivienda.

Según Sahin, Bertone, & Beal (2017), las políticas de gestión sostenibles de agua y de respuesta, son esenciales para proporcionar una alta calidad con precios razonables para los consumidores, garantizando al mismo tiempo un buen funcionamiento de la empresa de agua. La fijación de precios o tarificación del agua, especialmente cuando se basa en la

demanda, puede dar lugar a un cambio de comportamiento en el uso del agua potable del cliente.

Sahin et al. (2017), desarrolló un modelo tarifario que demostró que los miembros de una familia utilizan volúmenes excesivos de agua potable cuando están en zonas donde sus usos son típicamente al aire libre. En su modelo estos comportamientos serán penalizados, teniendo como consecuencias que este tipo de usuarios con elevados consumos de agua pueden reducir su consumo o pagar de una manera más notoria para la conservación de sus hábitos o el uso que le dan al agua potable.

Bravo, & Merino (2018), reportan que, los consumos elevados en ciertas poblaciones se deben a que tienen un pago per cápita mensual del m<sup>3</sup> de agua potable menor a \$1, presumiendo así que los consumidores utilizan el agua potable para el riego de cultivos.

Para tal caso en esta investigación se usará los datos recolectados de estudios realizados por estudiantes de pregrado de la Universidad Nacional de Chimborazo de la carrera de Ingeniería Civil entre los años 2013 – 2015 en 11 ciudades del Ecuador, ver tabla 1.

Tabla 1  
*Información Primaria*

No	PARÁMETRO INVESTIGADO	UNIDAD	FRECUENCIA	DURACIÓN	FUENTE
1	Consumo de agua potable	m <sup>3</sup> /medidor/ms	mensual	6 meses	Población
2	Porcentaje de casas que reportan fugas	%	una vez	única	Población
3	Inodoros	unidades/familia	una vez	única	Población
4	Lavabos	unidades/familia	una vez	única	Población
5	Lavadoras	unidades/familia	una vez	única	Población
6	Duchas	unidades/familia	una vez	única	Población
7	Porcentaje de casa con jardines	%	una vez	única	Población
8	Uso de bidones de agua	Bidón	mensual	6 meses	Población
9	Tipo de almacenamiento de agua	unidades/familia	una vez	única	Población
10	Número de veces que cocinan en casa	Unidad	una vez	única	Población

11	Número de personas por familia	Personas	una vez	única	Población
12	Costo del agua	\$/m3	una vez	única	Población
13	Calidad de agua: 6 parámetros INGECAP	Varias	mensual	6 meses	Municipio
14	Inflación acumulada	%	mensual	6 meses	Banco Central
15	Precipitación	Mm	una vez	única	INAMHI
16	Humedad	%	una vez	única	INAMHI
17	Temperatura	grados centígrados	una vez	única	INAMHI
18	Tamaño de la población	habitantes	una vez	única	INEC

A las ciudades se les aplicó el método de caracterización urbanística y socio económica para poblaciones menores de 150.000 habitantes propuesto por Arellano, González, et al. ( 2012). Este método clasifica a una población en 4 estratos socio económicos basados en diferentes parámetros. Esta información ha sido valorada de manera que se establece un rango de puntos que le asigna las categorías A, B, C y D, ver tabla 2.

Tabla 2.- *Rango de clasificación del método de caracterización urbanístico y socioeconómico*

<b>Calificación</b>	<b>Categoría</b>	<b>Estrato Socio Economico</b>
100-81	A	Alto
80-61	B	Medio Alto
60-31	C	Medio Bajo
30-0	D	Bajo

Método de caracterización urbanística y socioeconómica (Arellano, Gonzáles, & Gavilanes, 2012)

Dichas investigaciones contienen información mensual y semestral por cada estrato socioeconómico y promedios ponderados de los cuatro estratos. Se procesó una parte de la información primaria. Bayas (2018), Bravo & Merino (2018), realizaron los primeros procesamientos de datos a lo que se denominó información secundaria. Investigaron la relación entre el consumo de agua potable y los parámetros indicados en la tabla 3-4.



Tabla 3.-  
*Parámetros Procesados por Andrés Bayas (2018).*

<b>Parámetro Procesado</b>	<b>Unidad</b>	<b>Tipo de Información</b>
Precipitación	mm	Información Primaria
Humedad atmosférica máxima	%	Información Primaria
Temperatura máxima	°C	Información Primaria
Tamaño de población	Habitantes	Información Primaria
Consumo ponderado mensual “CPC/p.m”	Lt/hab*día	Procesada por primera vez
Consumo promedio semestral en cada estrato “CPC/est.s.”	Lt/hab*día	Procesada por primera vez
Consumo promedio semestral ponderado “CPC/p.s.”	Lt/hab*día	Procesada por primera vez
Viviendas que reportan fugas intradomiciliarias, ponderado mensual “VFI/p.m.”	%	Procesada por primera vez
Porcentaje de casas con jardín en cada estrato	%	Procesada por primera vez
Tipo de almacenamiento de agua en cada estrato	%	Procesada por primera vez
Información procesada, parámetros meteorológicos (Bayas, 2018)		

Tabla 4.-  
*Parámetros Socioeconómicos desarrollados por (Bravo & Merino, 2018)*

<b>No</b>	<b>Parámetro Procesado</b>	<b>Unidad</b>	<b>Tipo de Información</b>
12	Costo del agua per cápita	\$/m <sup>3</sup>	Información Primaria
14	Inflación acumulada	%	Información Primaria
18	Tamaño de la población	Habitantes	Información Primaria
19	Consumo de agua potable	Lt/hab-día	Información Primaria
24	Inodoros	Unidades/per cápita	Estrato socio económico A-B-C y D
25	Lavabos	Unidades/per cápita	Estrato socio económico A-B-C y D
26	Lavadoras	Unidades/ per cápita	Estrato socio económico A-B-C y D
27	Duchas	Unidades/per cápita	Estrato socio económico A-B-C y D
28	Lavandines	Unidades/ per cápita	Estrato socio económico A-B-C y D

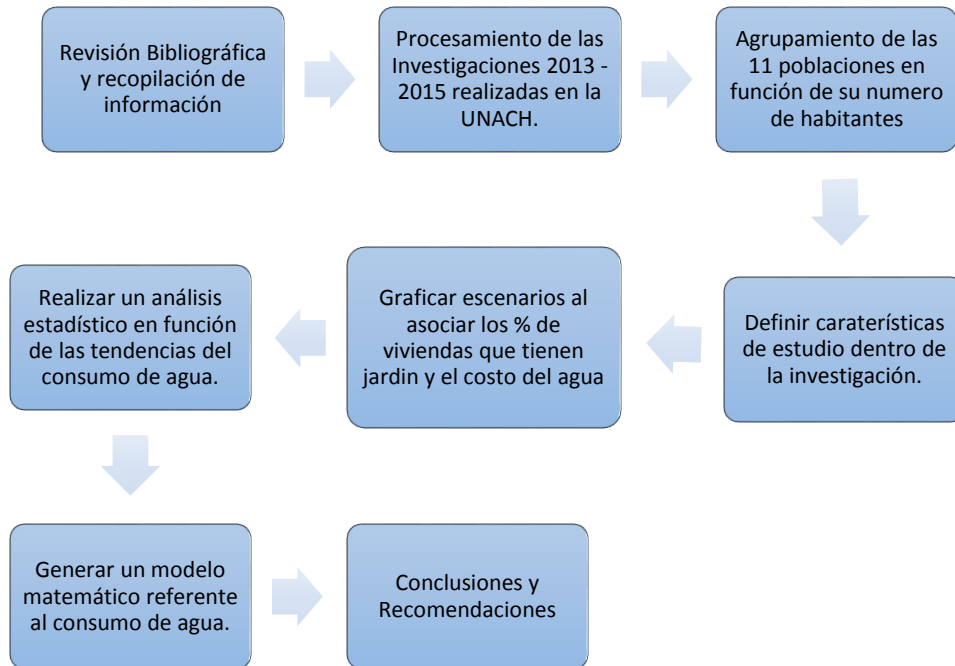
---

Información procesada, parámetros socio económicos (Bravo & Merino, 2018)

Continuando con el procesamiento de información, en esta investigación se analizó la relación entre el consumo per cápita de agua potable semestral y los siguientes parámetros (Porcentaje de viviendas con jardín y el costo del agua).

#### 4. METODOLOGIA

El lineamiento que se siguió para la investigación se presenta en el siguiente diagrama, en el que se detalla de una forma general el proceso sistemático que se desarrolló para la elaboración de la investigación.



**Ilustración 1.** Esquema de metodología planteada.

Esta investigación partirá con una revisión bibliográfica usando diferentes bases de datos como Scopus, Scielo, repositorios digitales de universidades y buscadores web como google académico con el objetivo de asegurar que la información obtenida sea real, actual y aprobada por la comunidad científica, además de las investigaciones impresas necesarios existentes en la Biblioteca de la Universidad Nacional de Chimborazo.

Se recopiló la información obtenida proveniente de 9 estudios elaborados por estudiantes de la Universidad Nacional de Chimborazo, realizados entre los años 2013 a 2015. Los estudios realizados fueron aplicados en la zona urbana en 11 ciudades con poblaciones menores a 150.000 habitantes, las cuales se convirtieron en nuestra materia prima para esta investigación, teniendo así en la región sierra: Riobamba, Guano,

Chambo, Guaranda, Cubijies, Columbe, Guamote y Quimiag, en la región costa: Ventanas y en la región oriental: La joya de los Sachas y Macas, todas estas ciudades se encuentran localizadas dentro del territorio ecuatoriano. Ver tabla 5.

Tabla 5.-  
y estratos de las ciudades estudiadas.

*Poblaciones*

<b>Región</b>	<b>Nombre de la Población</b>	<b>Población Tesis (habitantes)</b>	<b>Población corregida (habitantes)</b>	<b>Estratos Socioeconómicos</b>
Sierra	Riobamba	146.324	146.324	A, B, C, D
Costa	Ventanas	38.168	38.168	A, B, C, D
Sierra	Guaranda	91.877	23.874	A, B, C,
Oriente	Macas	22.000	18.984	A, B, C, D
Oriente	La joya de los Sachas	11.480	11.480	B, C, D
Sierra	Guano	7.758	7.758	B, C, D
Sierra	Quimiag	2.879	5.257	B, C, D
Sierra	Chambo	4.873	4.459	B, C, D
Sierra	Guamote	3.762	2.648	B, C, D
Sierra	Cubijies	588	588	B, C, D
Sierra	Columbe	526	526	B, C, D

Las ciudades están ordenadas de acuerdo con el tamaño de población. Elaborada por (Andres Bayas, 2018); modificada por (Bravo & Merino, 2018; Lindao, 2018).

Se agrupó las poblaciones estableciendo rangos demográficos. Para ciudades Pequeñas, de (0 a 8.000), Medianas de (8.000 a 30.000) y Grandes de (30.000 a 150.000) habitantes, ver anexo 1. La información recolectada se agrupó según los rangos demográficos y los estratos socioeconómicos de cada ciudad, Porcentaje de viviendas con Jardín, ver anexo 2. Consumos de agua potable semestral, ver anexo 3. Pago per cápita de agua potable, ver anexo 4.

Se desarrolló la investigación en una hoja electrónica, en donde se realizó gráficas de dispersión. En primera instancia se identificó visualmente si se ajustaba un modelo lineal entre el consumo per cápita de agua potable semestral y cada parámetro en estudio.

Mediante la utilización del software estadístico R, se calculó la relación lineal entre el porcentaje de viviendas que tienen jardín, el consumo per cápita de agua potable semestral y el costo del agua potable. Utilizando el coeficiente de correlación de Pearson, se analizó las ciudades grandes, medianas y pequeñas.

Para considerar si una correlación es válida o no y estadísticamente significativa o no, en todos los parámetros analizados anteriormente, se consideró que el  $R^2$  debe ser mayor a 0.6. (Lindao, 2018).

Debido a los pocos datos existentes en los análisis realizados se optó por aplicar una estadística descriptiva, con la ayuda de la determinación de las tendencias lineales que ayudan a crear una línea recta de ajuste perfecto para conjuntos de datos lineales simples.

Un modelo de tendencia lineal usa esta ecuación:

$$y = mx + b + \varepsilon$$

Se calculó también el valor de  $R^2$  de Pearson, también llamado coeficiente de determinación, refleja la bondad del ajuste de un modelo a la variable que pretender explicar (Lindao, 2018). El resultado del R Cuadrado oscila entre 0 y 1 y cuanto más cerca de 1 se sitúe su valor, mayor será el ajuste del modelo a la variable que estamos intentando explicar.

Una vez obtenido el valor de  $R^2$  se calculará la raíz cuadrada del mismo para determinar R, estos valores serán de consideración cuando sea mayor a 0.50, ver tabla 6. Mientras que para determinar si una correlación es estadísticamente significativa el p-valor será menor al 5%. Partiendo de estos valores se tomó como válido al modelo lineal que describe la relación entre las variables estudiadas.

Tabla 6.-  
*Rango de relaciones según Evans*

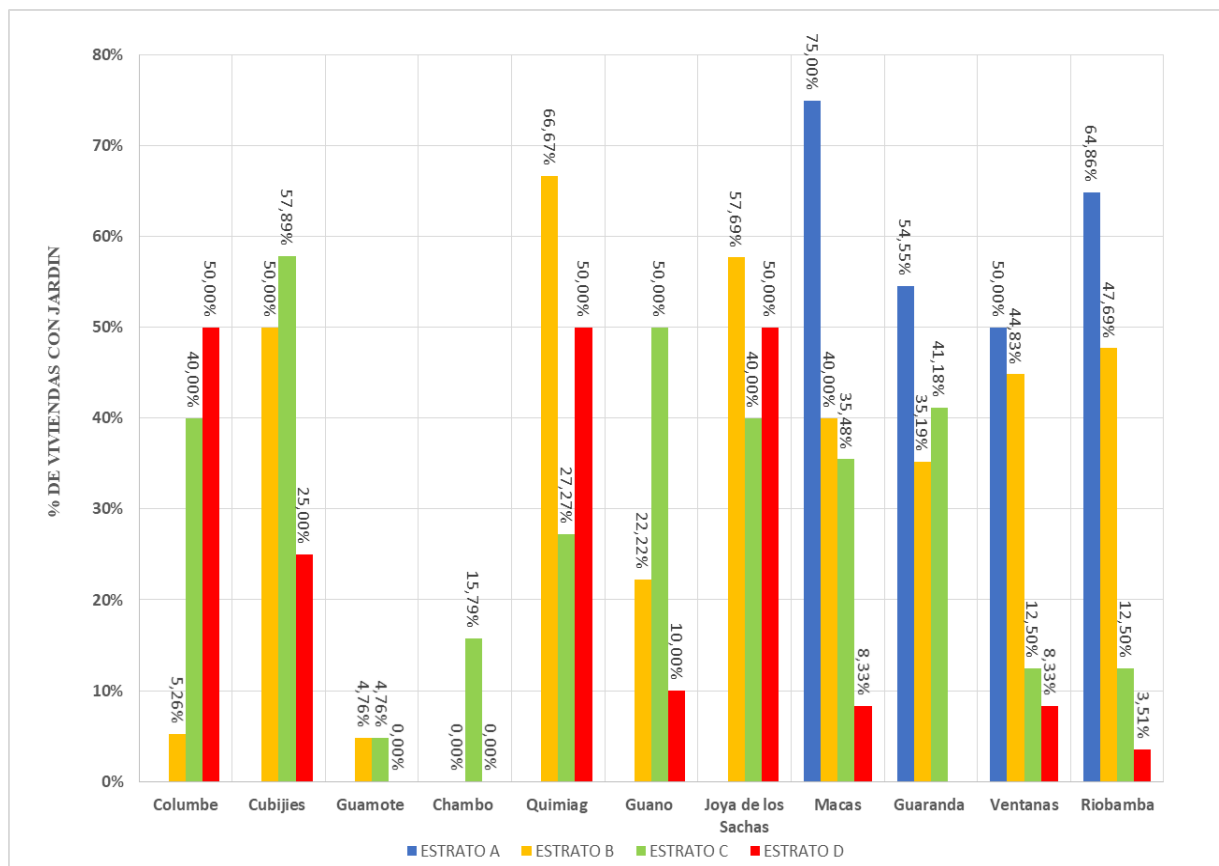
<b>Rango R</b>	<b>Relación</b>
<b>0.00</b>	No existe correlación
<b>0.00 a 0.10</b>	Correlación débil
<b>0.10 a 0.50</b>	Correlación media
<b>0.50 a 0.75</b>	Correlación considerable
<b>0.75 a 0.90</b>	Correlación muy fuerte
<b>0.90 a 1</b>	Correlación perfecta

Interpretación relación entre variables (Hernández Sampieri y Fernández Collado, 1998)

## 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1 Porcentaje de Viviendas con jardín y las Ciudades en función de cada estrato.

Se realizó un gráfico del porcentaje de viviendas que tienen jardín en el sector



residencial en función de cada estrato socio económico de las 11 ciudades, ver figura 1.

Figura 1.- Porcentaje de viviendas con jardín en cada ciudad

Observamos que las ciudades de Macas, Quimiag y Riobamba tienen un elevado porcentaje de jardines dentro del sector residencial con respecto a las otras poblaciones. Dichos valores en estas ciudades se encuentran ubicadas en diferentes estratos socioeconómicos, por lo que se realizó un gráfico del CPC/est.s. y el porcentaje de viviendas con jardín en función de cada uno de los estratos socioeconómicos

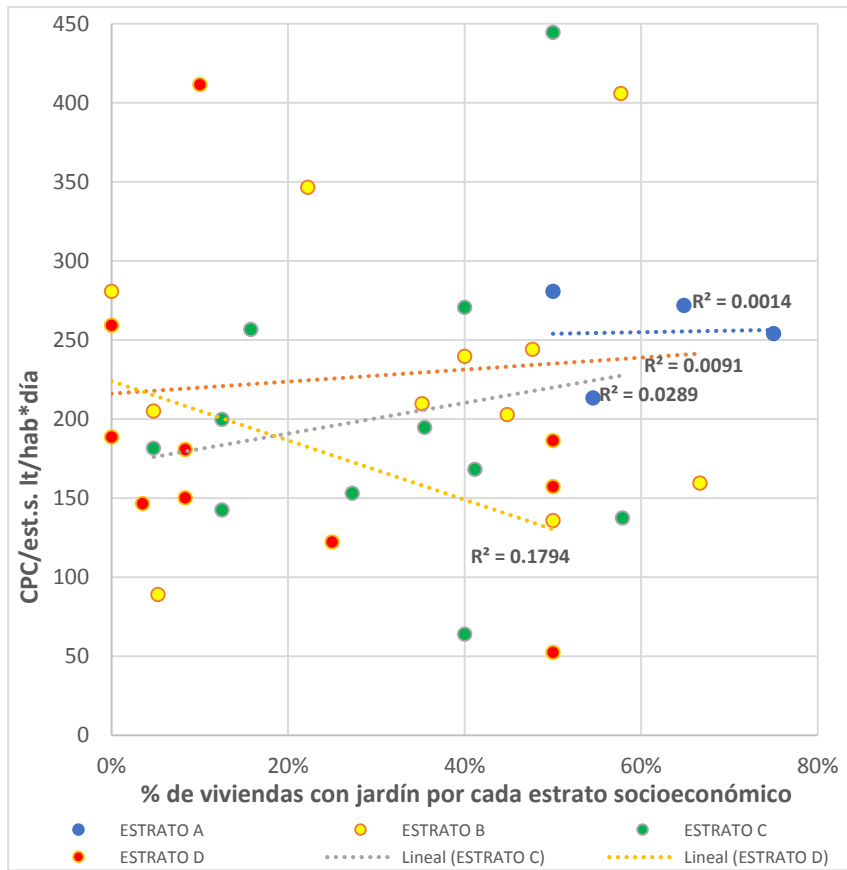


Figura 2.- CPC/est.s vs porcentaje de jardín por cada estrato socioeconómico

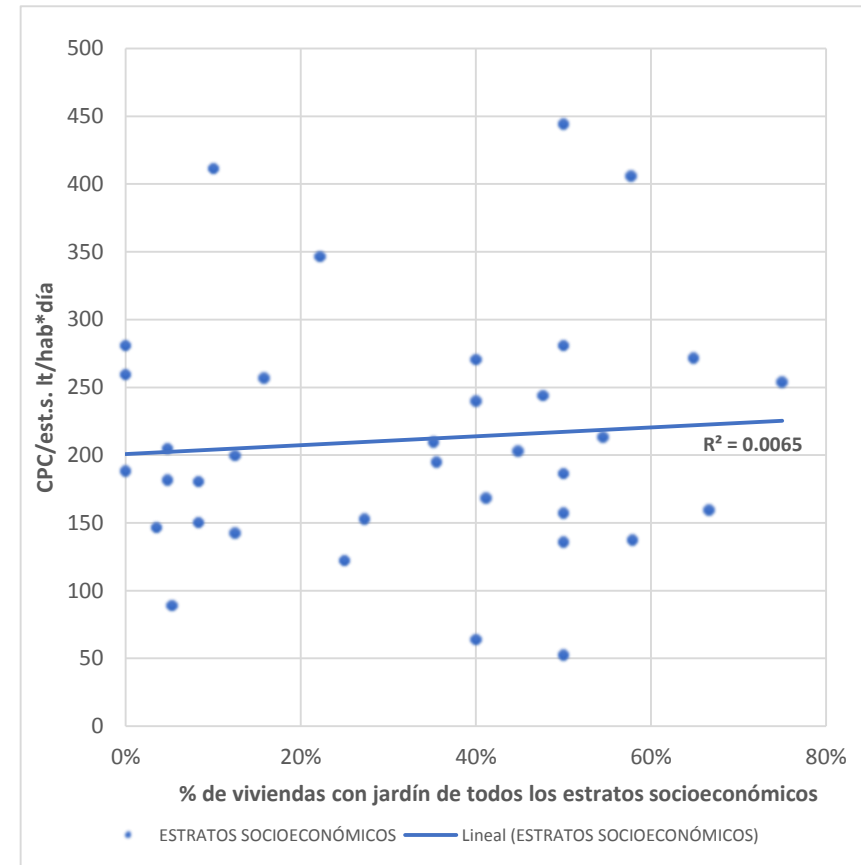


Figura 3.- CPC/est.s vs porcentaje de Jardín de todos los estratos socioeconómicos



En las figuras 2 y 3 se observa que no existen correlaciones entre los consumos de agua y la existencia de jardines. En la figura 2 se discriminó para cada estrato socio económico mientras que en la figura 3 se lo hizo para todos los estratos juntos. En ambos casos se consideró los datos de las 11 ciudades, sin agruparles por los rangos demográficos de grandes, medianas y pequeñas. La variación considerable entre los valores de CPC/est.s. Para los diferentes porcentajes de casas con jardín, dentro de un mismo estrato, muestra que no existe un patrón que evidencie que el consumo de agua sería afectado por el riego en los jardines.

Tomando en cuenta estos resultados se procedió a seleccionar los porcentajes de viviendas con jardín en función del tamaño de la población: grandes (30.000 a 150.000), medianas (8.000 a 30.000) y pequeñas (0 a 8.000) (Bayas, 2018).

El Anexo 2 y 3, describen a los datos con que se graficó a el porcentaje de viviendas con jardín (abscisas) y a el consumo per cápita de agua potable semestral CPC/est.s. (Ordenadas), de los cuatro estratos socioeconómicos.

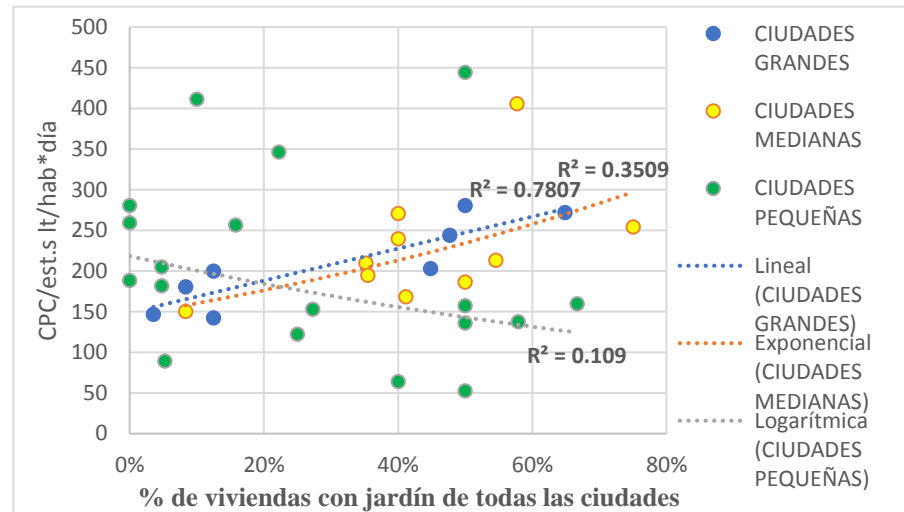
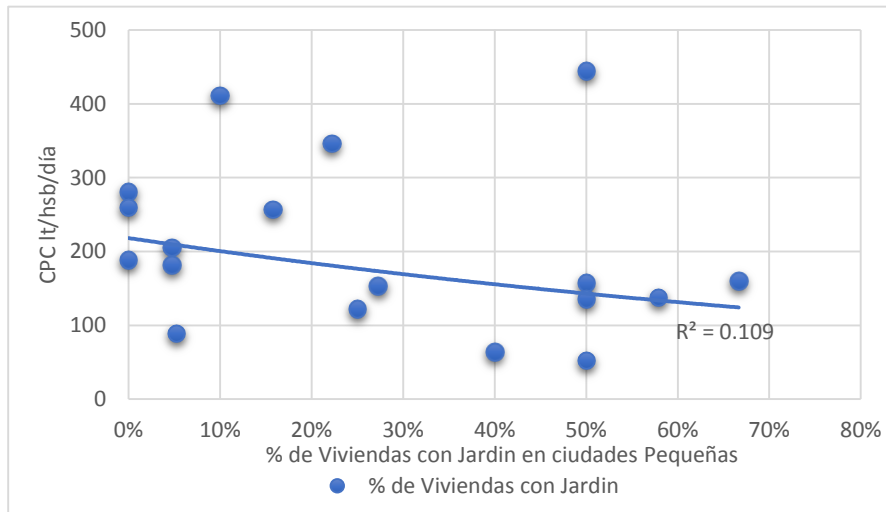
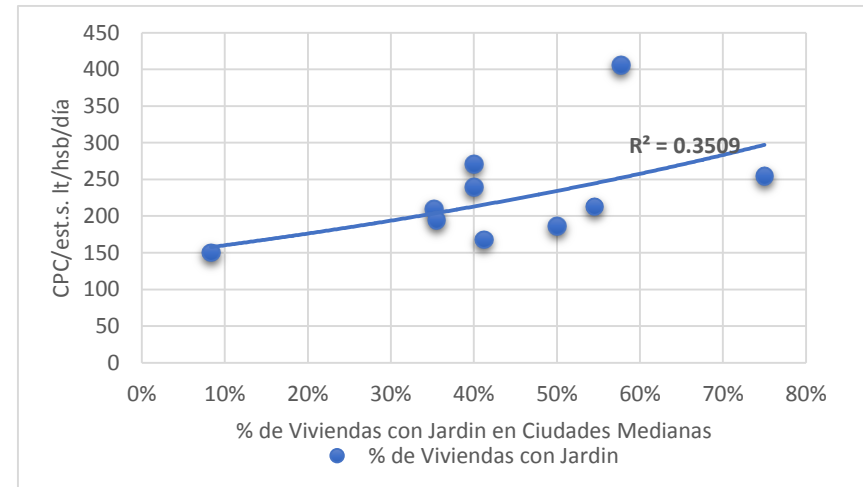
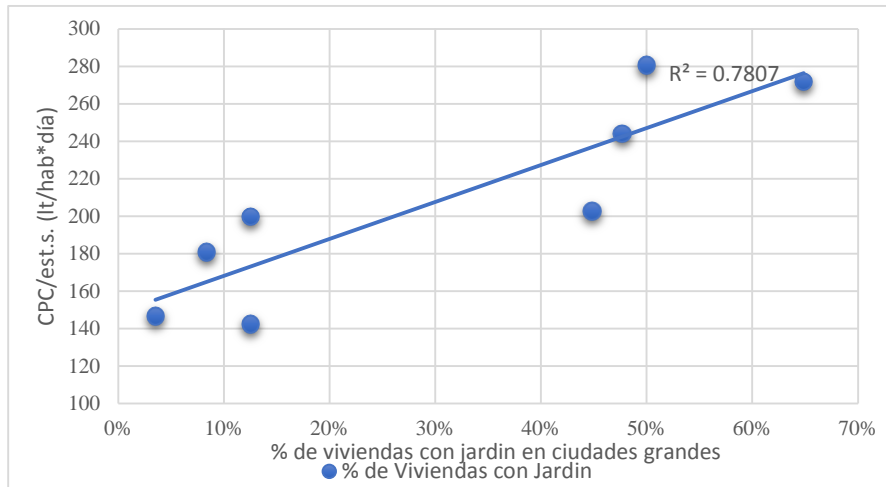


Figura 4.- CPC/est.s vs % de jardín en ciudades grandes

Figura 5.- CPC/est.s vs % de jardín en ciudades medianas.

Figura 6.- CPC/est.s vs % de jardín en ciudades pequeñas

Figura 7.- CPC/est.s vs % de jardín de todas las ciudades.

Se relacionó al porcentaje de viviendas con jardín en ciudades grandes, medianas y pequeñas con el consumo per cápita de Agua potable semestral. Aplicando un test de correlación lineal se encontró lo siguiente. Ver tabla 7.

Tabla 7.-  
Análisis de CPC/est.s. y Porcentaje de viviendas que tienen Jardín

<b>%</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>R</b>	<b>Relación</b>	<b>p-valor</b>
<b>De viviendas Con Jardín</b>				
Ciudades Grandes	0.72	0.8463	Muy Fuerte	0.0163
Ciudades Medianas	0.2773	0.5265	Considerable	0.1178
Ciudades Pequeñas	0.06493	0.2548	Media	0.3075

Valores de análisis en poblaciones de 0 a 150.000 habitantes

En las ciudades grandes: Riobamba y Ventanas, el consumo de agua potable y la cantidad de casas con jardín tienen una relación lineal fuerte y es estadísticamente significativa, mientras que en las ciudades medianas y pequeñas no muestran relaciones considerables y no son estadísticamente significativas.

La correlación lineal para las ciudades grandes es expresada a través de la siguiente ecuación:

$$y = 197.17 x + 148.48$$

Donde:

y: es el consumo de agua potable semestral

x: porcentaje de viviendas con jardín.

El consumo de agua en las ciudades grandes es directamente proporcional al porcentaje de viviendas con jardín, por lo que se confirma la presunción de que se utiliza el agua potable para el mantenimiento de jardines, como lo reportaron Dukes & Morote, en las ciudades medianas (8.000 a 30.000) existe una mínima incidencia, pero en las ciudades pequeñas (0 a 8.000), los jardines no tienen incidencia estadística.

## **5.2 El costo mensual del agua potable y el porcentaje de viviendas con jardín.**

El Anexo 3 y 4, describen a los datos con que se graficó a el porcentaje de viviendas con jardín (abscisas) y a el costo de agua potable (Ordenadas), de los cuatro estratos socioeconómicos. En las gráficas que se muestran a continuación, se refleja los modelos que se obtuvieron entre el pago per cápita del agua potable y el porcentaje de viviendas con jardín. Ver figura 9,10 y 11.

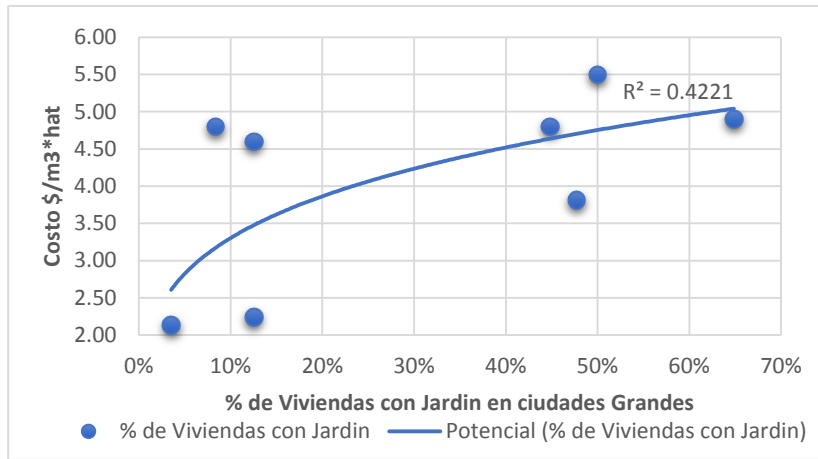


Figura 8.- Costo \$/m3\*hab en función del % de Jardines en ciudades Grandes.

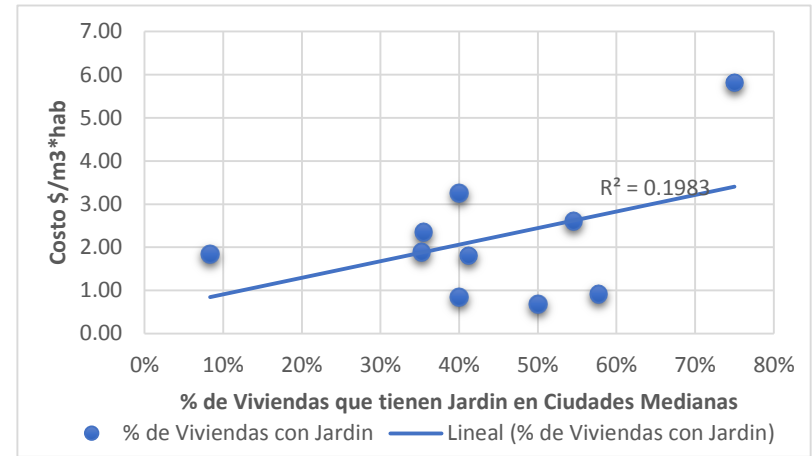


Figura 9.- Costo \$/m3\*hab en función del % de Jardines en ciudades Medianas.

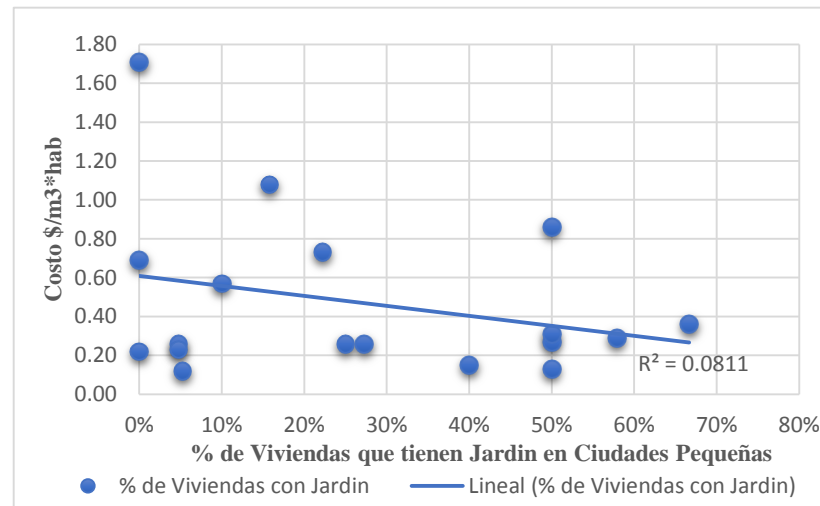


Figura 10.- Costo \$/m3\*hab en función del % de Jardines en ciudades pequeñas.

El procedimiento y análisis se lo realizo agrupando los datos de las ciudades grandes, medianas y pequeñas, relacionando así el porcentaje de viviendas con jardín y el costo per cápita mensual del m<sup>3</sup> de agua potable de los cuatro estratos socioeconómicos. Aplicando un test de correlación lineal se encontró lo siguiente (tabla 8).

Tabla 8.-  
Análisis de Costo del agua y Porcentaje de viviendas que tienen Jardín

<b>%</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>R</b>	<b>Relación</b>	<b>p-valor</b>
<b>De viviendas</b>				
<b>Con Jardín</b>				
Ciudades Grandes	0.4221	0.6496	Considerable	0.132
Ciudades Medianas	0.1983	0.4453	Media	0.197
Ciudades Pequeñas	0.0811	0.2848	Media	0.252

Valores de análisis en poblaciones de 0 a 150.000 habitantes

Las ciudades grandes: Riobamba y Ventanas, tienen una relación lineal considerable entre el pago per cápita mensual del m<sup>3</sup> de agua potable y la cantidad de casas con jardín, pero no es estadísticamente significativa. Las ciudades medianas y pequeñas no muestran relaciones considerables y no son estadísticamente significativas.

En poblaciones pequeñas (figura 10) los costos del agua potable por m<sup>3</sup> son inferiores a \$1 (excepto por un dato de los 17 totales). La tendencia muestra una línea negativa (R=0.29 y 0.25) que evidencia que no existe una correlación entre el precio del agua y la existencia de jardines. Por lo tanto, se muestra de la misma forma que los consumidores no necesariamente utilizan el agua potable para el riego de sus jardines y huertas. Por lo que sus consumos per cápita de agua potable semestral se podrían deber a otros factores. En virtud a esto, se puede contradecir la presunción de Bravo & Merino (2018). Por otro lado, para las ciudades grandes y medianas se podría aplicar el modelo tarifario desarrollado por Sahin (2017), con el fin de reducir sus consumos del agua potable cuando estas son usadas para la conservación de sus jardines.

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1 Conclusiones

De la investigación realizada podemos concluir:

- En las ciudades grandes (30.000 a 150.000 habitantes), el consumo de agua potable es directamente proporcional. Cuando aumenta la cantidad de casas que tienen jardín aumenta el consumo per cápita de agua potable. Se podría suponer que en dichas ciudades el agua potable es utilizada para la conservación de sus jardines. Mientras que en las ciudades medianas (8.000 a 30.000) y pequeñas (0 a 8.000) no ocurre lo mismo.
- Cuando se grafica las variables de consumo de agua y de existencia de jardín, en todas las ciudades separando los datos que corresponden a cada estrato socio económico, no se obtiene correlaciones gráficas ni estadísticas. Si se separa por rangos poblaciones se observa otra tendencia. Quiere decir que las diferencias demográficas evidencian diferentes tendencias de consumos de agua, y en este caso muestran también características particulares como la relación de jardines y consumos de agua en un solo tamaño demográfico.
- En las ciudades pequeñas (0 a 8.000 habitantes), a pesar de que el costo del m<sup>3</sup> de agua potable es menor a \$1, los consumos son relativamente elevados, pero el porcentaje de jardín existente en esas ciudades es pequeño, por lo que se deduce que el mantenimiento de jardines no incide en los consumos de agua potable. Esto podría deberse a que en las ciudades pequeñas existiría agua de riego.

## 6.2 Recomendaciones

- Con los resultados obtenidos, las empresas encargadas de la administración del agua, podrían desarrollar modelos tarifarios para las ciudades grandes y medianas con el fin de reducir los consumos del agua potable cuando estos son usados para el riego de jardines.
- Como investigación futura se podría realizar un estudio más a fondo para poder conocer en las ciudades medianas y pequeñas cual es el factor predominante para que existan los consumos tan elevados que se tiene.

## 7. REFERENCIAS

- 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.
- Arellano, A., Gonzáles, J., & Gavilanes, A. (2012). *Método de caracterización urbanística y socioeconómica para poblaciones menores que 150.000 habitantes*. Universidad Nacional de Chimborazo.
- Barreno, K. (2015). *Determinar la influencia de la situación socioeconómica, algunos factores meteorológicos y la calidad del agua, en el consumo de agua potable de la parroquia urbana del cantón La Joya de los Sachas perteneciente a la provincia de Orellana*. Universidad Nacional de Chimborazo.
- Bayas, A. (2018). Propuesta de dotaciones de agua potable para poblaciones menores a 150000 del Ecuador, basada en las características meteorológicas y socioeconómicas. Riobamba: Universidad Nacional de Chimborazo.



- Bravo, C., & Merino, A. (2018). Incidencia de los factores socio económicos en el consumo de agua potable, en poblaciones menores a 150000 habitantes en el Ecuador. Riobamba: Universidad Nacional de Chimborazo. Retrieved from
- Cáceres, E., & Rubio, V. (2015). *Efectos de los factores Socioeconómicos, climatológicos y de calidad del agua, que inciden en el consumo de agua potable, caso de estudio parroquias urbanas La Matriz y el Rosario del cantón Guano*. Universidad Nacional de Chimborazo.
- Carrillo, A., & Quintero, H. (2013). *Indicadores de cantidad y calidad del agua consumida en la ciudad de Riobamba*. Universidad Nacional de Chimborazo.
- García, J., Guzmán, E., & Fortis, M. (2006). Disponible en: *Demanda y Distribución Del Agua En La Comarca Lagunera, México, 40*(Marzo-Abril), 269–276.
- Haley, M., Dukes, M., & Miller, G. (2007). Residential irrigation water use in Central Florida. *Journal of Irrigation and Drainage ...*, (October), 427–434.
- INEC. (2016). Medición de los indicadores ODS de Agua, Saneamiento e Higiene (ASH) en el Ecuador.
- 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. Retrieved from
- Montenegro, D., & Tapia, Y. (2014). *Indicadores de cantidad y calidad del agua consumida en la ciudad de Macas*. Universidad Nacional de Chimborazo.
- Morillo, P., & Luna, M. (2013). *Determinación de indacadores de cantidad y calidad del agua consumida en la ciudad de Ventanas*. Universidad Nacional de Chimborazo.

- 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.
- Noriega, D. (2015). *Estudio del consumo de agua potable y de los principales factores que afectan la utilización del agua en el cantón Chambo, para optimizar el uso del recurso*. Universidad Nacional de Chimborazo.
- Patiño, J., & Pino, F. (2014). *Estudio del consumo de agua potable y de los principales factores que afectan la utilización del agua en el cantón Guaranda, para optimizar el uso del recurso*. Universidad Nacional de Chimborazo.
- Sagñay, L., & Carguachi, E. (2015). *Análisis comparativo entre las características socioeconómicas, climatológicas y el gasto de agua potable de las parroquias Guamote y Columbe*. Universidad Nacional de Chimborazo.
- Sahin, O., Bertone, E., & Beal, C. D. (2017). A systems approach for assessing water conservation potential through demand-based water tariffs. *Journal of Cleaner Production*, 148, 773–784.
- Samaniego, J., & Muela, R. (2015). *Análisis comparativo entre las características socioeconómicas, climatológicas y el gasto de agua potable de las parroquias de Cubijés y Quimiag*. Universidad Nacional de Chimborazo.

## 8. ANEXOS

### 8.1 Anexo 1. Poblaciones agrupadas según rangos demográficos.

*Poblaciones agrupadas según rangos demográficos*

<b>Rango demográfico</b> (habitantes)	<b>Nombre de la Población</b>
30.000 – 150.000	Riobamba Ventanas
8.000 – 30.000	Guaranda Macas Joya de los Sachas
0 – 8.000	Guano Quimiag Chambo Guamote Cubijies Columbe

Estos rangos se mantienen en toda la investigación

### 8.2 Anexo 2. Porcentaje de viviendas con jardín.

*Porcentaje de viviendas con Jardín*

<b>Rango Poblacional</b> (habitantes)	<b>Ciudad</b>	<b>Estrato</b>	<b>% de viviendas con Jardín.</b>
30.000 – 150.000	Riobamba	A	64.86
		B	47.69
		C	12.50
		D	3.51
	Ventanas	A	50.00
		B	44.83
		C	12.50
		D	8.33

8.000 a 30.000	Guaranda	A	54.55
		B	35.19
		C	41.18
	Macas	A	75.00
		B	40.00
		C	35.48
		D	8.33
	Joya de los Sachas	B	57.69
		C	40.00
D		50.00	
0 a 8.000	Guano	B	22.22
		C	50.00
		D	10.00
	Quimiag	B	66.67
		C	27.27
		D	50.00
	Chambo	B	0.00
		C	15.79
		D	0.00
	Guamote	B	4.76
		C	4.76
		D	0.00
	Cubijes	B	50.00
		C	57.89
		D	25.00
	Columbe	B	5.26
		C	40.00
		D	50.00

Estos valores representan a los de cada estrato de la población.

### 8.3 Anexo 3. Consumo per cápita de agua potable semestral

*Consumos semestrales de agua potable*

<b>Rango demográfico</b> (habitantes)	<b>Ciudad</b>	<b>CPC/est.s. Estrato A</b> (lt/hab*día)	<b>CPC/est.s. Estrato B</b> (lt/hab*día)	<b>CPC/est.s. Estrato C</b> (lt/hab*día)	<b>CPC/est.s. Estrato D</b> (lt/hab*día)
30.000 a 150.000	Riobamba	271.86	244.11	142.53	146.65
	Ventanas	280.81	202.88	199.80	180.72
8.000 a 30.000	Guaranda	213.40	209.68	168.28	
	Macas	254.11	239.66	194.78	150.28
	Joya de los Sachas		405.95	270.72	186.42
0 a 8.000	Guano		346.58	444.47	411.49
	Quimiag		159.62	153.09	157.23
	Chambo		280.76	256.70	259.30
	Guamote		205.05	181.61	188.57
	Cubijies		135.89	137.54	122.37
	Columbe		89.05	63.99	52.40

Promedio de consumos de los 6 meses de medición.

#### 8.4 Anexo 4. Pago per cápita de agua potable mensual.

*Pago per cápita mensual de Agua Potable*

<b>Rango demográfico</b> (habitantes)	<b>Ciudad</b>	<b>Estrato A</b> (\$/m <sup>3</sup> *hab)	<b>Estrato B</b> (\$/m <sup>3</sup> *hab)	<b>Estrato C</b> (\$/m <sup>3</sup> *hab)	<b>Estrato D</b> (\$/m <sup>3</sup> *hab)
30.000 a 150.000	Riobamba	4.90	3.81	2.24	2.14
	Ventanas	5.50	4.80	4.60	4.80
8.000 a 30.000	Guaranda	2.61	1.89	1.81	
	Macas	5.82	3.26	2.36	1.85
	Joya de los Sachas		0.92	0.85	0.68
0 a 8.000	Guano		0.73	0.86	0.57
	Quimiag		0.36	0.26	0.27
	Chambo		1.71	1.08	0.69
	Guamote		0.26	0.23	0.22
	Cubijies		0.31	0.29	0.26
	Columbe		0.12	0.15	0.13

Valores de pago mensual de cada población.