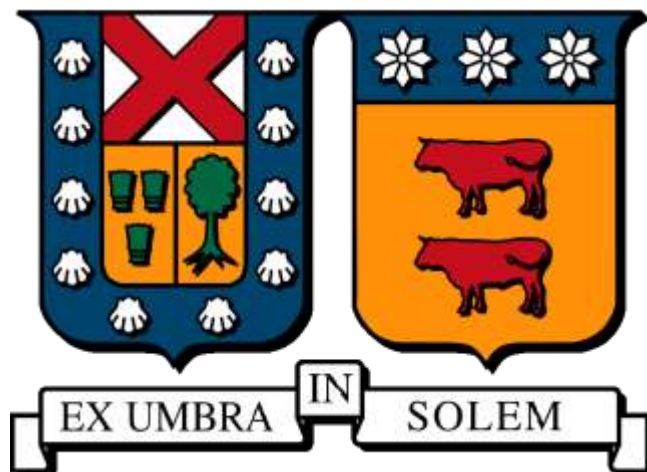


UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA COMERCIAL
VALPARAÍSO – CHILE



ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA DE AGUA POTABLE
URBANA DE USO RESIDENCIAL.

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO COMERCIAL

AUTOR

KATHERINE LÓPEZ GONZÁLEZ

PROFESOR GUÍA: JORGE CEA

PROFESOR CO REFERENTE: WALTER FRASER

MAYO DEL 2018

AGRADECIMIENTOS

Al final de esta larga etapa que comienza a finalizar sólo resta recordar a quienes significaron un impulso positivo tanto en la vida estudiantil como en la personal.

Agradecer a la institución por los conocimientos entregados y por esta gratificante experiencia, a todos mis amigos y amigas ganados en la universidad, simplemente gracias por poder contar siempre con ustedes en los buenos y malos momentos, alegrándome las jornadas y siempre ayudándome a tener una visión más optimista del futuro.

Agradecer a mis otros grandes amigos ganados en el transcurso de la vida, en especial a mi gran amiga Lisette, quien me brinda su apoyo incondicional en cada una de mis locuras. También a mis seres más queridos, quienes me apoyaron en todo momento y muchas veces significaron mi cable a tierra al momento de tomar decisiones cruciales.

No puedo dejar de dedicarles un párrafo especial a mis padres y hermanos, sin su cariño, apoyo y fe en mis capacidades no hubiera llegado de la misma forma a esta instancia de mi vida. También a Rodrigo que sin su paciencia, amor y apoyo durante este período, todo hubiera sido más aburrido y con menos encanto.

RESUMEN EJECUTIVO

Esta investigación explora el comportamiento del consumo de agua potable en Santiago de Chile, específicamente en la Comuna de Colina, utilizando para ello variables explicativas de carácter económico, sociodemográfico y climático.

Se expone aquí la metodología y los resultados del estudio transversal desarrollado. Se efectúa un muestreo no probabilístico para recolectar la información de una muestra de 100 hogares observados entre el 2010 y el 2016, aplicándose un proceso estadístico de análisis de correlación y regresión multivariada. Se estimó una función de demanda de agua potable utilizando el estimador de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO).

Los resultados permiten concluir que 5 variables, de un total de 8 inicialmente, resultan significativas para el modelo consumo de agua a nivel de vivienda, siendo estas: Tipo de casa en la que vive, Cantidad de integrantes en el hogar, Cantidad de baños que posee el hogar, Nivel de ingresos del grupo familiar y temperatura promedio mensual.

Los resultados sugieren que el modelo estimado, además de ser consistente, parece ser una buena aproximación empírica para la estimación económica de la demanda de agua para uso residencial urbano, obteniendo un R^2 de 69,54%.

Adicionalmente, se generan conclusiones y recomendaciones interesantes en el contexto de políticas públicas y en base a las futuras estimaciones.

TABLA DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN	9
PROBLEMÁTICA	11
OBJETIVOS	15
Objetivo General	15
Objetivos Específicos.....	15
CAPÍTULO I: ANTECEDENTES GENERALES	16
1.1. Las políticas sobre el Agua en Chile.....	16
1.2. Las Empresas sanitarias en Chile	19
1.2.1. Tarifas y subsidios.....	23
1.2.2. Sanciones aplicadas por la superintendencia de servicios sanitarios	23
CAPÍTULO II: ZONA DE ESTUDIO	24
2.1. Ubicación y Límites	24
2.2. Extensión Comuna de Colina.....	24
2.3. Clima	25
2.4. Geomorfología y Geología.....	26
2.5. Suelos	28
2.6. Hidrografía	29
2.7. Ordenamiento Territorial.....	31
2.8. Saneamiento (Alcantarillado).....	33
2.9. Agua Potable	34
2.10. Demanda de Agua	35
2.11. Cobertura de Energía Eléctrica y Alumbrado Público	37
2.12. Vivienda	38
2.13. Caracterización Social.....	40
CAPÍTULO III: MARCO TEÓRICO	41
3.1. Revisión de literatura	41
3.2. Factores que afectan el consumo de agua	41
3.2.1. Distribución y proyección de la población.....	43
3.2.2. Nivel de ingresos.....	44

3.2.3. Tamaño y composición del hogar	45
3.2.4. Tamaño y tipología de viviendas.....	46
3.2.5. Género y edad de la población	47
3.2.6. Tarifas: el precio del agua	48
3.2.7. Medidas ahorradoras y de conservación	50
3.2.8. Factores climáticos	52
CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA	54
4.1. Obtención de datos.....	54
4.2. Modelo de estimación de consumo de agua potable de uso residencial.....	55
4.3. Descripción de variables	55
4.4. Análisis inicial.....	57
4.5. Regresión lineal múltiple inicial	57
4.6. Construcción de modelo.....	58
4.7. Análisis de residuales	58
4.8. Normalidad del error	59
4.9. Verificación de Multicolinealidad.....	60
4.10. Verificación de Homocedasticidad	61
4.11 Autocorrelación.....	62
CAPÍTULO V: RESULTADOS	63
5.1. Análisis inicial (Correlación y tendencia).....	64
5.2. Regresión Lineal Múltiple (MRL) Inicial	68
5.3. Construcción del Modelo	70
5.3.1 Stepwise	70
5.4. Elección del modelo.....	73
5.5. Análisis de Residuales.....	74
5.5.1. Análisis de residuales de forma gráfica.....	74
5.5.2. Datos atípicos	74
5.5.3. Observaciones Influyentes	75
5.6. Normalidad del Error	77
5.7. Análisis de Multicolinealidad.....	80
5.8. Verificación de Homocedasticidad	80
5.9. Corrección Heteroscedasticidad	81

8.9. Modelo Final	82
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	84
RECOMENDACIONES	87
BIBLIOGRAFÍA.....	89
ANEXOS	92

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: Cobertura de los servicios de las sanitarias en Chile a diciembre 2015	21
TABLA 2: Estructura geomorfológica de la comuna.....	28
TABLA 3: Estadísticos descriptivos del modelo	63
TABLA 4: Correlación de Pearson	67
TABLA 5: Estimación de los coeficientes del modelo	68
TABLA 6: Resumen del modelo	68
TABLA 7: Resumen del modelo	70
TABLA 8: Coeficientes.....	70
TABLA 9: Resumen del modelo	71
TABLA 10: Coeficientes.....	71
TABLA 11: Mejores subconjuntos	72
TABLA 12: Diferencia entre los modelos.....	73
TABLA 13: Datos atípicos	75
TABLA 14: Observaciones influyentes	75
TABLA 15: Resumen del modelo	76
TABLA 16: Coeficientes.....	76
TABLA 17: Factor de inflación de la varianza	80
TABLA 18: Significancias de los parámetros	82
TABLA 19: Tabla ANOVA modelo final	83

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1: Distribución clientes de las empresas sanitarias Chilenas	22
ILUSTRACIÓN 2: Consumo mensual de agua potable en Colina	36
ILUSTRACIÓN 3: Temperatura media	64
ILUSTRACIÓN 4: Gráfica de dispersión y vs. x_2	65
ILUSTRACIÓN 5: Gráfica de dispersión y vs. x_3	65
ILUSTRACIÓN 6: Gráfica de dispersión y vs. x_4	66
ILUSTRACIÓN 7: Gráfica de dispersión y vs. x_7	66
ILUSTRACIÓN 8: Gráfica de dispersión y vs. x_8	67
ILUSTRACIÓN 9: Gráfica de dispersión de residuos.	74
ILUSTRACIÓN 10: Gráfica de probabilidad de residuo KS.....	77
ILUSTRACIÓN 11: Gráfica de probabilidad de residuos AD.....	78
ILUSTRACIÓN 12: Gráfica de probabilidad de residuos RJ	79

INTRODUCCIÓN

Desde el 2008, por primera vez, más de la mitad de la población mundial vivirá en zonas urbanas (United Nations Population Fund, 2007), consecuentemente, el análisis y el pronóstico de la demanda de agua a nivel urbano es fundamental, ya que su correcta estimación permitirá a los administradores de las ciudades diseñar de forma confiable y a bajo costo sus estrategias de expansión del servicio de agua potable.

La demanda de agua ha sido ampliamente estudiada en las últimas tres décadas, con un alto desarrollo en los Estados Unidos y en menor medida en Europa. El énfasis de la mayoría de los estudios se encuentra en la elasticidad precio e ingreso de la demanda, donde típicamente la tarifa tiene una estructura de bloques incrementales, lo que presenta amplios desafíos en la especificación de modelos y estimación. En Latinoamérica hay poca evidencia sobre la demanda de agua por el lado de los consumidores; no obstante, el propósito primo de estas investigaciones se centra en la búsqueda de un instrumento de mercado que ayude a minimizar el costo de lograr un consumo más eficiente del agua y que, por supuesto, redunde en una mejor distribución entre las demandas competidoras (por ejemplo, industrial y agrícola) al efectuar el cobro por el uso de la misma mucho más equitativo.

De acuerdo al desarrollo de la literatura en torno a la demanda residencial de agua, el precio del agua es el principal instrumento para controlar su demanda (Arbués et al, 2003). No obstante, en la práctica las empresas sanitarias son más propensas a utilizar incentivos no pecuniarios (enfoque de comando y control: restricción para ciertos usos y educación ambiental) para controlar la demanda, ya que se encuentran limitadas en el

manejo del precio del agua porque son reguladas por agencias gubernamentales, las cuales generalmente fijan la estructura de precio del agua con el objetivo de garantizar la recuperación de costos de la empresa sanitaria, la equidad y accesibilidad en la asignación del recurso en la población.

Existen otras variables económicas, sociales y ambientales que afectan la demanda de agua potable a nivel residencial y se espera que su impacto se acentúe en un futuro próximo: mayores tasas de crecimiento económico traducido en mayores niveles de ingreso, podrían incentivar una mayor demanda de agua; cambios en factores demográficos, como la tendencia a formar hogares de menor tamaño, influyen en un menor consumo de agua; y, factores ambientales como el cambio climático, podrían afectar patrones de comportamiento de variables climáticas como la temperatura y los niveles de pluviosidad, de tal forma que influyan en la demanda y oferta de agua para las zonas urbanas.

Este estudio está enfocado en identificar y cuantificar el efecto de los principales factores socioeconómicos y climáticos que influyen en el consumo de agua de uso residencial en los hogares de la Comuna de Colina, Región Metropolitana, el donde el suministro está a cargo de 5 concesionarios - Aguas Manquehue, Aguas San Pedro, Sembcorp Chacabuco, Aguas Colina y Aguas Santiago- que son las encargadas de proporcionar el servicio hacia los hogares. Se pretende generar Información adecuada para tener una mejor referencia acerca de los patrones de consumo de este recurso y poder así sugerir políticas para la valoración del mismo.

PROBLEMÁTICA

Chile es uno de los países privilegiados en cuanto a la disponibilidad de recursos hídricos de superficie a nivel mundial, y cuenta con una de las mayores reservas de este recurso en Campos de Hielo Norte y Sur, en la zona austral. Sin embargo, este patrimonio está irregularmente distribuido en el territorio nacional, a causa de las diversas condiciones físicas y climáticas. Mientras la zona norte es sumamente árida, con una disponibilidad de recursos hídricos de menos de 500 m³/habitante/año, en la zona sur existen zonas de gran abundancia, con niveles que superan los 160.000 m³/habitante/año. Por ello es que en la zona norte los conflictos por el acceso y propiedad del agua han confrontado históricamente a las comunidades locales indígenas y campesinas con las empresas mineras.

En este contexto de tensiones de acceso estructuralmente no resueltos, y dado que el modelo de gestión del agua en Chile está centrado en criterios de asignación y transacciones de mercado, los recursos hídricos han quedado sujetos a una fuerte presión, especialmente en las zonas donde son más escasos, teniendo como resultado que la “libre competencia” entre los diferentes usos y derechos de propiedad de las aguas ha favorecido la concentración de la propiedad de éstas en el sector eléctrico, minero y exportador, considerados motores del desarrollo nacional, en perjuicio del acceso al recurso para la mayoría de la población.

Este desigual ejercicio de asignación y derechos ha sido favorecido por el marco jurídico establecido en el Código de Aguas, que define simultáneamente al agua como un bien nacional de uso público y como bien económico, lo que faculta su gestión según las pautas y códigos de la propiedad privada, resguardada constitucionalmente. Esta definición

promueve la regulación del uso y acceso a los recursos hídricos principalmente a través del “mercado del agua”, donde prima la dinámica de la oferta y la demanda, por encima de la satisfacción de las necesidades de la población y los debidos resguardos ambientales que se requieren para asegurar la existencia de un recurso vital y escaso como el agua.

Los derechos de agua en Chile, luego de ser concedidos por los privados, son concedidos gratuitamente y a perpetuidad, existiendo gratuidad en el mantenimiento, tenencia y uso del recurso. No existen cobros diferenciados por el uso del agua, ni impuestos específicos, ni pagos por descargas de aguas servidas, salvo en sectores urbanos e integrados a la red de alcantarillado. El pago por “no uso” de los derechos de agua que se estableció recientemente en la reforma del Código de Aguas, en donde se pretende sólo desincentivar su acumulación ociosa; por tanto si bien motivará a que se utilicen los derechos de agua acumulados en pocas manos, también multiplicará los proyectos en base a recursos hídricos para librarse del pago y acelerará las transacciones del mercado del agua, generándose una presión aún más intensa sobre las cuencas, parte importante de las cuales no solo ha perdido su caudal ecológico, sino muchas de ellas están en franco colapso por contaminación o secamiento.

La demanda de agua se ha convertido a lo largo de los últimos años y, en especial en el nuevo siglo, en uno de los principales problemas a nivel mundial, a medida que numerosos y variados factores confieren que el análisis del agua sea una importante preocupación para los ciudadanos. El primero de ellos, es el hecho de que hemos presenciado una mejora de la actividad económica y del bienestar general que han provocado de un modo incesante las demandas de servicios de agua para todos los usos, además, los impactos del cambio climático ya se están sintiendo en diferentes partes del

planeta, y en nuestro país no es la excepción. Eventos de escasez hídrica y sequías prolongadas; eventos climáticos extremos como intensas lluvias que provocan inundaciones y aluviones; olas de calor y otros eventos como los incendios forestales, se tornarán cada vez más frecuentes y severos, como consecuencia del cambio climático, convirtiendo lo que históricamente han sido situaciones excepcionales en desafíos permanentes para el país y condicionando gravemente la seguridad del abastecimiento del recurso hídrico.

Para el año 2050, se estima un incremento entre 1°C y 2°C en las temperaturas máximas, y una disminución de un 20% de las precipitaciones y un 14% del caudal de los ríos, en la Región Metropolitana. Desde la advertencia, casi como predicción, las localidades aledañas a Santiago comenzaron a sufrir el drama de la sequía.

Todos estos impactos implican graves consecuencias para los sistemas humanos, incluyendo daños en viviendas e infraestructura, pérdidas económicas para diferentes sectores, aumento en las necesidades de gasto público para responder a eventos extremos, elevados costos de vida para el consumo de bienes básicos (alimentos, agua, energía), entre otros. Dado que las proyecciones para mediados de siglo indican una agudización de los impactos del cambio climático y de sus efectos sobre la sociedad y en la disponibilidad de recursos naturales críticos, se compromete así la capacidad de las futuras generaciones a desarrollarse de forma sustentable, asegurando lograr una mejor calidad de vida y bienestar.

Actualmente, la mayor demanda de agua potable en Chile se produce en la Región Metropolitana (50,5%), donde se concentra alrededor del 40% de la población nacional. Le siguen las regiones V y VIII, con un consumo de 11,7 y 8,8%, respectivamente.

Es por eso que se abordará dicha problemática en la Región Metropolitana específicamente en la Comuna de Colina, siendo ésta una de las comunas que ha tenido un explosivo crecimiento inmobiliario en los últimos años (Se estima que en 2020, y en sólo una década, la población de la localidad habrá aumentado en 100 mil habitantes, los que se concentrarán en los sectores de Piedra Roja, Valle Norte y La Reserva). De este modo se buscará determinar un modelo que pronostique el consumo de agua potable por hogar incluyendo variables de tipo social, económica y climatológica.

OBJETIVOS

Objetivo General

Estimar la demanda de agua de uso residencial en la Región Metropolitana, específicamente en la comuna de Colina, con micro datos de consumo de hogares obtenidos mediante aplicación de encuestas y proporcionados por la Superintendencia de Servicios Sanitarios para el periodo 2010 - 2016.

Objetivos Específicos

- Identificar, analizar y cuantificar el efecto de los diferentes factores sociales, económicos, demográficos y climatológicos que influyen en el consumo de agua potable en los hogares de la comuna de Colina.
- Generar información adecuada para tener una mejor referencia de los patrones de consumo.
- Entregar recomendaciones a los diferentes actores sobre resultados de la investigación y aspectos a considerar en las estimaciones de demanda futura de agua urbana.

CAPÍTULO I: ANTECEDENTES GENERALES

1.1. Las políticas sobre el Agua en Chile

Las políticas públicas en materia de recursos hídricos favorecen la gestión del recurso en base a criterios de mercado, si bien la legislación y las condiciones político-económicas que favorecieron esta situación fueron instaladas por el propio Estado, durante el gobierno militar, a través –entre otras medidas- de la creación del Código de Aguas en 1981. El Código de Aguas vigente creó una nueva categoría de derechos: consuntivos y no consuntivos. La diferencia entre ambos tipos de derecho es de naturaleza principalmente legal, y dice relación con la presencia o ausencia de un compromiso por parte del usuario de devolver un caudal al río. El derecho consuntivo se refiere al derecho de consumo de aguas, sin que puedan reutilizarse superficialmente. Es el caso de los derechos solicitados para riego, minería, industria y uso doméstico. Sin embargo, siempre una fracción muy significativa de los usos consuntivos retorna al cauce, ya sea en forma localizada o difusa, lo que apareja problemas de contaminación.

Por su parte, los derechos no consuntivos se refieren a aquellos que se solicitan para utilizar el agua sin consumirla, como es el caso de los proyectos hidroeléctricos. Estos derechos exigen a devolver las aguas a los ríos, sin perjudicar a los usuarios existentes aguas abajo. Sin embargo, la normativa es débil para fiscalizar la existencia de perjuicios a los usuarios de las partes bajas de las cuencas; y las políticas públicas han favorecido la aprobación de emprendimientos energéticos aun cuando en el caso de las represas existen daños evidentes a la comunidad y al medio ambiente.

En segundo lugar, el Código de Aguas define el recurso como “bien nacional de uso público” y “bien económico”, al mismo tiempo; y autoriza la privatización del Agua a través de la concesión de derechos de uso gratuitamente y a perpetuidad. El derecho de uso se otorga a los particulares según las disposiciones establecidas en el Artículo 5 del mismo Código. En la legislación chilena, dicho derecho es un bien jurídico definido como un derecho real; es decir, un derecho que recae sobre las aguas y consiste en el uso y goce de ellas por parte del titular, con los requisitos y en conformidad a las reglas que prescribe el Código de Aguas (Art. 6).⁹ El titular que obtiene el derecho de aguas, según la legislación chilena, debe declarar dónde y cuándo usará el agua, sea para los fines primeros para los cuales solicitó los derechos de aprovechamiento o para usos alternativos posteriores, pudiendo mantener en forma indefinida dicho derecho sin utilizarlo. Desde la reforma del Código de Aguas existe un pago por la no utilización de este derecho, pero el Código descartó el sistema de gravámenes a los derechos de agua y no impuso otras costosas tarifas para la concesión de nuevos derechos ni para su goce en el tiempo.

Los derechos concedidos por el Estado están amparados por las garantías constitucionales respecto del derecho de propiedad. En el artículo 24 de la Constitución Política de Chile se declara que “Los derechos de los particulares sobre las aguas, reconocidos o constituidos en conformidad a la ley, otorgarán a sus titulares la propiedad sobre ellos”. Junto con ello, el Código de Aguas separa la propiedad del agua del dominio de la tierra, permitiendo la libre compra y venta, sin proteger a las comunidades del despojo de los recursos hídricos en su territorio. En definitiva, puede decirse que el país permite la concesión gratuita de los derechos de agua, sin costos por su mantenimiento o tenencia del recurso, en su uso, y sin exigir compensaciones por la generación de efectos externos. El

Código de Aguas, desde 2005, exige acreditar el uso de los derechos de agua concedidos; pero no retira el derecho por no uso de los recursos, sino que exige el pago de una patente si se acumulan derechos de agua, y estos no son utilizados.

Por lo tanto, la redistribución del recurso se hace a través de transacciones en el mercado. Una vez concedidos los derechos de uso, el Estado no interviene más, salvo verificar que se están usando. El sistema de concesión de derechos ha favorecido a las grandes empresas y al sector exportador, en perjuicio de los derechos de la población y las comunidades de acceder a un recurso fundamental para la vida. Ello se ha traducido en una concentración progresiva de la propiedad de los recursos, problemas de acceso a la población, alzas de tarifas y agudización de los problemas de stress hídricos y destrucción irreversible de cuencas en muchas regiones donde el recurso es escaso.

Además de los impactos que afectan a las poblaciones y comunidades locales, la concentración de la propiedad de las aguas en pocas manos, ha hecho más crítico y conflictivo el acceso al agua para consumo humano, debido a las fuertes alzas de tarifas que significó la privatización de las empresas sanitarias.

Según las cifras recopiladas por organismos no gubernamentales en Chile, y en particular de la organización de consumidores ODECU, existen diferencias de hasta 400% entre las tarifas de agua a lo largo del país, concentrándose las mayores alzas en la zona centro norte. Una consecuencia directa de estas alzas ha sido la reducción del consumo de agua potable, no por una mayor eficiencia en el uso del recurso, sino debido a que los hogares no cuentan con los ingresos suficientes para pagar su consumo normal de agua potable.

La evidencia muestra que la participación del sector privado no ha significado un mejoramiento de la cobertura ni del acceso a los recursos hídricos para la población. Los usuarios pagan además, el 100% del costo del tratamiento de aguas locales, lo que constituye una fuente de ingresos permanentes adicionales para las empresas, muy superiores a la inversión inicial. Para resolver el problema de acceso a los servicios sanitarios en los sectores de menores ingresos, el Estado otorga un subsidio directo a las familias para el pago de ellos, lo que constituye una forma de subvención indirecta para las empresas.

1.2. Las Empresas sanitarias en Chile

Las empresas del sector sanitario corresponden a aquéllas que proporcionan al menos uno de los siguientes 5 servicios¹:

- Servicio de agua potable:
 - i. Producción de agua potable: captación del agua bruta desde fuentes superficiales (embalses y ríos) y fuentes subterráneas (manantiales y pozos) para su posterior potabilización.
 - ii. Distribución de agua potable: suministro del agua potable a los consumidores a través de la red de abastecimiento.
- Servicio de alcantarillado:
 - iii. Recolección de aguas servidas: captación del agua utilizada por hogares, comercios e industrias a través de la red de alcantarillado.

¹ Cabe destacar que la mayoría de las empresas chilenas hoy en día ejercen los 5 servicios mencionados, salvo contadas excepciones que, por ejemplo, poseen la concesión sólo para la producción de agua potable (Lago Peñuelas S.A. en V Región) o sólo la disposición y tratamiento de aguas servidas (Tratacal S.A. en Calama).

iv. Tratamiento de aguas servidas: procesamiento y reciclaje del agua servida (no todas las sanitarias desarrollan esta parte del proceso).

v. Disposición de aguas servidas: reintegración del agua al medio natural (ríos, arroyos y mar) con el menor impacto posible para el entorno.

El sector sanitario se caracteriza por constituir un típico ejemplo de monopolio natural, vale decir, debido a los altos montos de inversión en infraestructura que se requieren para incurrir en la industria (caracterizada por su vida útil relativamente larga, sin uso alternativo y presencia de importantes economías de escala) es que se hace insostenible que entre una segunda firma a competir en el mercado. Debido a esta razón, sumada a la creciente participación de agentes privados en un sector antiguamente de carácter estatal y a las asimetrías de información presentes, es que se hace necesaria una estricta regularización y fiscalización del sector. Este rol en Chile es ejercido por la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS), cuyas funciones se resumen en:

- Fijación de tarifas.
- Otorgamiento de zonas de concesión a las sanitarias para ejercer alguno(s) de los 5 servicios mencionados anteriormente.
- Fiscalización de servicio entregado por las sanitarias.
- Control de residuos industriales líquidos (riles).

En términos cuantitativos, a Diciembre de 2016, se contabilizan 60 sanitarias urbanas a lo largo del país, logrando las siguientes cifras:

Tabla 1: Cobertura de los servicios de las sanitarias en Chile a Diciembre 2015

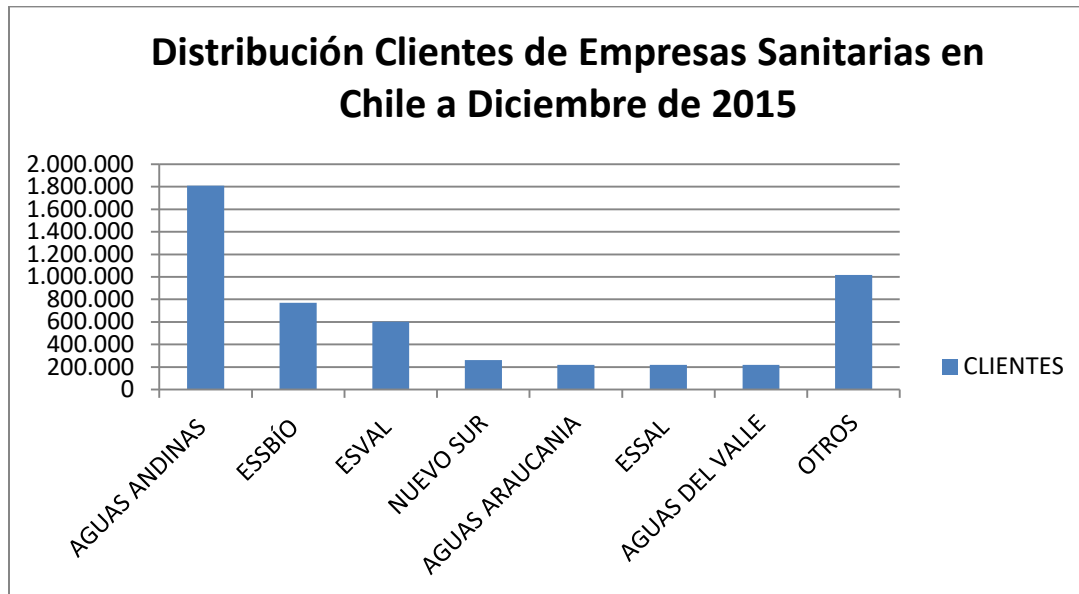
Variable	Magnitud
Cobertura Urbana Agua Potable	99,90%
Cobertura Alcantarillado	96,80%
Cobertura Tratamiento Aguas Servidas	99,80%

Fuente: Elaboración propia, en base a datos de SISS.

Las áreas rurales son abastecidas, en general, por cooperativas y comités de agua potable rural; la mayoría de los cuales forman parte del Programa de Agua Potable Rural del Ministerio de Obras Públicas y no se encuentran sometidos al marco regulatorio aplicable a las concesionarias. A diciembre de 2016 se contabilizaban más de 1.700 servicios de agua potable rural.

Con respecto al número de clientes de las empresas sanitarias, a diciembre de 2016, el total de clientes registrado por las empresas sanitarias que operan en zonas urbanas alcanza a 5.256.206, de los cuales un 99,6% es atendido por alguna de las 28 principales empresas del sector. Lo anterior involucra a 138.283 nuevos clientes respecto del año anterior, con un crecimiento de 2,7%. Su distribución se puede apreciar en el siguiente gráfico:

Ilustración 1: Distribución clientes de las empresas sanitarias chilenas



Fuente: Elaboración propia, en base a datos de SISS.

El 96,05% de los clientes del sector es atendido por empresas operadoras de propiedad privada, mientras que un 3,95% corresponde a usuarios de concesionarias del Estado, de municipalidades o cooperativas.

Para el 2016, el consumo promedio mensual por cliente fue de 18,3 metros cúbicos (m³), en tanto que el consumo total de agua potable en los centros urbanos del país fue de 1.150 millones de m³, superior en 1,99% respecto de 2015. Los mayores consumos por cliente se registran en empresas de la Región Metropolitana como Aguas Manquehue y Sembcorp Aguas Santiago; mientras que los menores consumos se registran en empresas menores como ESSSI, Melipilla Norte y COSSBO. Por su parte, la dotación promedio en el año 2016 fue de 136 litros de agua potable por habitante al día.

1.2.1. Tarifas y subsidios

La variación promedio de las cuentas de 20 m³ de las categorías mayores y medianas fue de 0,8% entre diciembre de 2015 y diciembre de 2016. Las variaciones en pesos oscilan entre \$460 en Esval (Algarrobo) y \$118 en ESSBIO VIII (Concepción). En la categoría menores, en tanto, las cuentas de 20 m³, variaron en promedio en un 3,45% entre diciembre de 2016 y diciembre de 2015. Estas variaciones obedecen principalmente a:

- La aplicación de la Ley N° 20.780 de fecha 01.10.2014, que estableció un aumento transitorio a la tasa de tributación del impuesto de primera categoría, siendo para el año 2016 del 24%, la cual se adecuará en los siguientes años, hasta alcanzar la tasa de tributación definitiva de la citada Ley.
- Variación de los índices de precios.
- Nuevos decretos tarifarios para las empresas: Aguas San Pedro (San Pedro-Coronel), COOPAGUA y SMAPA.

En cuanto a la aplicación del subsidio para el agua potable, para el año 2016, éste benefició a más 730.000 familias, que corresponden al 14% de los clientes de servicios sanitarios del país, representando un 5,2% de los ingresos por venta del sector.

1.2.2. Sanciones aplicadas por la superintendencia de servicios sanitarios

Durante el año 2016 fueron aplicadas 99 multas a Empresas Sanitarias por un monto total de 9.865 UTA, equivalentes a 5.467 millones de pesos, siendo la principal causa de dichas sanciones el incumplimiento a la Calidad del Servicio con un 83,84% del total.

CAPÍTULO II: ZONA DE ESTUDIO

2.1. Ubicación y Límites

La Comuna de Colina se encuentra localizada en el sector nor-este de la Región Metropolitana, a 28 Km. al norte de Santiago, encontrándose delimitada por la latitud 32°21' y 32°57' sur y en las longitudes 70°24' y 70°10' oeste. Pertenece, junto a las comunas de Lampa y Til-Til, a la Provincia de Chacabuco, siendo Colina la capital provincial. Sus límites administrativos son:

- Norte: V Región
- Sur: Comunas de Huechuraba y Quilicura
- Oriente: Comuna de Lo Barnechea
- Poniente: Comunas de Lampa y Til – Til.

2.2. Extensión Comuna de Colina

Su superficie total es de 96.650 hectáreas, de las cuales 65.500 corresponden a superficie montañosa, y las 31.150 hectáreas restantes son superficies planas o de pendiente inferior al 10%. Porcentualmente, esto significa que el 67,8% de la superficie comunal se presenta con relieves abruptos, en tanto el 32,2% de superficie restante se presenta plana o con baja pendiente. La superficie de la comuna de Colina es mayor en relación a las

comunas de Lampa y Til-Til ocupando el 46,85% de la superficie provincial y un 6,41% de la superficie regional.

2.3. Clima

La cuenca de Santiago, donde se ubica gran parte del territorio de Colina, se caracteriza por tener un clima mediterráneo marino, con una temperatura media anual de 13,9 °C, presentando una máxima media del mes más cálido en Enero con 29° C y una mínima del mes más frío de 2,8° C. El período libre de heladas aprovechable es de 5 meses desde noviembre a marzo.

Las precipitaciones se caracterizan por presentar una media anual de 380 mm. La evaporación llega a 1.374 mm en el año. La estación seca es de 6 meses desde noviembre a abril. La comuna de Colina, de acuerdo a datos obtenidos de las estaciones meteorológicas de la Siderúrgica Aza y de la Estación de Lo Pinto registra precipitaciones medias de 325 mm anual.

En relación a la sensibilidad de la ventilación, se observan en la comuna diferentes zonas, las cuales son: áreas de acumulación de aire frío nocturno, ubicadas en la cuenca norte, en la intersección de las cuencas y en la cuenca sur; las áreas de llanuras y valles amplios con baja ventilación, los cuales se desarrollan en la depresión intermedia y las áreas de cumbres elevadas y cordones montañosos, las cuales se ubican en la cordillera. Se destaca también en el territorio comunal, una zona que cumple con la función regeneradora por aporte de aire fresco durante la noche. Esta zona corresponde a laderas o cuencas que se extienden, desde el valle hasta 1200 metros sobre el nivel del mar, específicamente en el

pie de monte andino. La función regeneradora de aire se debe a que al estar más alto tienen mejor ventilación y por lo tanto vierten aire limpio hacia la cuenca (Diagnóstico DIA PRC Colina 2008).

2.4. Geomorfología y Geología

La comuna de Colina se ubica en la unidad morfológica denominada Depresión Intermedia, que cubre en gran parte la Cuenca de Santiago. Esta depresión está rellena principalmente por sedimentos de tipo aluviales y en una menor proporción por materiales asociados a actividad volcánica. La Cuenca limita al norte por el cordón El Manzano y al sur por los cerros de Angostura de Paine. Posee una extensión de 80 Km. en su eje Norte – Sur y un ancho promedio de 35 Km en su eje Este-Oeste. Su superficie se encuentra ocupada por el área urbana de Santiago, con una altitud media de 520 m.s.n.m. Se caracteriza porque está interrumpida numerosas veces por relieves transversales. Su aspecto es el de una meseta llana con una leve inclinación hacia el oeste.

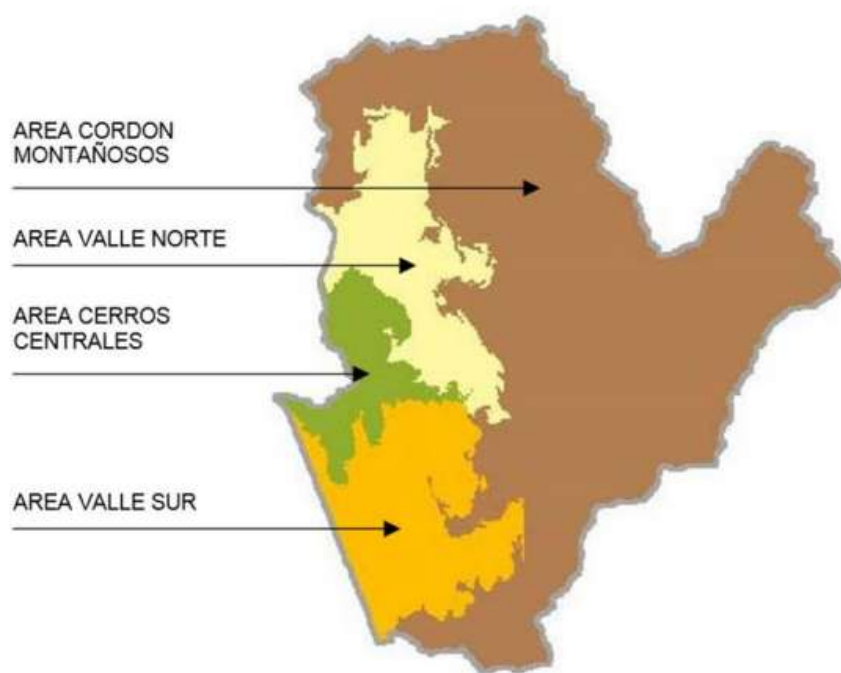
La estructura geomorfológica de la comuna permite reconocer las siguientes áreas homogéneas:

- Área Cordón Montañoso. Área concentrada principalmente hacia el oriente de la comuna, cuya superficie alcanza las 64.660 hás, lo que representa cerca del 66% del territorio comunal. Esta zona se caracteriza por presentar pendientes superiores al 10%, condición que restringe su acceso y ocupación, lo que explica su actual despoblamiento.

- Área Cerros Centrales. Área emplazada en el centro de la comuna en el sentido norte sur, en el borde poniente de la misma, alcanza las 6.300 hás. Se caracteriza por presentar pendientes superiores al 10%, a excepción de algunos pequeños valles interiores emplazados sobre la cota 700. Al igual que el área montañosa, es un sector de difícil acceso y ocupación, y actualmente se encuentra despoblada. La relevancia de éste sector radica en que divide el valle central de la comuna en dos subsectores en el sentido norte sur.

- Área de Valles. Como se indicó anteriormente, el territorio de ésta área está configurado por el área montañosa, y a su vez segregado en dos partes por el área de cerros centrales, dando origen a los valles Norte y Sur. Ambos subsectores se caracterizan por presentar pendientes que no superan el 10%, situación que les otorga un alto potencial para la ocupación y/o emplazamiento de asentamientos humanos y actividades afines. En cuanto a la superficie, el valle norte cuenta con 11.380 hás, en tanto que el valle sur alcanza las 13.820 hás. Por otra parte, la estructura espacial de la comuna de Colina permite identificar dos subzonas claramente divididas por las condiciones topográficas del territorio, dando origen a lo que hemos denominado Cuenca Norte y Cuenca Sur, en respuesta a su localización geográfica.

Tabla 2: Estructura geomorfológica de la comuna



Fuente: Memoria plan regulador comunal 2008

2.5. Suelos

En la comuna de Colina predominan los suelos de textura fina, estos poseen en general un buen drenaje, el que se modifica por las condiciones limitantes que aparecen hacia el SW de la comuna, al pasar del cono de deyección regular al glacis. En este sentido, el río Colina ha dado origen a suelos con aptitud agrícola y drenaje relativamente bueno hacia el oriente, mientras que hacia el sur-oeste, el nivel freático superficial da origen a suelos salinos de mal drenaje.

Las series de mayor representación en la comuna de Colina corresponde a los suelos Polpaico, Rungue, Quilapilún, Colina, Guayguay, Chicureo, Totoral, La Vilana, Liray, Urraca, Batuco y Cotuba. En el norte de la comuna se encuentran las series Polpaico, Rungue y Quilapilún, lo que corresponde a sectores como San Francisco, Chacabuco y El

Colorado. Estos se caracterizan por estar dentro del cono de deyección de Quilapilún. La serie Quilapilún corresponde al sector del estero Quilapilún y del estero Peldehue, correspondiendo al cono de deyección de Peldehue. (Diagnóstico DIA PRC Colina 2008).

El uso agrícola predominante son los cultivos de hortalizas y chacras y los frutales, principalmente viñedos, olivares y tunales. En estos sectores se observan muchos potreros en barbecho o descanso, que representan importantes zonas reguladoras del flujo hídrico del suelo.

La comuna de Colina posee una superficie de 96.650 hectáreas, de las cuales 16.124 corresponden a suelos de clase agrícola I, II y III (16,68%). Posee por tanto 80.526 hectáreas de suelo de baja aptitud agrícola (83,32%). Considerando la superficie plana de la Comuna, podemos decir que el 51,7% de esta posee aptitud agrícola (Plano 7). Los suelos de clase I, II, y III presentan muy buenas condiciones de uso y adaptación de los distintos cultivos que pueden darse en un área (asociado a las condiciones climáticas).

2.6. Hidrografía

La comuna de Colina comprende la hoya hidrográfica del estero de Colina, la que junto a la del estero de Lampa y parte de la hoya del río Mapocho conforman la hoya hidrográfica del río Maipo.

La comuna cuenta con aproximadamente 123 pozos profundos, los cuales pertenecen a grandes y medianas empresas, algunas a comunidades y pequeños campesinos. Debido a la sequía que afecta a gran parte del País, Colina ha sufrido una baja en sus napas subterráneas, lo que ha dejado sin agua a algunas localidades y agricultores.

En muchas localidades se han tenido que profundizar los pozos para bebida humana y riego. La actividad industrial también afecta al recurso agua y no se tienen datos reales de la contaminación que pudieran causar las industrias cercanas a los pozos.

En la red hidrográfica del territorio de Colina se distingue el Estero Colina, el cual se caracteriza por originarse a 2000 m.s.n.m. en la confluencia de la Quebrada los Tambillos con el Estero Escalones. Su escurrimiento es de tipo mixto y proviene tanto de deshielos como de las lluvias. Sus caudales máximos de deshielos se producen en el mes de noviembre. A su vez, los caudales máximos producidos por las lluvias presentan altos valores pero bajos volúmenes. Al salir al valle su hoya es de 300 km². presenta pendientes muy fuertes y un cauce ancho y encajonado con apreciable depósito de transporte sólido. Alrededor de 10 Km. aguas arriba de Colina, el estero es desviado totalmente para riego, de este modo más abajo el río se presenta comúnmente seco. Entre la Carretera San Martín y la Panamericana Norte las pendientes son un poco más suaves y el cauce en lugar de ir ensanchándose va disminuyendo, como asimismo en lugar de profundizarse va disminuyendo en altura. Otros Esteros con pequeñas redes hidrográficas independientes son el Estero Chacabuco y el Estero Quilapilún, los cuales alimentan el área agrícola de la cuenca norte. Por último, el Estero Los Patos, ubicado en la cuenca sur, entre las hoyas del Estero Colina por el norte y el Estero Las Cruces por el sur, es muy pequeño y drena alrededor de 130 km². Desaparece en un área inundada y pantanosa frente al Cerro Pan de Azúcar. Para las aguas subterráneas se identifican los acuíferos protegidos por ley, por ser un recurso escaso en esta zona.

Se destaca, en la comuna de Colina, como zona con función hídrica relevante a aquella ubicada en la pre-cordillera, la cual es una limitación que caracteriza al pie de

monte cordillerano andino, por ser esta unidad una interfase entre la zona de pronunciadas pendientes del sector cordillerano y el plano de inundación de Santiago, esta zona cumple una función reguladora del ciclo hidrológico, escorrentía, infiltración, alimentación de napas freáticas y reducción de la velocidad de escorrentía.

2.7. Ordenamiento Territorial

En primer lugar es necesario entregar algunos antecedentes acerca del diagnóstico realizado para el Plan Regulador Comunal de Colina 2010, el que debió incluir los cambios introducidos por la Modificación N°71 al PRMS y además determinó macroáreas tanto urbanas como no urbanas para la comuna.

Según el PRC Colina 2010, en la comuna de Colina se identifican claramente las siguientes macroáreas:

- Áreas de Preservación Ecológica: Territorios definidos por el Plan Regulador Metropolitano de Santiago para la comuna de Colina, cuyo objetivo es preservar la naturaleza de dicho territorio. Esta área se emplaza principalmente en los cerros y cordones cordilleranos ubicados hacia el oriente de Colina, por lo que representa una importante superficie de la comuna.
- Áreas de Explotación Agrícola: Áreas que abarcan gran parte del territorio plano emplazado en la cuenca norte de la comuna, territorio que exhibe una muy baja ocupación y cuyo mayor potencial responde a la explotación agrícola del suelo, principal actividad productiva de la comuna, reconocida y protegida por los instrumentos de planificación territorial que actualmente rigen sobre la comuna.

- Áreas Agroresidenciales: Áreas que abarcan gran parte del territorio plano emplazado en el valle central de la cuenca sur de la comuna, territorio que actualmente presenta prácticamente el 100% de ocupación con usos residenciales, aunque en baja densidad y nivel de consolidación (Loteos y urbanizaciones de parcelas de agrado).

Independientemente y sin perjuicio de la caracterización de subsistemas urbanos realizada en el Diagnóstico Comunal del PRC, se clasifican los distintos centros poblados en función de sus características particulares respecto de emplazamiento, rol y carácter. Es así como existen las localidades urbanas emplazadas sobre el eje de la Ruta Los Libertadores, que cuentan con límite urbano según el PRMS MODIF. 71 vigente, siendo las principales:

- Casas de Chacabuco. Localidad caracterizada por su condición histórica fundacional de la comuna, emplazada en el acceso norte de la comuna, y concentradora de los escasos equipamientos de la cuenca norte de la comuna, y asociada directamente con el área industrial proyectada por el PRMS, condición que permite proyectarla como cabecera de dicho territorio.

- Quilapilún, El Colorado, San José y Liray. Localidades que dado su nivel de consolidación adquieren la condición de área urbana otorgada por el PRMS. Están emplazadas en el centro de áreas agrícolas de los valles de la cuenca norte y sur de la comuna. Poseen un rol netamente residencial y cuentan con equipamiento, dependiendo funcionalmente de la centralidad principal de Colina.

- Colina – Esmeralda. Sistema urbano con un marcado rol de cabecera comunal, emplazado en el centro de la comuna, área a la cual convergen prácticamente todos los ejes viales

estructurantes del territorio comunal. Se caracteriza por concentrar los equipamientos y servicios de la comuna, además de un alto porcentaje de la población comunal, concentrando los estratos socioeconómicos más bajos y elementos que marcan fuertemente su condición social como es la cárcel.

- Las Canteras. Localidad originada en el campamento minero asociado a las canteras de piedra del cerro Pan de Azúcar. Emplazada en las laderas de dicho cerro y ubicada en el acceso sur de la comuna. Posee un rol productivo de menor relevancia y cuenta con equipamiento de escala local, especialmente en educación y comercio menor.

En este diagnóstico el desarrollo urbano de la comuna será tratado de acuerdo con lo señalado en la Ley General de Urbanismo y Construcción, del Ministerio de Vivienda y Urbanismo, respecto de lo que se considera un terreno urbanizado: cuando cuenta con pavimentación de calles y pasajes, plantaciones y obras de ornato, instalaciones sanitarias y energéticas, obras de alimentación y desagüe de aguas servidas y de aguas lluvias, obras de defensa y servicios de terreno, entre otros. Es en este marco en el cual el desarrollo urbano, transversal a varias áreas del quehacer municipal, es lo que se llama “equipamiento”: las construcciones destinadas a complementar las funciones básicas de habitar, producir y circular, cualquiera sea su clase o escala².

2.8. Saneamiento (Alcantarillado)

El sistema de evacuación de las aguas servidas se efectúa a través de colectores de empresas que operan dentro del área urbana con áreas concesionadas por Ley, también a través de empresas que operan fuera del área urbana con sistemas denominados rurales, y

² MINVU. Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones. Artículo 1.1.2

con soluciones particulares en parcelas y en otros casos con casetas sanitarias. Adicionalmente, existen sistemas denominados “propios” que poseen fosa y pozo o dren absorbente por parcela. El sistema de “casetas sanitarias” posee fosa séptica y pozo o dren absorbente por parcela, y se ubican principalmente en las localidades de camino Coquimbo, Hermanos Carrera, Manuel Rodríguez, Las Canteras, Reina Norte, Santa Luz, Reina Sur, Chacabuco, Quilapilún, Santa Marta de Liray, Santa Luisa y El Colorado.

Las empresas concesionarias trasladan las aguas servidas de la comuna de Colina a la Planta de Tratamiento de La Cadellada, ubicada en Batuco. Esta planta pertenece a la empresa sanitaria Aguas Chacabuco S.A. (Servicomunal S.A.) y, según la Superintendencia de Servicios Sanitarios, el tratamiento es a través de lagunas de aireación y las aguas tratadas deben cumplir con la NCh 1333/78 o Norma de Riego (www.siss.cl). En la última fiscalización realizada en 2015 por la SISS se verificó el cumplimiento sin observaciones de esta Planta.

2.9. Agua Potable

La comuna de Colina es abastecida por varias empresas sanitarias reguladas por la Superintendencia de Servicios Sanitarios a través de concesiones. Estas empresas son:

- Sector Urbano Colina-Esmeralda: Sembcorp Aguas Chacabuco.
- Santa Elena: Empresa Aguas Colina
- Pan de Azúcar: Agua San Pedro.
- Chicureo: Aguas Manquehue S.A.

- Chamisero: Aguas Manquehue S.A.
- Sector Industrial Valle Grande: Aguas Santiago.

En tanto, en las áreas rurales existen diversas soluciones, entre las que destacan los variados Comités de Agua Potable Rural y las soluciones particulares a través de pozos y norias.

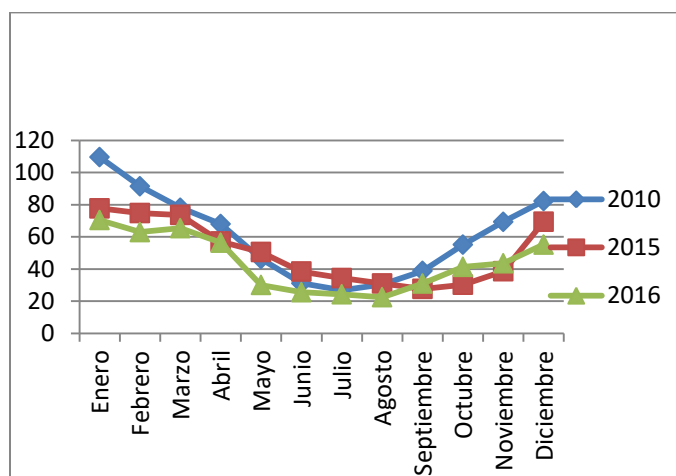
Es importante destacar que según la información recogida por el Estudio de Factibilidad Sanitaria para el PRC Colina 2010, todo el abastecimiento de agua de la comuna se hace a través de pozos profundos, situación que se puede relacionar con la escasez cada vez mayor de agua en los cauces naturales superficiales.

Las empresas concesionadas tienen contemplado abastecer en los próximos diez años 288.829 habitantes y las empresas denominadas rurales abastecerán en los próximos diez años a 26.020 habitantes, contemplando que el sistema con las inversiones futuras abastecería a un total de 314.849 habitantes.

2.10. Demanda de Agua

Al observar el consumo total de agua potable en la Comuna de Colina para cada mes de los años 2010, 2015 y 2016, se encuentra una clara estacionalidad del consumo. Aumentando en los meses más cálidos - enero, febrero, marzo, abril, noviembre y diciembre- y disminuye en los más fríos (Ilustración 2).

Ilustración 2: Consumo mensual de agua potable en Colina



Fuente: Elaboración propia, en base a PR019001.

Es importante considerar que la demanda del agua tiene que ver con el tipo de actividad económica que se desarrolla en la comuna. En este sentido, existe un alto nivel de incertidumbre con respecto a la variación de la demanda futura, puesto que Colina presenta una economía en transición, de ser principalmente rural y agrícola a una donde el comercio y la industria comienzan a predominar, al igual que las actividades inmobiliarias y empresariales. De acuerdo al número de trabajadores por rama de actividad, se puede observar una disminución de trabajadores agrícola y explotación de minas y canteras.

Por otro lado, mientras que las proyecciones de cambio climático estiman que habrá una mayor disminución en la disponibilidad de agua en toda la región central de Chile, la escasez hídrica viene hace ya años afectando a sectores rurales y algunos urbanos. En términos generales, en cuanto al servicio de agua potable y alcantarillado, se cuenta con empresas concesionarias que atienden mayormente al centro de Colina con agua potable y alcantarillado que descarga en la comuna de Lampa; empresas concesionadas que entregan

los servicios de agua potable y alcantarillado a una parte de Chicureo, que descarga en Estero los Patos; áreas rurales con soluciones Agua Potable Rural (APR), pozo y fosa séptica; áreas urbanas, condominios mayoritariamente e industrias con soluciones particulares de plantas de tratamiento de aguas servidas.

2.11. Cobertura de Energía Eléctrica y Alumbrado Público

La comuna de Colina tiene una cobertura de electricidad domiciliaria de un 99,7% ya al año 2006. La principal compañía que entrega el servicio es la Empresa Eléctrica de Colina S.A. la cual se constituye a partir de dos empresas anteriores. El 26 de enero de 1996, Chilectra S.A. (en un 99.99%) y Luz Andes Ltda. (En un 0.01%), adquieren el área de concesión administrada hasta ese entonces por SINEL S.A. Ingeniería y Construcción, encargada de abastecer eléctricamente al pueblo de Colina y sus alrededores. Posteriormente, el 29 de junio del 1996, se establece en forma definitiva la administración por parte de la Empresa Eléctrica de Colina S.A., la cual en ese momento pasa a ser integrante del grupo ENERSIS S.A. En junta de accionistas, realizada el 20 de abril de 2001, pasó de ser Empresa Eléctrica de Colina S.A a Empresa Eléctrica de Colina Ltda.

Mediante el Decreto N° 67 de fecha 24 de febrero de 1988, el Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, autorizó la ampliación de la zona de concesión de Empresa Eléctrica de Colina Ltda. quedando este en 59,79 Km² . (www.electricacolina.cl)

En cuanto al alumbrado público, actualmente el Municipio de Colina tiene un contrato de mantención de luminarias con la Empresa Electricidad Rumicon Ltda.

2.12. Vivienda

La comuna de Colina comparte una la ampliación de su área urbana con un alto porcentaje de superficie comunal de carácter rural. Es por ello que se pueden encontrar en el mismo territorio tanto viviendas insertas en el casco plenamente urbano como viviendas de villorrios rurales y viviendas de condominios, siendo estas últimas las que han atraído a la población de mayor poder adquisitivo.

Esta situación ha significado que en esta comuna existan las llamadas Zonas de Desarrollo Urbano Condicionado, ZDUC, cuyo fin es proteger las condiciones naturales de ciertas áreas al tiempo que se permite la instalación de viviendas y servicios, todo a través del establecimiento de ciertos lineamientos de acción. En el concepto del PRMS serían pequeñas ciudades, de más de 300 hectáreas de vocación residencial. Las ZDUC que se incluyeron en el PRC Colina 2010 son:

- Piedra Roja, en Chicureo, donde se estima que recibirá a aproximadamente 110 mil habitantes dentro de los próximos 30 años.
- Valle Norte, o Chamicero, también ubicado en el mismo sector, albergará a 63 mil habitantes.
- La Reserva o Pan de Azúcar, que se levanta hoy en las laderas de Las Canteras.
- Santa Filomena, es otro de los proyectos del área oriente y proyecta construir casas para 25 mil habitantes.
- Santa Elena, se ubicara en el límite norponiente de la Comuna, se estima que llegarán a vivir cerca de 85.000 personas.

Aparentemente el fenómeno de “Parcelas de Agrado” el cual se dio con mucha fuerza después del año 1992, siendo los distritos Algarrobal y Chicureo los que experimentaron un mayor desarrollo agro-residencial en el último período, habrían aportado fuertemente al porcentaje de población rural de la comuna. Lamentablemente no se tienen los antecedentes de las cifras del último censo por distrito, para verificar la tendencia y cuáles son las áreas que aportan más población rural. Sin embargo, como apoyo a esta tesis se pueden estudiar los permisos de edificación otorgados por la Ilustre Municipalidad de Colina entre 1993 y Marzo de 1999. Durante este período se registraron 1.391 permisos de edificación en las localidades rurales de la Cuenca Sur de la comuna y el promedio de superficie construida que se autorizó en estos permisos es 200 m² aproximadamente. (PLADECO 2009).

En otro ámbito de la vivienda, según información proveniente de la Ficha de Protección Social a Julio 2013, en la comuna la proporción de hogares cuyas viviendas están en condiciones de hacinamiento medio o crítico es mayor que el porcentaje de hogares en esta situación en la región y el país. En las condiciones de saneamiento de las viviendas, la comuna presenta un porcentaje deficitario menor al regional y nacional.

Según los resultados generales de las encuestas realizadas por la consultora para el Plan de desarrollo comunal de Colina, un 68% de las viviendas son propias, un 13% son arrendadas y un 16% son de allegados. Esta última situación está en línea con lo que sucede según las encuestas CASEN de los años 2003 a 2009 mostradas en cuadros anteriores y que muestran un aumento sostenido de los allegados, superando los niveles regionales y nacionales. Lo mismo sucede con la proporción de viviendas arrendadas según CASEN,

siendo una situación de menor cuantía en Colina respecto de los allegados, en contraposición con lo que pasa en la Región Metropolitana y el país.

2.13. Caracterización Social

Según el reporte comunal de Colina de Caracterización Social desarrollado por el Ministerio de Desarrollo Social y emitido el 7 de febrero del año 2014: "en el ámbito de los ingresos, a Abril 2013, se estima que la renta imponible promedio mensual de los afiliados al seguro de cesantía, es de aproximadamente 581,3 mil pesos, cifra menor al promedio regional (632,9 mil pesos). Además, en términos de protección laboral, se observa que en la comuna la proporción de la población de 20 años y más que está afiliada al seguro de cesantía (30,4%) es menor al porcentaje observado a nivel regional y nacional (34,2% y 32,9% respectivamente). En tanto, una mayor proporción de los afiliados de Colina (que en la región) se encuentra entre el 40% de afiliados de menor renta promedio (quintiles nacionales I y II). Asimismo, una mayor proporción de los afiliados (con respecto a la región y el país) tienen contrato de plazo fijo lo que implica que una menor proporción tiene contrato indefinido."

Las actividades económicas más importantes en cuanto a la generación de ingresos, ordenadas en el sentido de las que obtienen más ingresos a las que obtienen menos, son: el comercio al por mayor y menor, industrias manufactureras no metálicas, metálicas y actividades inmobiliarias, empresariales y de alquiler.

CAPÍTULO III: MARCO TEÓRICO

3.1. Revisión de literatura

La literatura existente sobre estimación de modelos de demanda de agua para uso residencial urbano reporta el uso de distintas técnicas econométricas. Se han usado mínimos cuadrados ordinarios (MCO), mínimos cuadrados generalizados (MCG), mínimos cuadrados en dos y tres etapas (MC2E y MC3E), estimaciones no lineales y de variable instrumental (VI).

Para datos de panel se han aplicado MCO, MCG, máxima verosimilitud (ML), MC2E y modelos de efectos mixtos (Chicoine & Ramamurthy, 1986; Pint, 1999; Martínez-Espiñeira, 2002).

Para datos de series de tiempo se han usado modelos autorregresivos vectoriales y técnicas de cointegración (Martínez-Espiñeira, 2004); también se ha usado mínimos cuadrados discretos, MDC, (Hewitt & Hanemann, 1995; Olmstead et al., 2007; Miyawaki et al., 2011). Algunos modelos se han estimado con observaciones de consumo de agua agregados por ciudad, y pocos se han estimado usando observaciones a nivel de hogar. Aunque datos desagregados a nivel de hogar parecen ser los adecuados para la estimación de la demanda (Danielson, 1979), éstos generalmente no están disponibles en países en desarrollo (Nauges & Whittington, 2010).

3.2. Factores que afectan el consumo de agua

Tradicionalmente en nuestra región las estimaciones de demanda de agua se han realizado como el producto entre la población proyectada mediante formulaciones

matemáticas y dotaciones que corresponden a valores teóricos o estándar. Sin embargo, con la introducción de estrategias basadas en la gestión de la demanda, los diferentes factores que la afectan y las diferentes decisiones que en materia de ordenamiento territorial influyen de manera directa e indirecta sobre las estimaciones del recurso, son más los interrogantes que deben responderse en cuanto a las estimaciones de las demandas de agua urbana (Pedregal, 2002).

Las estimaciones de demanda de agua urbana en nuestro medio, no consideran ciertas dinámicas que están articuladas a los consumos de agua que demanda la población. Estas dinámicas incluyen factores sociales, demográficos, económicos y territoriales (de ordenación del territorio mediante los planes de ordenamiento territorial) que de una u otra forma transforman dichos consumos. Por lo tanto, es necesario explorar y analizar dichos factores para estimación futura de demanda de agua urbana.

Como se expresó anteriormente, usualmente las proyecciones de demanda de agua se basan en el cálculo de la población y las dotaciones, lo cual se puede expresar de la siguiente forma:

$$Da = f (P, d)$$

Donde Da es la cantidad de agua demandada, que depende de una proyección de población P y unas dotaciones, d. Sin embargo, existen otros factores de tipo social, económico, demográfico y territorial que pueden ejercer influencias importantes en el consumo de agua, los cuales se describieron anteriormente. De acuerdo con esto, la cantidad de agua demandada se puede expresar de la siguiente forma:

$$Da = f (P, d, K)$$

Donde la nueva variable K representa variables explicativas de carácter socioeconómico, demográfico y territorial.

Varios autores han estudiado los factores sociales, económicos y demográficos que afectan de manera directa e indirecta las estimaciones de la demanda de agua urbana. Los factores más analizados para determinar su influencia sobre dicha demanda son los siguientes:

- Precio del agua,
- Tamaño y composición del hogar,
- Tamaño y tipología de vivienda,
- Genero y edad de la población,
- Nivel de ingresos,
- Medidas ahorradoras y de conservación,
- Efectos climáticos,
- Distribución y proyección de la población.

Los factores socioeconómicos, demográficos y territoriales mencionados anteriormente se analizan en los siguientes numerales, teniendo en cuenta su influencia sobre la demanda de agua.

3.2.1. Distribución y proyección de la población

La información base para la estimación de la demanda de agua urbana consiste en estimaciones sobre la población presente y futura del ámbito geográfico de trabajo. Para calcular la demanda de agua se pueden utilizar proyecciones de población realizadas por las entidades encargadas de estos estudios como por ejemplo las del Instituto Nacional de Estadísticas (INE), Secretaria Comunal de Planificación (SECPLAN) y gobernaciones, con

el objetivo de ahorrar esfuerzos en los cálculos y de cierta forma mejorar las predicciones de demanda de agua ya que en la mayoría de los casos, estas entidades cuentan con personal multidisciplinario para el estudio de la población, donde interactúan diversos factores que la afectan.

Sin embargo, “aunque existen organismos encargados de suministrar esta información, a veces es necesario realizar las previsiones demográficas por no existir coincidencia de límites administrativos o simplemente por no haber datos disponibles” (Pedregal, 2004).

3.2.2. Nivel de ingresos

El aumento en el nivel de ingresos se puede suponer en un aumento en los estándares de vida, traduciéndose en un aumento de electrodomésticos y aparatos consumidores de agua así como una mayor probabilidad de usos exteriores en las viviendas, como jardines y piscinas. También, se aumentarían las viviendas en las periferias de la ciudad como casas de descansos, cabañas, entre otros. Además, es preciso reflexionar sobre la cultura ahorradora en este factor ya que a medida que el nivel de ingresos aumenta, el sentido de ahorro y cuidado del recurso disminuye por la capacidad de pago de las personas frente al “derroche” del recurso. También es importante considerar que los subsidios a estratos bajos presentan un efecto similar.

En la mayoría de estudios que utilizan datos agregados, los ingresos se miden normalmente como ingresos totales de la zona o subzonas de análisis dividida por hogar o por habitante. Algunas veces se utiliza la variable “valor de la propiedad”, actuando como un indicador de riqueza y preferencia de los hogares, sin embargo estos se relacionan con

los ingresos haciendo que se presente confusión al utilizar estas variables (Arbués et al. 2003). “Para evitar este problema, Jones y Morris (1984) desarrollaron un sustituto de los ingresos de la familia basada en el nivel educativo del jefe de la familia, la propiedad de automóviles, las cuotas y el valor de la propiedad.

Bithas y stoforos (2006) analizaron y evaluaron para la ciudad de Atenas (Grecia), los efectos de los ingresos de la población sobre la demanda de agua, encontrando un drástico incremento en la demanda de agua inducida por el incremento de los ingresos de la población.

3.2.3. Tamaño y composición del hogar

El tamaño del hogar, el cual se refiere al número de habitantes de una vivienda, es otra de las variables que modifica el consumo de agua ya que a mayor número de personas que habitan una vivienda mayor será el consumo del recurso (Arbués y Barberán, 2005). Un hogar de mayor tamaño implica una mayor utilización y uso de electrodomésticos y otros bienes consumidores de agua tales como lavadoras, duchas, comidas, entre otros. Sin embargo, se debe tener en cuenta que el uso compartido de la lavadora, el lavaplatos, la limpieza de la vivienda e incluso la mayor sensibilidad esperada ante un mayor valor de la factura, en algunas ocasiones, permite asegurar un menor consumo de agua por habitante.

Otro factor considerado es la composición del hogar, donde familias con niños y adolescentes podrían suponer un mayor consumo de agua (Worthington y Hoffman, 2006). Los jóvenes pueden utilizar el agua más frecuentemente las duchas y con menor cuidado y sentido del ahorro del recurso. Estas expectativas son confirmadas en algunos estudios de Nauges C. Tomas (2000) citado por Arbués et al., 2003. Sin embargo, es importante

considerar que las comunidades con mayor porción de habitantes de mayor edad se pueden centrarse en actividades como la jardinería, lo que conlleva a aumentar el consumo de agua doméstico para desarrollar estas actividades exteriores (Worthington y Hoffman, 2006).

También, es importante tener en cuenta a la hora de realizar estimaciones de demanda de agua, las viviendas o sectores de viviendas con habitantes de diferentes orígenes culturales, ya que estos pueden tener diferente educación frente al uso del agua.

Martines – Espiñeira (2003), incluye variables que reflejan tanto la porción de la población de más de 64 años como la porción de la población de menores de 19 años, encontrando variaciones importantes en el consumo de agua particularmente en este rango de edades (mayor consumo del recurso en la población más joven).

Worthington y Hoffman (2006), en un estudio realizado sobre habitantes de diferentes culturas en la ciudad de Texas, Estados Unidos, definen el porcentaje de la población hispana como factor determinante en el consumo de agua en dicha ciudad debido al mayor consumo por parte de esta parte de la población.

3.2.4. Tamaño y tipología de viviendas

La forma de crecimiento urbano y su creciente diferenciación entre distintas tipologías de vivienda influye de manera directa sobre los consumos, ya que estos tienden a ser muy distintos según nos encontremos ante un urbanismo de alta densidad edificatoria o, por el contrario, ante un urbanismo disperso, de carácter extensivo con importantes usos exteriores, como por ejemplo, jardines y piscinas.

El tamaño de las viviendas afecta el consumo de agua ya que un mayor tamaño de la vivienda tiende a tener mayores electrodomésticos, baños, entre otros. Además, las viviendas de mayor tamaño tienden a tener jardines y zonas verdes, los cuales demandan agua para su riego y cuidado.

Otro factor que afecta la demanda de agua es la tipología de la vivienda, la cual puede ser unifamiliar, multifamiliar o plurifamiliar, donde las viviendas de tipo multifamiliar pueden ocasionar un mayor consumo de agua ya que los habitantes de la vivienda, en especial niños y jóvenes, realizan más actividades recreativas como juegos y deportes en una unidad residencial que en viviendas aisladas. Sin embargo, es importante considerar que las actividades de los habitantes de algunas viviendas unifamiliares, dependiendo de la condición cultural del barrio en la que se encuentren, pueden desarrollar actividades recreativas y deportivas que aumentan el consumo de agua.

3.2.5. Género y edad de la población

En cuanto a la distribución por edades existen algunos estudios que demuestran su influencia sobre la demanda de agua urbana, aunque generalmente se estima que el envejecimiento de la población puede contribuir a la disminución del consumo per cápita, al menos temporalmente. Por el contrario, hogares e instituciones con predominio infantil y adolescente tenderían a consumir más agua por la mayor frecuencia de hábitos como el baño o la ducha y por mayores actividades recreativas, culturales y deportivas.

En cuanto al género de la población, al menos a priori, parece que podría esperarse un mayor consumo de agua destinada al aseo por parte de las mujeres que de la población masculina.

3.2.6. Tarifas: el precio del agua

Entre las medidas diseñadas para gestionar la demanda de agua urbana se encuentra la actuación sobre la estructura tarifaria (la cual se considera como un instrumento de control de la demanda), cuya aplicación y definición no está exenta de controversia y conflicto social debido a su relación con cuestiones de Justicia, equidad social, eficiencia, suficiencia, el medio ambiente, aceptabilidad pública, entre otros (Arbués y

Barberán, 2005; Pedregal, 2004; Arbués et al., 2003; García 2002. De acuerdo con estudios, los cambios en la estructura del precio de agua pueden afectar el consumo de agua urbana (White et al., 2003). Una característica clave de las políticas de gestión de la demanda es la estructura de precios utilizada para aplicar a los servicios de agua.

El diseño de una tarifa es algo complejo ya que, además de suplir con los costos administrativos necesarios para proporcionar el servicio, debe cumplir otros objetivos como la equidad, eficiencia (el uso eficiente del recurso por parte de los usuarios), salud, entre otros, aspirando que dichas tarifas minimicen los costos administrativos y se maximicen las variables ambientales y socioeconómicas para el beneficio de la población. Además, es importante que las tarifas sean de fácil comprensión para los consumidores.

Una variedad de métodos se han empleado para adecuar los precios al consumo de agua, estos incluyen cargo fijo a invariable al nivel del consumo, un cargo fijo con un subsidio seguido por algún cargo de exceso por el consumo en determinado nivel y una tarifa de dos partes que es la más común en la mayoría de países (Worthington y Hoffmann, 2006), la cual consiste en una cargo fijo (cargo de acceso a la red) y el uso de un componente basado en la cantidad real de agua consumida. Este último puede ser no lineal,

si el costo por unidad adicional varía cuando el consumo llega a determinados umbrales. De esta manera, la tarifa se compone de una secuencia de diferentes precios marginales para diferentes bloques de consumo (Worthington y Hoffmann, 2006).

Para el caso de nuestro país, el costo total de agua potable por comuna presenta una estructura compuesta por diversos costos fijos y variables sobre el agua potable y el servicio de alcantarillado, que condicionan el consumo en periodos “punta” y “no punta”. Estos costos se pueden resumir en 3 componentes:

1. Costo Fijo de agua potable (CF), que varía de forma bimensual (aproximadamente dependiendo de la empresa y la comuna) y se cobra de manera mensual.
2. Costo Variable (CV) que está compuesto por 2 tipos de cargo: el cargo no-punta que rige entre el 01 de Abril al 30 de Noviembre (SISS), y el cargo punta que rige entre 01 de Diciembre al 31 de Marzo. Este costo se cobra por metro cubico de agua potable consumida y por mes (\$/m³).
3. Costo de Sobre-Consumo que se aplica al exceso de consumo durante los meses del período punta con respecto al consumo promedio de los meses de los períodos no punta o sobre un consumo mínimo determinado por el decreto tarifario (art. 35 D.S MOP N°453/90) (SISS). Este consumo se cobra por la diferencia entre los metros cúbicos consumidos totales y el consumo promedio histórico de el periodo no-punta en pesos por mes (\$/mes).

En base a estos componentes las comunas en Chile se pueden diferenciar en 2 tipos de estructura de costos, que diferencian a las comunas que poseen tarificación diferenciada para el periodo punta, de las que no. En primer lugar, las comunas que poseen tarifa de

Sobre-Consumo durante el periodo punta, presentan 2 tipos de costos variables, el de periodo Punta y el de No-Punta, siendo los costos de periodo No-Punta, igual o mayores que los costos variables del periodo Punta. Esta característica en la tarificación permite que, en periodo Punta, solo el Costo de Sobre-Consumo (que es muy alto en comparación al resto de los costos variables) sea el incentivo a disminuir el consumo después de un límite de consumo garantizado a Precio de Costo Variable.

La segunda estructura de tarificación se da en las comunas que no poseen diferenciación entre el periodo Punta y No-Punta, y donde solo actúan los Costos Variables a lo largo de todo el año.

Herbertson y Tate (2001) mencionan que la estructura de tarifas en bloque son una buena forma de cobrar el recurso a distintos grupos de consumidores, planteamiento que fue ampliamente demostrado en el sur de Africa, en Windhoek (Namibia), donde las tarifas por bloques tiene el propósito de castigar los altos niveles de consumo de agua y subsidiar los niveles mínimos de consumo a través de una tarifa “salvavidas”.

Bithas y Stoforos (2006) evalúan la influencia del precio del agua sobre la demanda de agua y concluyen que mientras aumenten los ingresos en la población o en parte de la población, el uso del agua aumentará, independiente de la evolución de los precios del agua.

3.2.7. Medidas ahorradoras y de conservación

En muchas partes del mundo, la creciente demanda de agua está comenzando a superar los suministros disponibles y existe competencia entre los usuarios por el agua

disponible, llevando a las autoridades en el tema a realizar cada vez más políticas y medidas que permitan darle un mejor uso al recurso (Pedregal, 2004, Anderson, 2006). Entre las políticas adoptadas, se diseñan medidas ahorradoras para darle un uso más eficiente al recurso y para generar conciencia de la importancia del mismo.

Entre las medidas ahorradoras más comunes se encuentra la actuación sobre la estructura tarifaria (tarifas que incentiven el ahorro), sin embargo, existen otras posturas que abogan por otras medidas alternativas de gestión de la demanda como campañas educativas e informativas orientadas a sensibilizar a la población acerca de la escasez real del recurso, programas de incentivos por la utilización de tecnologías ahorradoras de agua o bien medidas dirigidas a mejorar la eficiencia del sistema de distribución evitando fugas o tomas ilegales (Pedregal, 2004).

Lo que pretenden las medidas ahorradoras es generar cambios en las pautas de consumo por cliente. Para aplicar las medidas ahorradoras Opizt y Dziegielewski, 1998, citados por pedregal 2004, recomiendan el siguiente procedimiento antes de poner en práctica medidas de gestión de la demanda insertadas en planes de gestión a largo plazo: (1) Establecer los objetivos de ahorro; (2) Realizar un estudio de viabilidad técnica; (3) Analizar la aceptabilidad social; (4) determinar las condiciones de ejecución; (5) medir el ahorro potencial; y (6) evaluar los posibles costos y beneficios.

Según Dube y Van der Zaag, 2003, existen medidas que pueden tomarse a corto plazo para reducir el consumo de agua, éstas son:

- Campañas de sensibilización sobre el consumo de agua,

- Incentivos para la reparación de fugas de los accesorios de plomería en los hogares (ofrecer por parte de la empresa prestadora del servicio asesoramiento técnico gratuito) y uso de nuevas tecnologías como la instalación de sanitarios y duchas de bajo volumen de agua.
- Reducción de presiones por medio de válvulas reductoras en la red de distribución.
- Una estructura en la tarifa que estimule la conservación del recurso.
- Señalar las zonas de alta demanda que puedan ser buenos objetivos para los programas de conservación.

Dube y Van der Zaag (2003) en un estudio realizado para la ciudad de Masvingo, Zimbabwe, estiman que el uso de nuevas tecnologías como sanitarios y duchas que manejen bajo volumen de agua, pueden reducir, en general, el uso del agua en un 25%, donde si se aplicara efectivamente a por lo menos el 50 % de los hogares de la ciudad de Masvingo, se esperaría un ahorro de 1540 m³/día. Además, como reportan en el estudio, la colocación de algunos ladrillos en el tanque del sanitario reduciría la capacidad del tanque en un 10% o más, significando un ahorro importante de agua por hogar. También, se espera que con las medidas de actuación sobre el consumo de agua, la demanda esperada en el 2012 de 27000 m³/día (sin gestión de la demanda) se reduzca a 24000 m³/día (con la gestión de la demanda).

3.2.8. Factores climáticos

El consumo de agua en el ámbito doméstico varía en función del clima, especialmente de la temperatura, donde este factor climático parece especialmente

importante en las variaciones del consumo de agua sobre todo en época de verano. Sin embargo, existen estudios que relacionan la lluvia con las estimaciones de demanda de agua, donde la cantidad de lluvia en determinado periodo es la variable que se evaluaría, ya que se piensa que cuanto mayor es la duración de la lluvia, el consumo de agua es menor. Maidment y Miaou (1986) citados por Arbués et al. (2003) criticaron el supuesto que el efecto de las variables meteorológicas es lineal, donde sugirieron que la lluvia tiene un efecto dinámico: Se reduce la demanda inicialmente, pero el efecto disminuye con el tiempo. Algunas veces los usuarios parecen responder más a la ocurrencia de la lluvia que a la cantidad de la misma. Martinez – Espiñeira (2002), sugiere que la sola presencia de la lluvia tiene un efecto psicológico, por lo que el número de días con lluvia podría ser una mejor variable explicativa que la cantidad de lluvia en un determinado periodo ya que tiene un mayor efecto sobre la demanda.

Maidment y Miaou (1986) citados por Worthington y Hoffmann (2006) examinaron el consumo de agua diario en nueve ciudades de Estados Unidos, encontrando que la influencia de la temperatura en el consumo aumenta con temperaturas superiores a 21°C. Con temperaturas entre 4°C y 21°C no se encontró ninguna respuesta.

Proyectar la población es un factor primordial en las estimaciones de demanda de agua, pero comprender los factores socioeconómicos y demográficos que la afectan y modifican es de suma importancia en las estimaciones del recurso para abastecer una región (Pedregal, 2002, 2004; Rao, 2005), de aquí la importancia de identificar y analizar dichos factores con el fin de considerarlos en los estudios de evaluación y estimación de la demanda de agua urbana.

CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA

4.1. Obtención de datos

Para este trabajo se obtuvo información correspondiente al Consumo de agua en m³ por cliente de la Súper Intendencia de Servicios Sanitario (SISS), a partir de los planes de desarrollo de las 5 concesionarias que conceden el servicio de agua potable en la comuna de Colina.

La información sobre características del hogar y de la vivienda se recolectó mediante una encuesta. Para el cálculo del tamaño de la muestra se usaron los datos preliminares del precenso de 2016. Según dicha información se finiquitó que Colina tiene 42.808 viviendas registradas. El tamaño de la muestra tuvo en cuenta la totalidad de viviendas para determinar la población universo (N) de este estudio. La muestra será del tipo no probabilística y se considera un 95% del nivel de confianza y un error de muestreo del 10%. El tamaño esperado de la muestra fue de 96 viviendas y se calculó con el método de muestreo aleatorio simple para poblaciones finitas. La consolidación de la base de datos se realizó entre Agosto y noviembre de 2017.

La información de la variable temperaturas promedio mensuales se obtuvo de la Dirección Meteorológica de Chile, específicamente de los registros de la estación de Quinta Normal (Registro más colindante a la Comuna de Colina).

4.2. Modelo de estimación de consumo de agua potable de uso residencial

El modelo se establecerá mediante un análisis de regresión múltiple a través del método de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) para los ajustes correspondientes, explicando la variable dependiente, es decir, el consumo en metros cúbicos por usuario, a través de las variables independientes, siguiendo las recomendaciones de Damodar Gujarati en su libro *Econometría*, Quinta edición 2010. Mediante la consideración del conjunto de variables seleccionadas, se pretende estimar el consumo de agua por hogar en metros cúbicos, para la comuna de Colina.

En caso que los estimadores MCO no fueran eficientes como se espera de acuerdo con el modelo planteado y presenten problemas de heterocedasticidad, normalidad y/o multicolinealidad se procederá a corregir las perturbaciones.

Las estimaciones e interpretaciones pertinentes se realizaron a través del software estadístico Minitab 17 y la herramienta Microsoft Excel.

4.3. Descripción de variables

- **Consumo de agua por cliente (Y_i)**

Variable Dependiente que estima la proyección esperada de agua potable que se requiere por hogar en un mes dado, medida en M^3 /mes.

- **Casa propia (X_1)**

Variable Dummy que releva la tenencia de casa propia. En caso que el propietario arriende el hogar donde vive, se le asignó el valor de 0, en caso contrario recibe el valor de 1.

- **Cantidad de integrantes en el hogar (X_2)**

Indica la cantidad de integrantes que habitan en el hogar.

- **Cantidad de habitaciones (X_3)**

Indica la cantidad de habitaciones en un hogar, considerando baños, dormitorios, cocina, etc.

- **Cantidad de baños en el hogar (X_4)**

Especifica la cantidad de baños por hogar.

- **Uso de la lavadora semanalmente (X_5)**

Indica la cantidad semanal de lavados por hogar.

- **Tenencia de subsidio (X_6)**

Variable Dummy que refleja la tenencia del Subsidio de agua potable por hogar. En caso de contar con el beneficio adquiere el valor de 0, y en caso contrario recibe el valor de 1.

- **Nivel Socioeconómico (X_7)**

Muestra el nivel socioeconómico de los hogares. Quedo definida del 1 al 7 según estrato.

- **Temperatura (X_8)**

Representa la temperatura promedio mensual registrada por la Dirección Meteorológica de Chile en la comuna de Quinta Normal (Registro más colindante a la Comuna de Colina).

4.4. Análisis inicial

En primer lugar se revisará de manera descriptiva y gráfica la relación entre las variables exógenas continuas y la variable endógena, con ello se busca obtener un análisis preliminar del comportamiento de los datos y modificar de manera preventiva la base si es necesario. Luego se ajustará el modelo de regresión lineal para cada variable cuantitativa.

4.5. Regresión lineal múltiple inicial

Se ajustará el modelo con todas las variables explicativas (Modelo FULL) para verificar su comportamiento y ver si efectivamente las variables exógenas explican el modelo, en consecuencia se podrá determinar si éstas son capaces de formar un modelo. También se verificaran los resultados de las dójimas individuales, con las cuales se definirán las variables significativas.

Se analizarán posibles interacciones entre variables que tengan una explicación por la naturaleza de los datos, luego se ajustarán modelos para cada una de ellas en solitario, para luego ver si se incluyen o no en el modelo final.

4.6. Construcción de modelo

Se utilizaran los métodos paso a paso hacia adelante, paso a paso hacia atrás y el de los mejores subconjuntos para decidir qué variables incluir en el modelo. La elección del método se basará en la naturaleza de las variables y en la comparación de los diferentes R^2 ajustados obtenidos.

4.7. Análisis de residuales

Ya escogido el modelo se realizara un análisis de residuales a las observaciones a fin de determinar su atipicidad, pues estos provocan que nuestro modelo se pivotee y son causa de posibles problemas de Heteroscedasticidad. Para ello, se hará un análisis mediante:

- i) Método grafico
- ii) Residuales estudentizados.

4.8. Normalidad del error

Se debe verificar si el error se distribuye normal para poder realizar las dcimas individuales, ya que, se exige como supuesto de todo MRL. Para verificar lo anterior se utilizan dcimas relacionadas con los residuales, que aproximan el error. La dcimas a utilizar serán:

a) Kolmogorv-Smirnov (KS)

Lo que hace este estadístico es calcular una Distancia D_{max} con respecto a como debiera verse la curva si este fuese normal. Por tanto se debe realizar un gráfico y observar cómo se ven estos.

Si al contrarrestar con un valor tabla D_{max} es muy grande las curvas no son iguales y por tanto no se distribuye normal.

Las hipótesis para la prueba de Kolmogorv - Smirnov son:

H_0 : Normalidad del Error

H_a : No Normalidad del Error

b) Anderson-Darling

El estadístico Anderson-Darling mide qué tan bien siguen los datos una distribución específica. Para un conjunto de datos y distribución en particular, mientras mejor se ajuste la distribución a los datos, menor será este estadístico. Por ejemplo, se puede utilizar el estadístico de Anderson-Darling para determinar si los datos cumplen el supuesto de normalidad para una prueba t.

Las hipótesis para el estadístico Anderson-Darling son:

H_0 : Normalidad del Error

H_a : No normalidad del Error

4.9. Verificación de Multicolinealidad

La Multicolinealidad hace referencia, en concreto, a la existencia de relaciones aproximadamente lineales entre los regresoras del modelo, cuando los estimadores obtenidos y la precisión de éstos se ven seriamente afectados. Uno de los supuestos necesarios de un MRL es que no puede haber Multicolinealidad Perfecta, esto porque existe la imposibilidad de obtener estimadores MCO (infinitas soluciones).

Consecuencias de la Multicolinealidad en un MRL

- Problema de gravedad y no de existencia.
- Incremento de la varianza de betas del MRL.
- Mayor número de d́cimas individuales no significativas.
- Sensibilidad de los estimadores betas ante cambios en la muestra.
- Intervalos de confianza IC(b) más amplios.
- Estimadores siguen siendo MELI (Mejores Estimadores Lineales Insesgado, es decir, los parámetros son lineales, de mínima varianza e insesgado).

Para detectar Multicolinealidad podemos considerar:

- R^2 alto y pocos β significativos.
- Correlación de Pearson entre pares de variables.
- Betas sensibles, es decir si varia el signo de los betas al hacer primero el modelo Y vs X_1 , luego Y vs X_1, X_2 y finalmente Y vs X_1, X_2, X_3
- Si $R^2_{aux} > 0,8$ presenta problemas de Multicolinealidad.
- $VIF = 1 / (1 - R^2_{aux}) \rightarrow$ si $VIF > 5$ presenta problemas de Multicolinealidad

Corrección

- Aumentar el valor de n y ver qué pasa.
- Eliminar la variable que tenga Mayor VIF (descartando la que explica la variable endógena).
- Regresión por la arista (RIDGE REGRESSION).

4.10. Verificación de Homocedasticidad

Una vez obtenido el modelo, se realizarán pruebas de Homocedasticidad para determinar si es que la varianza del error es constante. En el caso que se detecte Heteroscedasticidad se realizará la corrección de ésta dándose a utilizar:

Las hipótesis para verificar homocedasticidad es:

Ho: Homocedasticidad

Ha: Heteroscedasticidad

a) Breusch Pagan Godfrey

Este test analiza si la varianza estimada de los residuos de una regresión depende de los valores de las variables independientes.

Supongamos que estimamos el siguiente modelo:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X + \mu$$

y obtenemos un conjunto de valores para los residuos. Con las restricciones de los MCO la media es 0, de modo que dada la suposición de que la varianza no depende de las variables independientes, la estimación de la varianza se puede obtener a partir

de la media de los valores al cuadrado. Si la suposición no fuera correcta, podría ocurrir que la varianza estuviera relacionada linealmente con las variables independientes. Ese modelo se puede examinar haciendo una regresión de los residuos al cuadrado respecto de las variables independientes.

4.11 Autocorrelación

No se considera la autocorrelación debido a que los datos son de corte transversal por lo que no es necesario este análisis de este supuesto.

CAPÍTULO V: RESULTADOS

Un punto importante que es necesario considerar al realizar un análisis empírico es la descripción de los datos estadísticos en primera instancia para tener conocimiento acerca del comportamiento de las principales características de las variables utilizadas.

Se procede a realizar mediante el software minitab un análisis descriptivo de todas las variables, menos las cualitativas.

Tabla 3: Estadísticos Descriptivos del Modelo

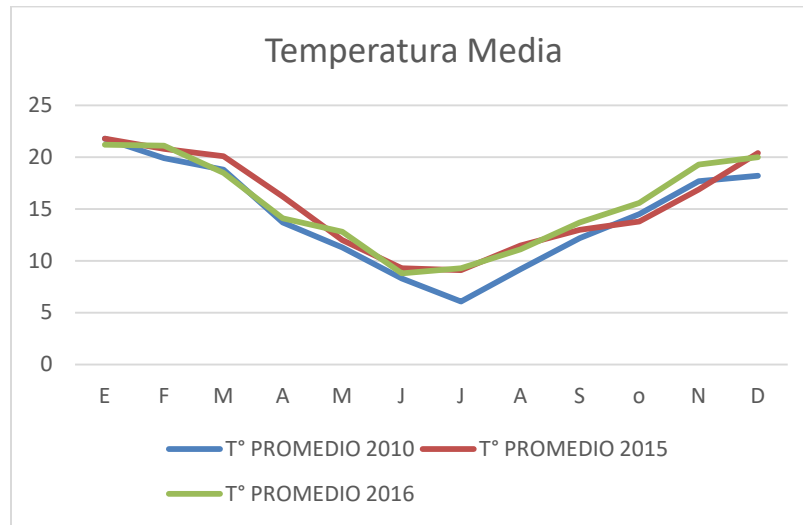
Estadísticas Descriptivas del Modelo								
Variable	N	Mediana	Error est. de la media	Desv. Est.	Varianza	Mínimo	Mediana	Maximo
X2	100	4,30	0,1883	1,880	3,545	1	4	11
X3	100	6,49	1,4800	1,480	2,192	3	6	14
X4	100	1,26	0,0463	0,463	0,214	1	1	3
X5	100	2,33	0,0739	0,739	0,547	1	2	3
X7	100	3,60	0,1540	1,537	2,364	1	4	7
X8	100	15,78	0,5290	5,286	27,937	8,1	14,95	28,8

Fuente: Elaboración propia, a partir de resultados obtenido en Minitab 17.

En la tabla numero 2 se presentan los principales estadísticos descriptivos como lo son la media, la mediana, el valor máximo y mínimo, la desviación estándar y error estándar de la media, teniendo la base de 100 observaciones, la cual es representativa para el análisis.

Mientras que la serie de datos de temperatura media para cada mes de los años 2010, 2015 y 2016 en Santiago se obtuvo de la estación meteorológica de Quinta Normal, dado que es el lugar más próximo a la comuna de Colina del cual se tiene registro (Ilustración 3).

Ilustración 3: Temperatura Media

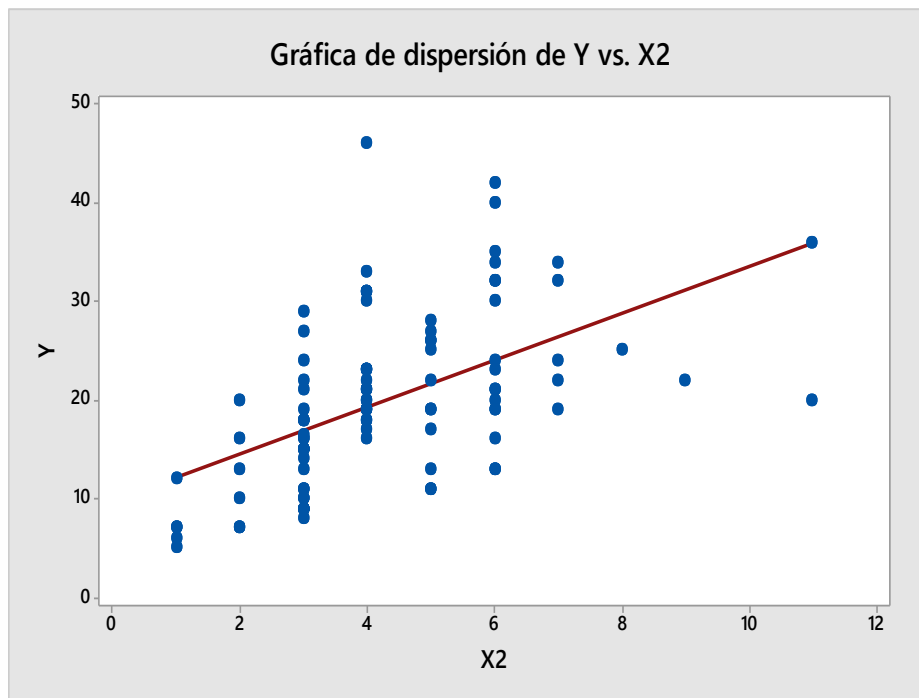


Fuente: elaboración propia, en base a datos obtenidos DGAC.

5.1. Análisis inicial (Correlación y tendencia)

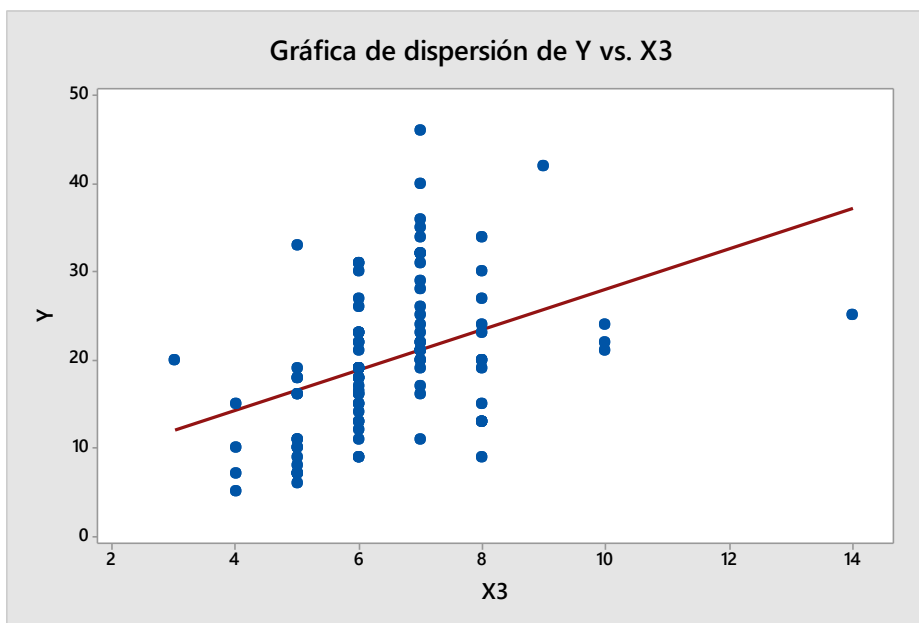
Se decide analizar gráficamente el comportamiento de la variable endógena respecto a cada variable exógena cuantitativa a fin de observar tanto el comportamiento como la relación lineal (mediante la correlación de Pearson) entre las variables y si existen datos atípicos e influyentes en la muestra.

Ilustración 4: Gráfica de dispersión Y vs. X2



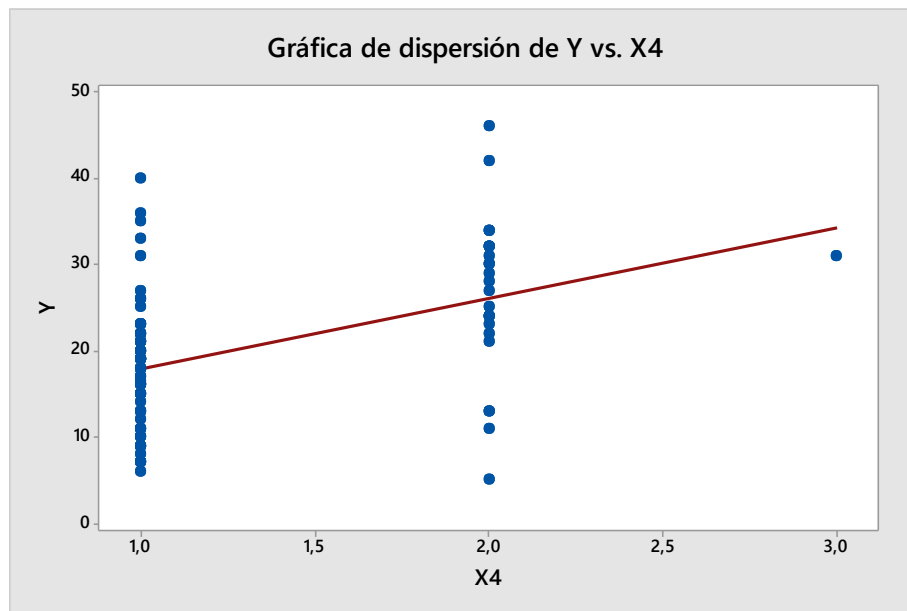
Fuente: Elaboración propia Minitab 17.

Ilustración 5: Gráfica de dispersión Y vs. X3



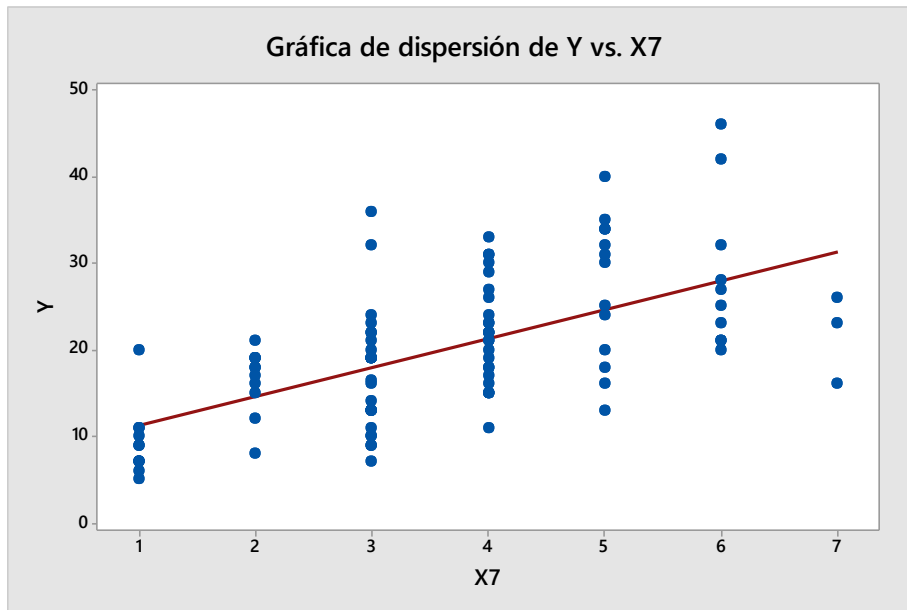
Fuente: Elaboración propia Minitab 17.

Ilustración 6: Gráfica de dispersión Y vs. X4



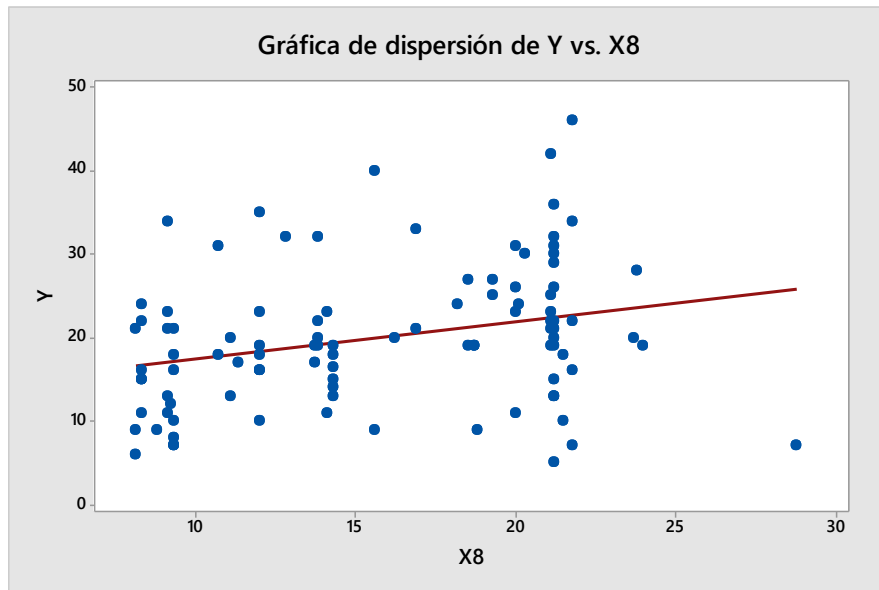
Fuente: Elaboración propia Minitab 17.

Ilustración 7: Gráfica de dispersión Y vs. x7



Fuente: Elaboración propia Minitab 17.

Ilustración 8: Gráfica de dispersión Y vs. X8



Fuente: Elaboración propia Minitab 17.

A partir de los valores estadísticos, se establece la matriz de correlación múltiple, la misma expresa los distintos niveles de asociación entre las variables explicativas y el consumo de agua.

Tabla 4: Correlación de Pearson

Correlación de Pearson					
	Y	X2	X3	X4	X7
X2	0,53				
Valor-p	0,000				
X3	0,402	0,443			
Valor-p	0,000	0,000			
X4	0,448	0,176	0,416		
Valor-p	0,000	0,080	0		
X7	0,609	0,147	0,429	0,36	
Valor-p	0,000	0,146	0,000	0,000	
X8	0,282	0,114	0,08	0,202	0,105
Valor-p	0,005	0,258	0,427	0,043	0,300

Fuente: Elaboración propia, a partir de resultados obtenido en Minitab 17.

Analizando la correlación de Pearson y los diferentes gráficos, se puede notar que las variables están correlacionadas (la mayoría posee un Pearson medio). Más aún se puede ver que existe una clara tendencia y signo respecto de cómo se comportan estas variables en la vida real frente al consumo de agua.

5.2. Regresión Lineal Múltiple (MRL) Inicial

En primer lugar se realiza un MRL considerando todas las variables exógenas sin interacciones. Los resultados obtenidos fueron:

Tabla 5: Estimación de los coeficientes del modelo

Coeficientes					
Término	EE del Coef.	Coef.	Valor T	Valor P	VIF
Constante	-2,63	4,22	-0,62	0,535	
X1	-1,84	1,78	-1,03	0,305	1,02
X2	1,97	0,362	5,45	0,000	1,65
X3	-0,663	0,459	-1,44	0,152	1,64
X4	3,77	1,32	2,84	0,006	1,43
X5	0,519	0,944	0,55	0,584	1,73
X6	-0,58	3,18	-0,18	0,856	1,05
X7	2,652	0,436	6,08	0,000	1,59
X8	0,237	0,103	2,29	0,024	1,06

Fuente: Elaboración propia, a partir de resultados obtenido en Minitab 17.

Tabla 6: Resumen del Modelo

Resumen del Modelo			
S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R- cuad. (pred)
5,27902	63,85%	60,67%	57,15%

Fuente: Elaboración propia, a partir de resultados obtenido en Minitab 17.

Analizando los resultados de este primer modelo, se observa que existen 4 dcimas individuales significativas con valores-p menor a 0.05: Cantidad de integrantes en el hogar (X_2), Cantidad de baños en el hogar (X_4), Nivel Socioeconómico (X_7) y la Temperatura promedio mensual (X_8).

Como se puede observar, los valores de las variables predictoras permiten estimar, dentro de un intervalo de confianza del 95%, el valor esperado del consumo de agua por hogar en la comuna de Colina. Los estadísticos reflejan un punto de intersección o B0 equivalente a -2,63.

A partir del resumen del modelo en donde se presentan los estadísticos que permiten valorar la bondad de ajuste de los datos del modelo, podemos observar que el coeficiente de determinación es de 0.6067, esto quiere decir que el 60% de la variación de la variable Consumo por hogar esta explicada por la variación de las variables independientes seleccionadas para esta investigación.

Lo cual resulta ser un buen indicador para este primer modelo preliminar, y probablemente mejorar al estudiar de forma más profunda el modelo.

De esta manera, la propuesta de modelo para estimar el consumo de agua potable requerida por hogar para la Comuna de Colina queda expresada de la forma siguiente:

$$Y = - 2,63 - 1,84 X_1 + 1,970 X_2 - 0,663 X_3 + 3,77 X_4 + 0,519 X_5 - 0,58 X_6 + 2,652 X_7 + 0,237 X_8$$

5.3. Construcción del Modelo

A partir de las primeras estimaciones realizadas, en donde se consideró incluir todas las variables, se observó que no todas resultan atractivas estadísticamente para el modelo. Se optó por la opción de eliminar variables explicativas que no resulten significativas, todo esto con la finalidad de que el modelo resulte consistente.

5.3.1 Stepwise

Para la construcción del modelo utilizaremos una metodología iterativa, denominada modelo paso a paso que permite encontrar el mejor modelo mediante la agregación de variables (paso a paso hacia adelante) o la eliminación de variables (paso a paso hacia atrás). Todo lo anterior con un alpha igual a un 5%.

i) Paso a paso hacia adelante:

Tabla 7: Resumen del modelo

Resumen del Modelo			
S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R- cuad. (pred)
5,25826	62,56%	60,98%	58,22%

Fuente: Elaboración propia, a partir de resultados obtenido en Minitab 17.

Tabla 8: Coeficientes

Coeficientes					
Término	EE del Coef.	Coef.	Valor T	Valor P	VIF
Constante	-4,95	2,29	-2,16	0,033	
X2	1,846	0,287	6,43	0,000	1,05
X4	3,21	1,25	2,56	0,012	1,2
X7	2,568	0,37	6,94	0,000	1,16
X8	0,238	0,102	2,32	0,022	1,05

Fuente: Elaboración propia, a partir de resultados obtenido en Minitab 17.

Obteniéndose la siguiente ecuación de regresión:

$$Y = - 4,95 + 1,846 X_2 + 3,21 X_4 + 2,568 X_7 + 0,238 X_8$$

ii) Paso a paso hacia atrás:

Tabla 9: Resumen del modelo

Resumen del Modelo			
S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R- cuad. (pred)
5,25826	62,56%	60,98%	58,22%

Fuente: Elaboración propia, a partir de resultados obtenido en Minitab 17.

Tabla 10: Coeficientes

Coeficientes				
Término	EE del Coef.	Coef.	Valor P	VIF
Constante	-4,95	2,29	0,033	
X2	1,846	0,287	0,000	1,05
X4	3,21	1,25	0,012	1,2
X7	2,568	0,37	0,000	1,16
X8	0,238	0,102	0,022	1,05

Fuente: Elaboración propia, a partir de resultados obtenido en Minitab 17.

Obteniéndose la siguiente ecuación de regresión:

$$Y = - 4,95 + 1,846 X_2 + 3,21 X_4 + 2,568 X_7 + 0,238 X_8$$

5.3.2. Mejores subconjuntos

Los resultados obtenidos fueron:

Tabla 11: Mejores subconjuntos

Vars	R-cuad.	R-cuad. (ajust)	R-cuad. (pred)	Cp Mallows	S	1	2	3	4	5	6	7	8
1	37,1	36,4	34,2	62,5	6,7128				X				
1	28,1	27,3	24,4	85,1	7,1754		X						
2	56,9	56,0	54,1	14,5	5,5831		X					X	
2	43,1	41,9	39,0	49,3	6,4158				X			X	
3	60,4	59,2	56,6	7,6	5,3775		X		X			X	
3	60,0	58,7	56,6	8,8	5,4087		X					X	X
4	62,6	61,0	58,2	4,3	5,2583		X		X			X	X
4	61,3	59,7	56,7	7,4	5,3455		X	X	X			X	
5	63,3	61,3	58,1	4,4	5,2337		X	X	X			X	X
5	62,9	61,0	58,0	5,3	5,2605	X	X		X			X	X
6	63,7	61,4	57,9	5,4	5,2324	X	X	X	X			X	X
6	63,4	61,0	57,4	6,1	5,2541		X	X	X	X		X	X
7	63,8	61,1	57,2	7,0	5,2512	X	X	X	X	X		X	X
7	63,7	61,0	57,9	7,3	5,2590	X	X	X	X		X	X	X
8	63,9	60,7	57,2	9,0	5,2790	X	X	X	X	X	X	X	X

Fuente: Elaboración propia, a partir de resultados obtenido en Minitab 17.

En este sentido, el modelo que se escoge debe ser el que más se parezca, en cuanto al total de variables, al Cp de Mallows y que a su vez tenga el mayor R^2 ajustado. Para nuestro caso resulta ser el modelo con 7 variables pues el Cp de Mallows es 7,3 y además posee un R^2 ajustado de 61%. Pese a que existen modelos con R^2 ajustados más grandes como lo es para el Cp de Mallows igual a 7 con R^2 ajustado de 61,1%, dicho modelo elimina la variable X_6 que representa la tenencia del subsidio de agua de una persona.

En comparación al modelo escogido que elimina X_5 (uso de la lavadora) sería mejor, pues al realizar un detalle de las respuestas se llega a número de 5 lavados o más

semanalmente, lo cual pareciera estar alterando el modelo por no representar la realidad de una persona.

5.4. Elección del modelo

. En base a los métodos de construcción de modelos presentados anteriormente, se ha decidido trabajar con el otorgado por el de los "Mejores Subconjuntos", debido a que posee un R^2 ajustado mayor al otorgado por el Paso a Paso hacia adelante y el Paso a Paso hacia atrás.

Finalmente pese a que existe la misma cantidad de variables significativas, es el que mejor estaría explicando la regresión lineal múltiple al tener una mayor cantidad de variables que se reparten entre cualitativas y cuantitativas.

La diferencia entre los modelos se detalla a continuación.

Tabla 12: Diferencia entre los modelos

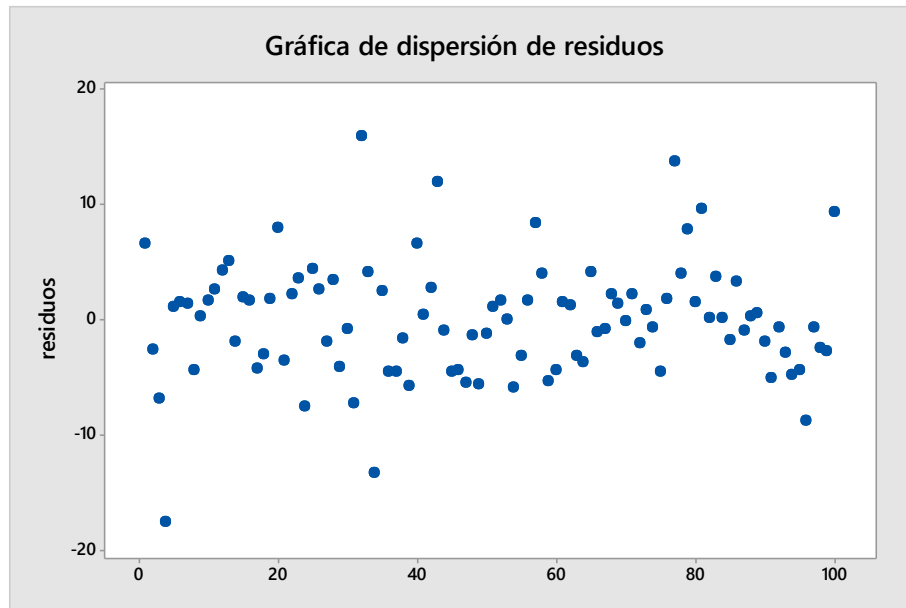
Variables	Paso a Paso adelante		Paso a Paso atrás		Mejores Subconjuntos	
	Variable escogida	Significancia	Variable escogida	Significancia	Variable escogida	Significancia
<i>Casa propia (X_1)</i>					✓	
<i>Cantidad de integrantes en el hogar (X_2)</i>	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<i>Cantidad de habitaciones (X_3)</i>					✓	
<i>Cantidad de baños en el hogar (X_4)</i>	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<i>Uso de la lavadora semanalmente (X_5)</i>						
<i>Tenencia de subsidio (X_6)</i>					✓	
<i>Nivel Socioeconómico (X_7)</i>	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<i>Temperatura promedio mensual (X_8)</i>	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<i>Ajuste</i>	R^2 Ajust = 60,67%		R^2 Ajust = 60,67%		R^2 Ajust = 61%	

Fuente: Elaboración propia, a partir de resultados obtenido en Minitab 17.

5.5. Análisis de Residuales

5.5.1. Análisis de residuales de forma gráfica

Ilustración 9: Gráfica de dispersión de residuos.



Fuente: Elaboración propia en Minitab 17.

Dada la situación anterior, se observa que es bastante difícil ver de manera gráfica si un residual se considera como atípico e influyente, por tanto, se procederá a comprobar mediante criterios la influencia y atipicidad de cada observación.

5.5.2. Datos atípicos

Haciendo uso de los residuales estudentizados, se tiene que para el total de 100 observaciones (redondeando a dos decimales) obtenemos:

Tabla 13: Datos Atípicos

Observaciones	Y	Ajuste	Residuo	R. est.
4	13,00	30,56	-17,56	-3,42
32	46,00	29,98	16,02	3,14
34	11,00	24,21	-13,21	-2,62
43	33,00	20,94	12,06	2,33
77	40,00	26,22	13,78	2,67

Fuente: Elaboración propia, a partir de resultados obtenido en Minitab 17.

5.5.3. Observaciones Influyentes

Tabla 14: Observaciones Influyentes

Observaciones	Dcook
3	0,046
4	0,071
20	0,059
32	0,080
34	0,076
39	0,092

Fuente: Elaboración propia, a partir de resultados obtenido en Minitab 17.

Finalmente los posibles candidatos a eliminar son las observaciones en los lugares 4, 32 y 34 pues presentan la naturaleza de ser atípicos e influyentes, además podría estar pivotando nuestro modelo.

En base a lo obtenido se probará eliminar dichas observaciones del modelo de regresión lineal (es decir las observaciones 4, 32 y 34). Posterior a ello se analizara la distribución normal del nuevo modelo.

El resumen y coeficientes del modelo tras eliminar las observaciones se muestran a continuación:

Tabla 15: Resumen del Modelo

Resumen del Modelo			
S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R- cuad. (pred)
4,47517	71,29%	69,04%	65,99%

Fuente: Elaboración propia, a partir de resultados obtenido en Minitab 17.

Tabla 16: Coeficientes

Coeficientes					
Término	EE del Coef.	Coef.	Valor T	Valor P	VIF
Constante	-1,740	3,44	-0,51	0,614	
X1	-1,960	1,51	-1,30	0,197	1,02
X2	2,216	0,272	8,16	0,000	1,28
X3	-0,728	0,393	-1,85	0,067	1,65
X4	4,480	1,160	3,87	0,000	1,31
X6	-0,840	2,670	-0,31	0,755	1,04
X7	2,658	0,338	7,86	0,000	1,29
X8	0,1856	0,0894	2,08	0,041	1,06

Fuente: Elaboración propia, a partir de resultados obtenido en Minitab 17.

Ecuación de regresión:

$$Y = -1,74 - 1,96 X_1 + 2,216 X_2 - 0,728 X_3 + 4,48 X_4 - 0,84 X_6 + 2,658 X_7 + 0,1856 X_8$$

Se observa que el modelo mejora tras la eliminación de las 3 observaciones atípicas e influyentes, aumentando su R^2 ajustado del 61% al 69,04%.

La validez de un modelo de regresión debe soportarse por el cumplimiento de las condiciones o supuestos de la regresión, es decir, debe haber condiciones para garantizarlo, por lo que se debe examinar y cumplir la situación de linealidad, homocedasticidad, independencia, normalidad y no colinealidad.

5.6. Normalidad del Error

Para verificar la normalidad del error se realizara a continuación las pruebas de Kolmogorv-Smirnov y la prueba de Anderson- Darling del modelo escogido por el método de los mejores subconjuntos. Junto al análisis de otras prueba de normalidad.

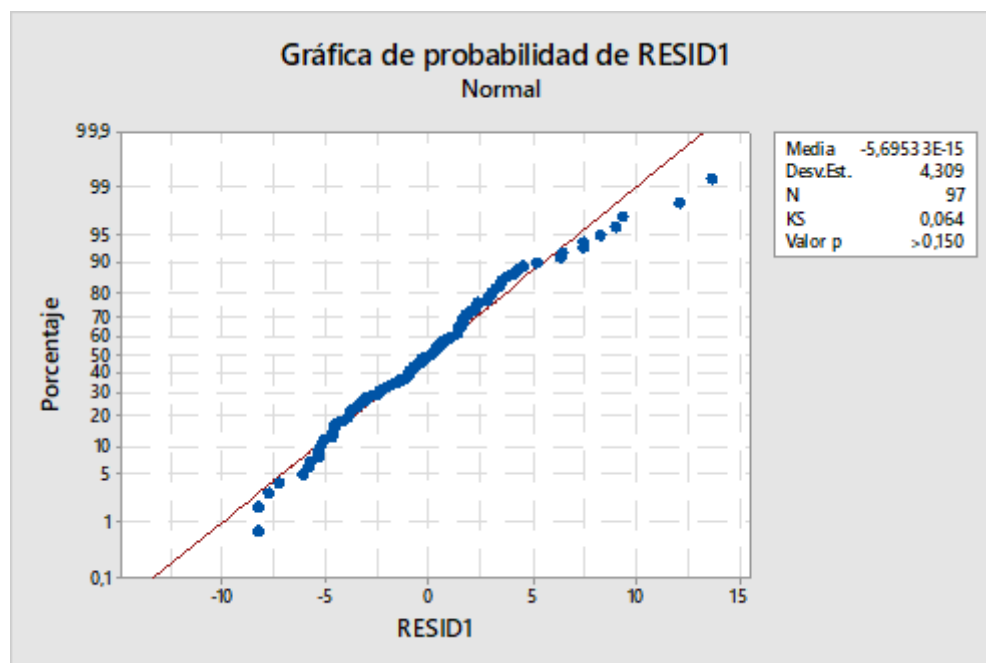
Para todas las pruebas aplicadas se utiliza la misma hipótesis:

Ho: Normalidad del error Ha: No Normalidad del Error

Una vez determinado el estadístico, se utilizara el valor-p obtenido para concluir. En este caso si al cumplir la condición de $\text{valor-p} > 5\% \Rightarrow$ Se Aceptara la hipótesis Nula (Ho).

Prueba de Kolmogorv-Smirnov:

Ilustración 10: Gráfica de Probabilidad de Residuo KS

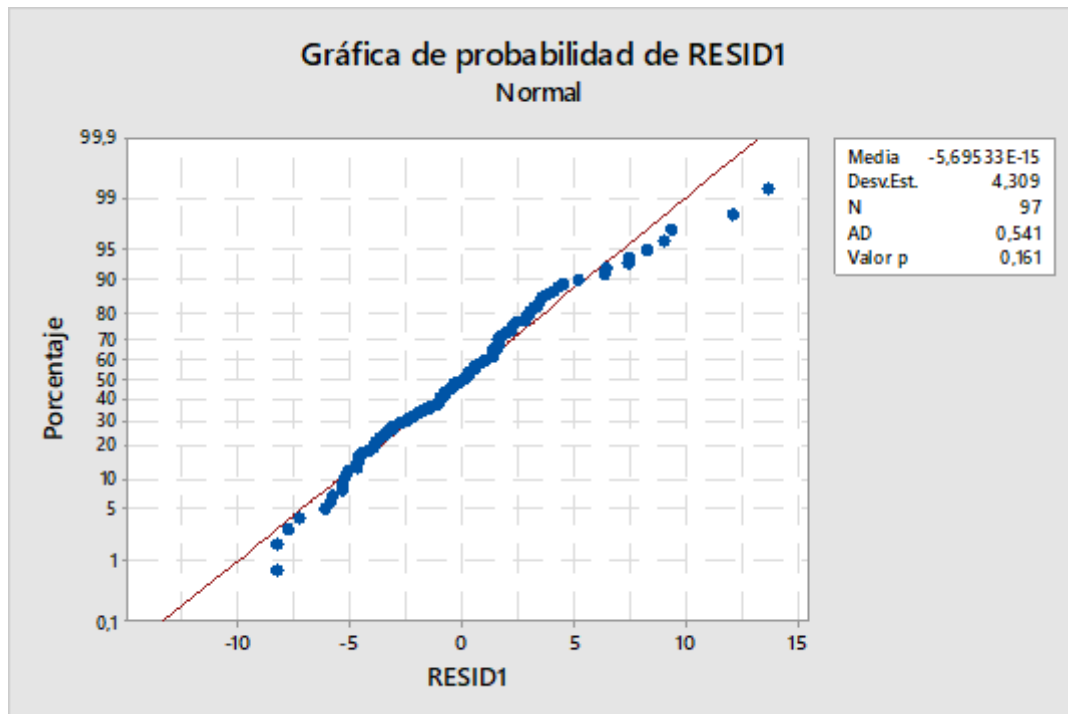


Fuente: Elaboración propia en Minitab 17.

En este caso el valor-p obtenido fue de 0,150 (15%), resultando ser mayor al 5%. Lo que implica que se Acepta H_0 , pudiendo inferir así Normalidad del Error mediante el test Kolmogorv-Smirnov.

Prueba de Anderson-Darling:

Ilustración 11: Gráfica de Probabilidad de Residuos AD

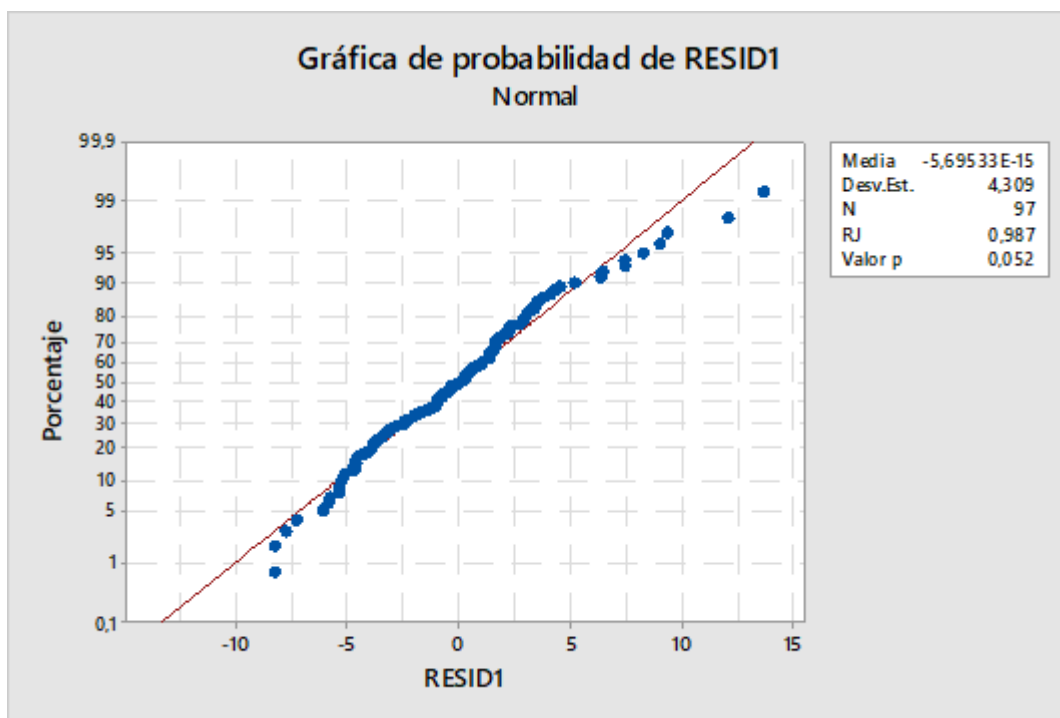


Fuente: Elaboración propia Minitab 17.

En este caso el valor-p obtenido fue de 0,161 (16,1%), resultando ser mayor al 5%. Lo que implica que se Acepta H_0 , pudiendo inferir así Normalidad del Error mediante el test de Anderson - Darling.

Prueba de Ryan-Joyner

Ilustración 12: Gráfica de Probabilidad de Residos RJ



Fuente: Elaboración propia Minitab 17.

En este caso el valor-p obtenido fue de 0,052 (5,2%), resultando ser mayor al 5%. Lo que implica que se Acepta H_0 , pudiendo inferir así Normalidad del Error mediante el test de Ryan-Joyner.

Mediante el uso de los test señalados anteriormente podemos verificar que el error se distribuye normal, cumpliendo de esta forma con el supuesto de normalidad que requiere la regresión lineal múltiple.

5.7. Análisis de Multicolinealidad

Para este caso se hará uso el factor de inflación de la varianza (VIF), el cual señala cuanto aumentó la varianza de un coeficiente a causa de las correlaciones entre las predictoras en el modelo.

Tabla 17: Factor de Inflación de la Varianza

Variables	VIF
Casa propia (X_1)	1,02
Cantidad de integrantes en el hogar (X_2)	1,28
Cantidad de habitaciones (X_3)	1,65
Cantidad de baños en el hogar (X_4)	1,31
Tenencia de subsidio (X_6)	1,04
Nivel Socioeconómico (X_7)	1,29
Temperatura promedio mensual (X_8)	1,06

Fuente: Elaboración propia, a partir de resultados obtenido en Minitab 17.

Como se puede observar en la tabla 16, todos los valores VIF son menores a 5 y muy cercanos a 1, lo cual indica que las variables predictoras no presentan problemas asociados a multicolinealidad.

5.8. Verificación de Homocedasticidad

Para verificar este supuesto se hará uso del Test de Breusch-Pagan (BP). Tras realizar el estadístico BP bajo la siguiente hipótesis:

Ho: Homocedasticidad

Ha: Heteroscedasticidad

A partir del software Minitab 17 se obtuvo:

BP = 6.7439, mientras que el valor-p obtenido a través del estadístico fue de 4,56%

Mediante los resultados conseguidos podemos rechazar la hipótesis nula (H_0), dado que el valor-p obtenido es menor al 5%, detectando así problemas de Heteroscedasticidad en el modelo analizado.

5.9. Corrección Heteroscedasticidad

Dados los resultados de la prueba de Breusch- Pagan se detecto la presencia de heteroscedasticidad. Para realizar la corrección de la Heteroscedasticidad se analizara que variables son las que están causando esta, para ello se hará uso de los Mínimos Cuadrados Generalizados (MCG) y así lograr una estimación correcta de los parámetros.

Como hay más de una variable que causa Heteroscedasticidad (X_1 , X_3 y X_6), se procede a ocupar el Y ajustado para corregir la Heteroscedasticidad.

En nuestro caso al corregir manualmente y utilizando Excel obtenemos como modelo:

$$Y = - 2,1424 - 2,4002 X_1 + 2,0355 X_2 - 0,728 X_3 + 4,48 X_4 + 0,3365 X_6 + 2,5325 X_7 + 0,0659 X_8$$

La estimación de MCO corregidos a través del procedimiento Y ajustados, es un método que resulta interesante ya que cumple con las expectativas de los parámetros dando como resultado estimadores consistentes haciendo que el modelo obtenga estadísticos significativos y representativos con los cuales se puede realizar un mejor análisis respecto al consumo de agua de los hogares de Colina.

8.9. Modelo Final

Tras hacer todas las modificaciones (para el caso de Heteroscedasticidad) y analizar los supuestos necesarios, el modelo final del consumo de agua residencial mensual para la Comuna de Colina, puede calcularse con la siguiente expresión:

$$Y = - 2,1424 - 2,4002 X_1 + 2,0355 X_2 - 0,728 X_3 + 4,48 X_4 + 0,3365 X_6 + 2,5325 X_7 + 0,0659 X_8$$

Tabla 18: Significancias de los parámetros

Variables	Coeficientes	Error estándar	Estadístico T	E >Valor tabla
Intercepto	-2,14244073	64,16790787	-0,03338804	SIGNIFICATIVO
X1	-2,40017714	30,41085152	-0,07892502	SIGNIFICATIVO
X2	2,03548926	6,554337419	0,31055607	SIGNIFICATIVO
X3	-0,15162543	9,521127717	-0,01592515	NO SIGNIFICATIVO
X4	3,32297582	29,74463851	0,11171680	SIGNIFICATIVO
X6	0,33653851	42,45674047	0,00792662	NO SIGNIFICATIVO
X7	2,53248871	7,379582610	0,34317506	SIGNIFICATIVO
X8	0,06596974	1,825005589	0,03614769	SIGNIFICATIVO

Fuente: Elaboración propia, a partir de resultados obtenido en Minitab 17.

En la tabla 17 se presenta la estimación de los coeficientes asociados a cada una de las variables explicativas junto a su error estándar y el estadístico t de significación individual.

El coeficiente recoge el valor de los estimadores de los parámetros relacionados a cada una de las variables explicativas, cada uno de estos coeficientes recoge el cambio que experimenta la variable dependiente ante un cambio en la variable explicativa suponiendo que las otras variables permanecen constantes; los errores estándar indican el grado de confianza que se pueden obtener de las estimaciones; y el estadístico t permite contrastar la

hipótesis $H_0 : B_t = 0$ frente a $H_i : B_t \neq 0$, es decir, la variable analizada no es individualmente significativa para explicar el comportamiento de la variable endógena.

Los coeficientes de las variables explicativas tipo de vivienda, cantidad de integrantes, cantidad de baños, nivel de ingresos y temperatura media mensual, de acuerdo con la estimación pertinente a la tabla 17 son estadísticamente significativos (valor tabla, estadístico $t \approx 0,031426$) con un nivel de confianza del 95%.

Tabla 19: Tabla Andeva Modelo Final

	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	Fratio
Regresión	4318,13203	7	616,876004	29,029643
Error	1891,23802	89	21,2498653	
Total	6209,37005	96	64,680938	

Fuente: Elaboración propia, a partir de resultados obtenido en Minitab 17.

En términos globales es posible observar que debido al buen ajuste del modelo, el análisis global de las regresoras presenta un estadístico F de 29,03 y valor p de 0,001, menor a 0,01, por lo que globalmente las regresoras son significativas para el modelo rechazándose la hipótesis nula.

Coefficiente de determinación

$$R^2 = \frac{SC_{regresión}}{SC_{total}} = \frac{4318,132}{6209,37} = 0,695421918469112 \approx 69,54\%$$

Se puede observar que se lograron resultados bastantes satisfactorios para el modelo, ya que se logró un valor de R^2 de 69.54%, mostrando un alto poder explicativo de las variables seleccionadas.

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El agua se considera como el recurso natural más importante del mundo. A diferencia de otros recursos, éste no puede ser sustituido y se contempla como la base del desarrollo social y económico de los países. Es indiscutible que la disponibilidad y un adecuado suministro del agua han marcado el progreso de la sociedad.

En los últimos años, el tema del agua se ha sometido a intensa discusión debido a su escasez en muchas partes, no solo en Chile sino en otros países del mundo. Existe una gran preocupación por parte de los organismos públicos, privados y la sociedad por buscar nuevas alternativas para administrar y dar un mejor manejo al agua.

Haciendo referencia a la Comuna de Colina, ésta representa un polo de desarrollo a nivel nacional por sus actividades económicas y las características del entorno, trayendo consigo un alto índice de población debido a que las personas buscan mejorar el bienestar de su familia; como consecuencia se presentan problemas relacionados con el suministro de los principales servicios (agua, luz, drenaje, basura, transporte, etc.) para su abastecimiento.

Actualmente el suministro de agua en la Comuna está a cargo de 5 empresas sanitarias –Sembcorp Aguas Chacabuco, Aguas Colina, Aguas San Pedro, Aguas Manquehue, Aguas Santiago- que proporcionan el 99% del abastecimiento a la población. En las áreas rurales existen diversas soluciones, entre las que destacan los variados Comités de Agua Potable Rural y las soluciones particulares a través de pozos y norias.

La prioridad de la presente investigación se enfocó en investigar la relación que existe entre el consumo de agua de los hogares y su dependencia con variables explicativas,

como el ingreso por hogar, temperatura promedio mensual, composición y características del hogar.

El procedimiento de la investigación consistió en la estimación de mínimos cuadrados ordinarios, el cual presento problemas de en la varianzas de las perturbaciones debido a que se manejaron datos de corte transversal, haciendo que el modelo empleado no fuera consistente y por consiguiente no se encontraran resultados confiables. Para adecuar el modelo se utilizo el método Y ajustado haciendo con ello cumplir los supuestos del modelo llegando a obtener estimaciones con inferencia valida.

De la regresión estimada se encontró que las variables explicativas como: Casa propia (X_1), Cantidad de integrantes (X_2), Cantidad de baños (X_4), Nivel de Ingreso (X_7) y Temperatura promedio mensual (X_8), resultan ser significativas para el modelo individualmente. Mientras que las variables Cantidad de baños, Cantidad de integrantes y Nivel de Ingreso, son las que presentan mayor relación con el patrón consumo de agua, arrojando una correlación de 40,2%, 53% y 60,9 % respectivamente.

Se obtuvo un R^2 de 69.54%, lo que indica un alto poder explicativo de las variables seleccionadas. Se encontraron los signos esperados para cada una de las variables llevando con ello a que el modelo estimado es altamente significativo estadísticamente y por lo tanto confiable para la investigación.

Una de las limitaciones de este estudio fue no poder introducir más factores explicativos como son el tamaño del terreno, aspectos culturales, antigüedad de la vivienda, edad, entre otros, variables que desempeñan una función importante para la determinación

del consumo de los hogares. Resulta muy complejo obtener información más detallada e individual mediante encuestas en el domicilio.

Otra limitante en la investigación quedo en evidencia al momento de realizar las encuestas en terreno dado que fue imposible tomar una muestra aleatoria a toda la población, por lo que se tuvo que emplear la técnica de muestre no probabilístico.

Los resultados obtenidos en la investigación son tolerables y pueden ser utilizados con certeza para acciones de planificación que se relacionen con el suministro de agua en la comuna de Colina. Así mismo, pueden servir como referente para otras localidades urbanas con características similares.

RECOMENDACIONES

Ante la inexistencia de investigaciones relativas a nuevos métodos de predicción de demanda de agua en zonas urbanas en nuestro país, este estudio cubre una importante laguna, al desarrollar una novedosa metodología, en predicción de datos de consumo de agua incorporando nuevas variables.

Se sugiere realizar planes de monitoreo y seguimiento de las estimaciones con el fin de evaluar y determinar qué factores están influyendo en la demanda de agua urbana. Analizar y comprender los factores socioeconómicos, demográficos y territoriales que afectan y modifican la demanda, son de suma importancia para entender la evolución de la demanda. Es por eso que se recomienda investigar e identificar los factores influyentes en cada zona de estudio.

Además de estudios de demanda de agua urbana, se deben realizar talleres de expertos donde se discuta la evolución y uso del recurso, con el fin de tener una idea clara sobre la situación actual y los posibles escenarios de requerimientos de agua en cada zona. También sería bueno considerar otras fuentes de información como la encuesta de satisfacción y calidad de la Superintendencia de Servicios Sanitarios, con el fin de complementar y trabajar con la mayor información posible en dicha estimación.

Algunas de las variables socioeconómicas que resultan de interés en esta investigación como cantidad de habitaciones y baños, cantidad de integrantes y nivel de ingresos, también muestran información cuantitativa que puede servir como base para el diseño de políticas públicas en los ámbitos del planeamiento urbano y gestión ambiental

que podrían, en el mediano y largo plazo, contribuir a mejorar el bienestar de la sociedad, que van desde la adopción de dispositivos de consumo eficiente dentro y fuera de las viviendas hasta el diseño de planes maestros de mantenimiento de las redes de abastecimiento de agua potable y saneamiento.

Es de vital importancia aplicar medidas no solo estructurales por parte de las concesionarias, se puede de igual forma educar a los consumidores actuando sobre la demanda para fomentar hábitos dirigidos a disminuir el consumo y aumentar la eficiencia en el uso del agua entre los consumidores.

Debe tenerse presente, en relación a la utilidad de los distintos modelos de estimación, el verdadero desafío no consiste en dominar las técnicas econométricas necesarias para realizar la valoración económica del agua, sino en la capacidad de reflejar en las decisiones de gobernabilidad y gestión los diversos valores del recurso, reconocido por sus múltiples usuarios.

BIBLIOGRAFÍA

BARBERÁN, R. Y SALVADOR, M. (2010). *El uso del agua en los hogares de la ciudad de Zaragoza*.

CONAMA. 2007. *Estudio de la variabilidad climática en Chile para el siglo XXI*. Disponible en <http://www.dgf.uchile.cl/PRECIS/>

CUBILLO, F.; MORENO, T. Y ORTEGA, S. (2008): “*Microcomponentes y factores explicativos del consumo doméstico de agua en la Comunidad de Madrid*”. Colección Cuadernos de I+D+i. Canal de Isabel II, Madrid.

DIRECCIÓN GENERAL DE AERONÁUTICA CIVIL (2017), *Informe Climatológico temperaturas medias*. Consultado en: <http://164.77.222.61/climatologia/>

DOMENE, E. Y SAURÍ, D. (2006). *Urbanization and wáter consumption: Influencing factors in the Metropolitan Region of Barcelona*.

GARCÍA, V. (2006). *Estimación de la demanda de uso domestico en Torreón. Tesis de Maestría, Universidad Autónoma de Nuevo León, México*.

GUJARATI, D. (2010). *Econometría*. Editorial Mac Graw Hill. Mexico: 5ta. Edición.

ILUSTRE MUNICIPALIDAD DE COLINA (2017). *Diagnostico Comunal 2015- 2019*. Consultado en:

https://www.colina.cl/wp-content/uploads/2017/06/diagnostico_comunal_colina.pdf

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS (2017). *Censo Nacional de población y vivienda 2002*. Consultado en:
<http://redatam.ine.cl/cgi-bin/RpWebEngine.exe/PortalAction?&MODE=MAIN&BASE=CPCHL2KCOM&MAIN=WebServerMain.inl>

JARAMILLO-MOSQUEIRA, LUIS (2005). “*Evaluación Econométrica de la Demanda de Agua de Uso Residencial en México*”, *El Trimestre Económico*, Vol. 72.

MIRALLES-WILHELM, FERNANDO (2014). *Recursos hídricos y adaptación al cambio climático en Latinoamérica y el Caribe: directrices estratégicas y líneas de acción propuestas*. Recuperado de:
<http://www.asocam.org/biblioteca/files/original/8c024a3b987e43f3accc9d690d51f83b.pdf>

OJEDA DE LA CRUZ, A., QUINTANA PACHECO, J. Y GARCÍA ARVIZU, F. (2015). *Un estudio del consumo de agua residencial urbana: El caso de Hermosillo, Sonora*.

RUIZ ALVAREZ, C. (2015). *Determinantes del consumo de agua potable en Santiago de Chile a nivel residencial. Tesis de Magister en Economía Agraria, Pontificia Universidad Católica de Chile*.

SOPORTE MINITAB 18 (2018). *Soporte Técnico del Software*. Obtenido en:
<http://support.minitab.com/es-mx/minitab/18/>

SUPERINTENDENCIA SERVICIOS SANITARIOS (2017). *Informes de gestión*. Recuperado de: <http://www.siss.gob.cl/586/w3-propertyvalue-6415.html#gestion>

SUPERINTENDENCIA SERVICIOS SANITARIOS (2017). *Informe Sector Sanitario: Facturación mensual*. Recuperado de: <http://www.siss.gob.cl/586/w3-propertyvalue-6415.html#facturacion>.

SUPERINTENDENCIA SERVICIOS SANITARIOS (2017). *Informe Sector Sanitario: Coberturas*. Recuperado de: <http://www.siss.gob.cl/586/w3-propertyvalue-6415.html#coberturas>

VELÁSQUEZ TRUJILLO, J. (2009). *Estimación de la demanda de agua urbana residencial: Factores que la afectan, conservación del recurso y planteamiento metodológico desde el ordenamiento territorial y las medidas de conservación*.

UNESCO (2018), *El Agua y el Empleo, cifras y datos*. Consultado en: <http://unesdoc.unesco.org/images/0024/002440/244041s.pdf>

ANEXOS

Cuestionario Estimación consumo de agua por hogar

1.- Esta vivienda, ¿la tiene en propiedad o es arrendada?:

a) Casa Propia

b) Casa Arrendada

2.- Indique la cantidad de integrantes que viven en el hogar.

3.- Indique el número de habitaciones que posee el hogar (Dormitorios, cocina, baño, etc)

4.- Señale la cantidad de baños que posee el hogar.

5.- Señale la cantidad de veces que utiliza la lavadora semanalmente.

a) 1 a 2 veces

b) 3 a 4 veces

c) 5 o más

6.- ¿Algún integrante del hogar cuenta con subsidio de agua potable otorgado por la Municipalidad?

7.- Indicar nivel de ingreso mensual del grupo familiar

- a) \$ 158.000
- b) \$ 307.000
- c) \$ 503.000
- d) \$ 810.000
- e) \$ 1.374.000
- f) \$ 2.070.000
- g) \$ 4.386.000

8.- Indicar número de cliente correspondiente a su boleta del agua (Ejemplo foto)

Esta situación se presenta en la siguiente gráfica:



Fuente: Superintendencia Servicios Sanitarios