

UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO

FACULTAD DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL

Profesor Patrocinante: Mg. Felipe Torres Guzmán



**VARIABLES INFLUYENTES EN EL GASTO
MUNICIPAL DEBIDO A LA GESTIÓN DE
RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN 82
COMUNAS DE CHILE**

Proyecto de Título presentado en conformidad a los requisitos para obtener el
Título de Ingeniero Civil

EDUARDO ALBERTO DAZA VALENZUELA

Concepción, septiembre de 2019

DEDICATORIA

Memoria dedicada a mi familia, quienes con su apoyo incondicional lograron que esto fuera posible.

NOMENCLATURA

RSM: Residuos Sólidos Municipales.

RSD: Residuos Sólidos Domiciliarios.

RSU: Residuos Sólidos Urbanos.

I.N.E: Instituto Nacional de Estadística.

SINIM: Sistema Nacional de Información Municipal.

IDP: Índice de Pobreza.

ONU: Organización de Naciones Unidas.

INDICE GENERAL

INDICE DE TABLAS.....	VI
RESUMEN.....	1
ABSTRACT	2
1 INTRODUCCIÓN.....	3
2 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	4
3 OBJETIVOS	5
3.1 Objetivo General	5
3.2 Objetivo Específico	5
4 MARCO CONCEPTUAL.....	6
4.1 Comuna	6
4.2 Municipalidad	6
4.3 Medio Ambiente	6
4.4 Sostenibilidad del Sistema Ecológico	6
4.5 Residuos Sólidos	6
4.6 Clasificación de Residuos Sólidos.....	7
4.7 Residuos Sólidos Urbanos	8
4.8 Recolección y Transporte de Residuos Sólidos Urbanos	8
4.9 Tratamiento de Residuos Sólidos Orgánicos.....	8
4.10 Disposición Final de Residuos Sólidos Urbanos.....	9
4.11 Normativa.....	9
4.12 Gasto Total Anual Debido a la Gestión de Residuos Sólidos Urbanos	9
5 REVISIÓN DE LA LITERATURA	10
6 METODOLOGÍA.....	13

6.1	Diseño y Estructura Metodológica	14
6.2	Recolección de Datos.	14
6.3	Función Básica de Gasto Total Anual en RSU	15
6.4	Procesamiento de Datos	16
7	RESULTADOS Y ANÁLISIS	20
7.1	Estadística Descriptiva de Variables en Estudio.....	20
7.2	Modelo Explicativo del Gasto total Anual en RSU mediante Panel de Datos.....	22
8	CONCLUSIONES	26
9	RECOMENDACIONES.....	27
10	BIBLIOGRAFÍA.....	28
	ANEXOS.....	31
	ANEXO A.....	31
	Comunas Chilenas en Estudio.....	31
	ANEXO B.....	36
	b.1 Efectos Fijos	36
	b.2 Efectos Aleatorios.....	36
	b.3 Test de Hausman.....	37
	ANEXO C	38
	Promedio Toneladas Per-cápita de RSU por Comuna.....	38

• **INDICE DE TABLAS**

Tabla 1.1: Identificación de Variables Explicativas del Gasto Total Anual en RSU.....	9
Tabla 1.2: Identificación de Variables Explicativas del Gasto Total Anual en RSU.....	10
Tabla 2: Datos y sus Fuentes	16
Tabla 3: Caracterización de las 82 Comunas en Estudio	17
Tabla 4: Correlación entre Gasto Total Anual en RSU con Variables Influyentes	18
Tabla 5: Modelo de Efectos Aleatorios	19
Tabla 6: Predicción de Gasto en Comuna de Talca Durante período 2012-2017	20
Tabla 7: Predicción de Gasto en Comuna de Alto Hospicio Durante período 2012-2017.....	21
Tabla 8: Predicción de Gasto en Comuna de Pudahuel Durante período 2012-2017	22
Tabla 9: Predicción de Gasto en Comuna de San Miguel Durante período 2012-2017.....	22

VARIABLES INFLUYENTES EN EL GASTO MUNICIPAL DEBIDO A LA GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN 82 COMUNAS DE CHILE

Autor: Eduardo Daza Valenzuela

Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Universidad del Bío-Bío.
eduardo.daza1401@alumnos.ubiobio.cl

Profesor Patrocinante: Felipe Torres Guzmán

Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Universidad del Bío-Bío.
fettorresg@gmail.com

RESUMEN

El presente trabajo busca determinar las variables significativamente influyentes en el gasto total anual en que incurren los municipios debido a la gestión de residuos sólidos urbanos. Las variables examinadas son las siguientes; tonelaje de residuos sólidos urbanos, índice de pobreza, matrículas en educación básica y densidad poblacional. Entre las variables consideradas, las que afectan al gasto total anual debido a la gestión de residuos sólidos urbanos son: índice de pobreza y toneladas de residuos. En concreto un mayor índice de pobreza conduce a una baja inyección de recursos económicos a la gestión de residuos sólidos urbanos, y una mayor generación de residuos sólidos urbanos conduce a un encarecimiento de la gestión de éstos. En cambio, las variables matrículas en educación básica y densidad poblacional no influyen en el gasto total anual debido a la gestión de residuos sólidos urbanos en las comunas estudiadas.

Palabras claves: Residuos Sólidos Urbanos, Gasto Total Anual, Índice de Pobreza

6250 palabras Texto + 12 Figuras/Tablas*250 +6 Figuras/Tablas*500 = 12250 Palabras totales

INFLUENCING VARIABLES IN THE MUNICIPAL DUE EXPENSE TO THE MANAGEMENT OF URBAN SOLID WASTE IN 82 COMUNES OF CHILE

Author: Eduardo Daza Valenzuela

Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Universidad del Bío-Bío.
eduardo.daza1401@alumnos.ubiobio.cl

Sponsoring Professor: Felipe Torres Guzmán

Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Universidad del Bío-Bío.
fettorresg@ubiobio.cl

ABSTRACT

This paper seeks to determine the significantly influential variables in the total annual expenditure incurred by the municipalities due to the management of urban solid waste. The variables examined are the following; urban solid waste tonnage, poverty index, enrollment in basic education and population density. Among the variables considered, those that affect the total annual expenditure due to the management of urban solid waste are: poverty index and tons of waste. Specifically, a higher poverty rate leads to a low injection of economic resources to the management of urban solid waste, and a greater generation of urban solid waste leads to an increase in the management of these. On the other hand, the enrollment variables in basic education and population density do not influence the total annual expenditure due to the management of urban solid waste in the communes studied.

Keywords: Urban Solid Waste, Total Annual Expenditure, Poverty Rate.

1 INTRODUCCIÓN

El progreso de un país va de la mano con la producción de bienes y servicios lo que implícitamente genera una gran cantidad de residuos. Desechos generados en casas y edificios tales como; alimentos, papeles, plásticos y metales se conocen como residuos sólidos urbanos, la acumulación de estos puede generar malos olores u atracción de vectores implicando problemas de salud para los habitantes, pero también implica un problema de espacio que se refleja en la creación de verteros ilegales o también la sobrecapacidad de rellenos sanitarios y vertederos respectivamente autorizados, es debido a esta situación es que es necesario la oportuna recolección, transporte y disposición de los residuos sólidos urbanos. Estos procesos de tratamiento de residuos generan un alto gasto económico para los municipios, cifras las cuales rondan los miles de millones de pesos y tienden a aumentar año tras año.

Actualmente en Chile existen 345 municipalidades, las cuales son responsables de la gestión de los residuos sólidos urbanos. Así lo indica la Ley Orgánica de Municipalidades y el Código Sanitario, deben encargarse del aseo y ornato de su comuna, por lo que le corresponde recolectar, transportar y eliminar las basuras, residuos y desperdicios que se generen por las actividades domésticas, en la vía pública y en sus distintos establecimientos (MINSAL, 1968).

El presente estudio busca explicar la variabilidad del gasto total anual debido a la gestión de residuos sólidos urbanos para una muestra de 82 comunas de Chile, considerando diferentes factores influyentes tales como; densidad poblacional, índice de pobreza, matriculas en educación básica y tonelaje de residuos, para ello se utilizó un modelo de regresión lineal en un panel de datos el cual entrega el grado de significancia de cada una de estas variables, las cuales aportaron finalmente para la elaboración de un modelo predictivo el que finalmente resulta poco preciso.

2 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

El Proyecto nace con la finalidad, de conocer las variables significativamente influyentes en el gasto total anual debido a la gestión de residuos sólidos urbanos, específicamente en 82 comunas de Chile. Cabe destacar que son miles de millones de pesos destinados a satisfacer este servicio y medidas tales como; reciclaje, reutilización y reducción de residuos ayudarían a generar un ahorro económico para las municipalidades. Se espera que este trabajo ayude a tomar conciencia de los recursos económicos que se desaprovechan producto de la generación de basuras, los cuales podrían ser aprovechados en obras civiles que mejoren la calidad de vida de las personas.

Los modelos matemáticos presentados en este proyecto pueden servir como antecedente de toma de decisiones para los respectivos departamentos de medio ambiente de las comunas a estudiar.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo General

- Determinar variables significativamente influyentes en el gasto total anual debido a la gestión de residuos sólidos urbanos, correspondientes a 82 comunas de Chile durante los años 2012-2017.

3.2 Objetivo Específico

- Identificar variables influyentes en el gasto total anual en residuos sólidos urbanos.
- Analizar variables influyentes en el gasto total anual en residuos sólidos urbanos.
- Obtener un modelo predictivo del gasto total anual en residuos sólidos urbanos para cualquiera de las 82 comunas en estudio.

4 MARCO CONCEPTUAL

4.1 Comuna

Se entiende por Comuna a una subdivisión administrativa menor que corresponde a una zona urbana, rural, o mixta.

4.2 Municipalidad

En Chile, según lo indica la ley N° 18.695, la administración local de cada comuna o un conjunto de comunas corresponde a las municipalidades, estas son corporaciones autónomas de derecho público, con personalidad jurídica y patrimonio propio, cuya finalidad es satisfacer las necesidades de la comunidad local y asegurar su participación en el progreso económico, social y cultural de las respectivas comunas.

Respecto a los residuos sólidos domiciliarios, su recolección, transporte y/o disposición final corresponderá a las municipalidades, con excepción de las que estén situadas en un área metropolitana y convengan con el respectivo gobierno regional que asuma total o parcialmente estas tareas.

4.3 Medio Ambiente

Se refiere a todo lo que rodea a los seres vivos, está conformado por elementos biofísicos (suelo, agua, clima, atmósfera, plantas, animales y microorganismos), y componentes sociales que se refieren a los derivados de las relaciones que se manifiestan a través de la cultura, la ideología y la economía (Segura y Jaimes, 2016).

4.4 Sostenibilidad del Sistema Ecológico

Hace referencia al concepto de Desarrollo Sostenible. Es el desarrollo que satisface las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades. Es decir, utilización óptima de los recursos naturales y medio ambiente con el fin de no perjudicar las condiciones futuras (Segura y Jaimes, 2016).

4.5 Residuos Sólidos

La primera legislación sobre residuos sólidos de la Unión Europea data de 1975 y establece como residuo cualquier sustancia u objeto del cual se desprenda su poseedor, o tenga la obligación de desprenderse en virtud de las disposiciones nacionales en vigor (CONAMA 2005).

Existen diversos tipos de residuos los cuales son; sólidos, líquidos, gaseosos y radiactivos, según la composición de estos. Los residuos sólidos son los que generalmente y en mayor cantidad se producen en ciudades.

4.6 Clasificación de Residuos Sólidos

Los tipos de residuos sólidos están relacionados con las actividades realizadas por su localización. A pesar de que son muchas y muy variadas las clasificaciones que han hecho sobre los residuos sólidos, estos se pueden clasificar por:

4.6.1 Estado

Un residuo es definido según el estado físico en el que se encuentra. Existen 3 tipos; los sólidos, líquidos y gaseosos. Los residuos gaseosos son denominados emisiones gaseosas como gas refrigerante.

4.6.2 Fuentes

Las fuentes de desechos sólidos están, en general, relacionados con el uso de la tierra y la zonificación. Aunque se puede clasificar las fuentes hasta un número indeterminado, se han encontrado útiles las siguientes categorías; residencial, comercial, municipal, industrial, áreas libres, plantas de tratamiento y agrícola. (Tchobanoglous, 1994).

4.6.3 Efectos

- Residuo peligroso: Son residuos que por su naturaleza son inherentemente peligrosos de manejar y/o disponer y pueden causar muerte, enfermedad, o que son peligrosos para la salud o el medio ambiente cuando son manejados de forma inapropiada.
- Residuo no peligroso o asimilables a urbanos: Son los residuos fermentables (materia orgánica) combustibles (papel, cartón, plástico, madera, gomas, cueros, trapos, etc.)
- Residuo inerte: Son residuos que no presentan ningún riesgo para el medio ambiente (cascarilla, chatarra, barros inertes, cenizas, polvos, arena, recortes de chapa, escorias y toda otra sustancia que no necesite ningún tratamiento previo a su disposición).

En el caso de los residuos sólidos municipales se pueden agrupar en grandes categorías, los putrescibles (biodegradables) y los no putrescibles (Henry y Heinke, 1999).

4.7 Residuos Sólidos Urbanos

Son aquellos generados en los domicilios particulares, comercios, oficinas y servicios, así como todos aquellos que no tengan la calificación de peligrosos y que por su naturaleza o composición puedan asimilarse a los producidos en los anteriores lugares o actividades.

Tendrán también la consideración de residuos urbanos los siguientes:

- Residuos procedentes de la limpieza de vías públicas, zonas verdes, áreas recreativas y playas.
- Animales domésticos muertos, así como muebles, enseres y vehículos abandonados.
- Residuos y escombros procedentes de obras menores de construcción y reparación domiciliaria.

4.8 Recolección y Transporte de Residuos Sólidos Urbanos

La recolección de residuos sólidos urbanos se define como el conjunto de actividades que incluye la recogida y transporte de los residuos sólidos desde los sitios destinados para su depósito o almacenamiento por parte de los generadores hasta el lugar donde serán descargados, este lugar puede ser una instalación de procesamiento de materiales, de tratamiento, de transferencia o de relleno sanitario (Jaramillo, 1999). Para esta actividad y para la disposición final, la empresas y municipios destinan la mayor parte de su presupuesto (Jaramillo, 2002), se estima que entre un 60% y 70% del costo total del servicio se utiliza para la recolección y disposición de los residuos sólidos urbanos.

4.9 Tratamiento de Residuos Sólidos Orgánicos

El tratamiento de residuos implica su alteración física, química o biológica, y se utiliza para mejorar la eficacia de las operaciones y sistemas de gestión de residuos, recuperar materiales reutilizables, reciclables y productos de conversión (por ejemplo, el compost) y producir energía en forma de calor y biogás combustible. Una condición previa para realizar la transformación y el reuso de residuos es la separación en la fuente (Suárez, 2000).

Si bien en Chile existen experiencias de tratamiento de residuos sólidos domésticos mediante técnicas de compostaje, éstas se vienen aplicando en municipios pequeños y comunidades rurales

4.10 Disposición Final de Residuos Sólidos Urbanos

Una vez recolectados los residuos, estos deben ser procesados para finalmente ser colocados en los lugares destinados para su disposición final, El procesamiento se realiza con la finalidad de separar los objetos voluminosos, separar los componentes de los residuos, la reducción de tamaño (trituration), separar los metales ferrosos y la reducción de volumen (compactación).

4.11 Normativa

4.11.1 Responsabilidad Extendida del Productor y Fomento al Reciclaje

La ley N.º 90.920 en el año 2016 en el artículo N°2a señala: el generador de un residuo es responsable de éste, así como de internalizar los costos y las externalidades negativas asociados a su manejo. La presente ley tiene por objeto disminuir la generación de residuos y fomentar su reutilización, reciclaje y otro tipo de valorización, a través de la instauración de la responsabilidad extendida del productor y otros instrumentos de gestión de residuos, con el fin de proteger la salud de las personas y el medio ambiente.

4.11.2 Prohíbe la Entrega de Bolsas Plásticas de Comercio en Todo el Territorio Nacional

La ley N.º 21.100 en el año 2018 en el artículo N°3 señala: Prohibición. Prohíbese a los establecimientos de comercio la entrega, a cualquier título, de bolsas plásticas de comercio. Se excluyen de esta prohibición las bolsas que constituyan el envase primario de alimentos, que sea necesario por razones higiénicas o porque su uso ayude a prevenir el desperdicio de alimentos.

4.11.3 Sanciona el Transporte de Desechos Hacia Vertederos Clandestinos

La ley N.º 20.879 en el año 2015 en el artículo 192 bis señala: El que encargue o realice, mediante vehículos motorizados, no motorizados o tracción animal, el transporte, traslado o depósito de basuras, desechos o residuos de cualquier tipo, hacia o en la vía pública, sitios eriazos, en vertederos o depósitos clandestinos o ilegales, o en los bienes nacionales de uso público, será sancionado con el pago de unidades tributarias mensuales según la gravedad del caso.

4.12 Gasto Total Anual Debido a la Gestión de Residuos Sólidos Urbanos

El gasto total anual en RSU, corresponde a un porcentaje del presupuesto municipal, se compone por; recolección, transporte, estación de transferencia (si es que corresponde) y disposición final.

Los contratos que realizan los municipios tienen dos costos diferentes: costo fijo, asociado al contrato realizado con la empresa respectiva, y el costo variable que depende de la cantidad de toneladas que llegan a disposición final. Este costo debe ser cancelado en dos oportunidades en la

estación de transferencia y luego en el relleno sanitario o vertedero. En la región Metropolitana, los costos de disposición final rondan los US\$12 por toneladas, mientras que el promedio nacional fluctúa entre los US\$16 y US\$25 por tonelada de residuos. Los municipios de esta región declaran que un 64% de los costos en que incurren corresponden a recolección y transporte, un 11% al servicio de transferencia y un 25% a la disposición final (ADAPT CHILE, 2016).

5 REVISIÓN DE LA LITERATURA

En este apartado se realiza un análisis de la literatura previa sobre las variables que influyen en el gasto total anual debido a la gestión de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU)

En las tablas N.º 1.1 y N.º 1.2 se presenta un resumen de variables influyentes consideradas por diversos autores, sin embargo, no todas estas variables podrán ser consideradas en el presente estudio por limitaciones de plazos.

Tabla 1.1: Identificación de Variables Explicativas del Gasto Total anual en RSU

Autores	Zonas	Variable Explicada	Variables Explicativas
Hirsch (1965) Citado 316 veces	EEUU	Costo Promedio	Frecuencia de recolección Densidad Poblacional Ubicación de recogida
Kitchen (1976) Citado 182 veces	Canadá	Costo Unitario Promedio	Población Densidad de Población Nevada Costo por camión a la semana Capacidad del camión Camiones especiales Personas por familia Acuerdo Contractual Superficie Residencial
Domberger, Meadow y Thompson (1986) Citado 396 veces	Reino Unido.	Costo Bruto Total	Contenedores de botellas Salario mano de Obra Frecuencia de recogida Densidad puntos de recogida Distancia al punto de disposición

			Cantidad de papel desechado Contrato privado
--	--	--	---

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 1.2: Identificación de Variables Explicativas del Gasto Total anual en RSU

Autores	Zonas	Variable Explicada	Variabes Explicativas
Dijkgraaf y Gradus (2003) Citado 200 veces	Holanda	Costo Total	Puntos de recogida Habitantes por punto Densidad de puntos Frecuencia de recolección Cantidad de Vidrio Cantidad de Papel Cantidad de vegetales
Ohlsson (2003) Citado 189 veces	Suecia	Costo Total	Ingreso Promedio Población Densidad de población Cantidad de residuos Frecuencia de recogida Distancia
Bel, G. y A. Miralles (2006) Citado 72 veces	España	Gasto Total	Cantidad de residuos de eliminación Cantidad de residuos selectivos Nivel Salarial Frecuencia Densidad Poblacional Actividad Turística Vertedero Orografía del territorio Producción Privada

Fuente: Elaboración Propia

La presente investigación considera como antecedente las siguientes variables explicativas, debido a su fácil disposición de información en organismos públicos.

5.1.1 *Índice de Pobreza*

El índice de pobreza es un parámetro estadístico desarrollado por la Organización de las Naciones Unidas (ONU), el cual mide privaciones en cuatro componentes básicos del desarrollo humano:

- Vida larga y saludable: la vulnerabilidad de morir a una edad relativamente temprana, medida según la probabilidad al nacer de no sobrevivir hasta los 60 años.
- Educación: exclusión del mundo de la lectura y de las comunicaciones, medida según el porcentaje de adultos (entre 16 años y 65 años) que carecen de aptitudes de alfabetización funcional.
- Nivel de vida digno: medido según el porcentaje de personas que viven por debajo del umbral de pobreza de ingresos (50% de la mediana del ingreso familiar disponible ajustado).
- Exclusión social: medida según la tasa de desempleo de larga duración (12 meses o más).

La variable índice de pobreza es propuesta en el presente estudio a modo de analizar su influencia sobre los gastos en que incurren los municipios debido a la gestión de los RSU.

5.1.2 *Matrículas en Educación Básica*

Matrículas en educación básica, corresponde al número de alumnos cursando educación básica.

Existen antecedentes que relacionan la variable matrículas en educación básica a la generación de residuos sólidos urbanos (Segura y Jaimes (2016)). Sin embargo, en la presente investigación se analizará su relación con el gasto municipal debido a la gestión de residuos sólidos urbanos

5.1.3 *Densidad de Población*

Densidad de población, corresponde a la cantidad de habitantes por unidad de superficie.

Kitchen (1976), estudia el gasto por persona debido a la recogida de residuos domiciliarios, concluye que existen deseconomías de escala con respecto a la densidad poblacional, es decir a medida que aumenta la densidad poblacional, también aumentan los costos por el servicio de recogida de residuos sólidos domiciliarios.

Riera y García (1997), llegan a la conclusión de que la densidad de población por superficie urbanizada es un elemento clave en el gasto que genera la recogida de RSU. En su estudio establecen que una población con densidad alta (poblaciones concentradas) tienen un menor gasto en recogida de residuos.

Bel (2006) no encuentra una relación clara entre la densidad de la población y el gasto que se realiza en RSU

Elices (2015) en su estudio, trata de comprobar cuál es el efecto sobre el gasto de recogida de residuos en la cual existe una mayor o menor dispersión de la población, concluyendo de que esto no afecta en el aumento del gasto.

5.1.4 Cantidad de Residuos Sólidos Urbanos.

Esta variable corresponde a la cantidad de residuos sólidos urbanos generados en cada una de las 82 comunas en estudio.

Bel (2006) con una muestra de 186 municipios de Cataluña, España, con poblaciones entre 1000 y 20000 habitantes, concluye que la variable cantidad de residuos de eliminación tiene una relación muy significativa con el gasto total anual debido al tratamiento de los residuos sólidos urbanos. Por lo tanto, se confirma que la cantidad de residuos urbanos aumenta el gasto total anual.

6 METODOLOGÍA

Con el fin de cumplir con los objetivos planteados anteriormente, se pretende establecer una metodología de trabajo para obtener las variables influyentes en el gasto total anual, debido a la gestión de residuos sólidos urbanos en 82 comunas de Chile y así realizar un respectivo análisis de valores conseguidos. Es por ello que se propone la siguiente estructura:

- Diseño y estructura metodológica
- Recolección de datos
- Función básica del gasto total anual en RSU
- Procesamiento de datos

6.1 Diseño y Estructura Metodológica

En cuanto al diseño de la investigación, este trabajo parte de lo exploratorio, descriptivo, correlacional y explicativo, con el fin de alinearla al objeto de esta investigación, el cual es determinar las variables influyentes en el gasto total anual debido a la gestión de RSU.

La elaboración de este proyecto de investigación constituye en sí misma, un ejercicio de investigación de tipo exploratorio (Isaza & Rendón, 2007). Ya que se realiza una revisión de la literatura abordando temas de desarrollo sostenible y aspectos económicos. A su vez es descriptiva por que caracteriza los aspectos económicos y sociales de los municipios, con el fin de robustecer el análisis para identificar las variables influyentes en el gasto total anual debido a la gestión de los RSU.

6.2 Recolección de Datos.

La recopilación de información se basó en adquirir antecedentes correspondientes a los Años 2012 a 2017 de variables influyentes sobre el Gasto total anual en RSU (según literatura) de las 82 comunas chilenas, ingresando a plataformas web de Organismos Gubernamentales, como lo son el Sistema Nacional de Información Municipal (SINIM) y Portal Transparencia de Chile.

Tabla 2: Datos y sus Fuentes

FUENTE	DATOS COMUNALES
Sistema Nacional de Información Municipal (SINIM)	<ul style="list-style-type: none"> • Población • Superficie • Densidad Poblacional • Índice de Pobreza • Matrículas en educación Básica
Portal Transparencia de Chile.	<ul style="list-style-type: none"> • Gasto Total por el servicio de tratamiento de residuos sólidos municipales anuales. • Toneladas de residuos sólidos municipales anuales.

Fuente: Elaboración Propia

La anterior información permitió la conformación de una base de datos en estructura panel, para los 82 municipios de diferentes zonas geográficas de Chile, para los años comprendidos entre 2012 y 2017.

6.3 Función Básica de Gasto Total Anual en RSU

La función básica del gasto total anual debido a la gestión de los RSU se puede representar de la siguiente forma:

Ecuación 1:

$$\text{Gasto total en RSU} = f(X_1, X_2, X_3 \dots X_n)$$

Donde $X_1, X_2, X_3 \dots X_n$, son variables que explican u predicen el gasto total en residuos sólidos urbanos.

6.3.1 Variable Dependiente.

La variable dependiente es el Gasto total anual destinado a la gestión de RSU, cuya unidad de medida corresponde a pesos chilenos (\$).

A continuación, se describen las variables independientes propuestas, influyentes sobre el gasto total anual en RSU.

6.3.2 Variables Independientes e Hipótesis.

➤ **Cantidad de RSU (Ton)**

Cantidad de residuos sólidos urbanos (RSU) generados desde hogares, oficinas e instituciones, medidos en Toneladas, se espera que exista una relación positiva entre la cantidad de RSU eliminados y el gasto total anual soportado por los municipios.

➤ **Índice de pobreza (IDP).**

Corresponde al porcentaje de pobreza de los habitantes de cada comuna, se espera una relación negativa, es decir que a mayor porcentaje de pobreza menor gasto total anual en RSU soportado por los municipios.

➤ **Matrículas en educación básica (MAT).**

Corresponde a la cantidad de alumnos matriculados en educación básica de las respectivas comunas, se espera una relación positiva, es decir a mayor cantidad de matrículas mayor será el gasto total anual en RSU soportado por los municipios.

➤ **Población (P).**

Corresponde al número de habitantes de la comuna, se espera obtener una relación positiva, es decir, a mayor número de habitantes, mayor será el gasto total anual en RSU soportado por los municipios.

➤ **Superficie (SUP).**

Corresponde a el área comunal medida en Km², se espera una relación positiva, es decir a mayor área mayor gasto total anual en RSU soportado por los municipios.

➤ **Densidad poblacional (DEN).**

Corresponde a la relación de habitantes por kilómetro cuadrado (Población /Superficie), se espera una relación negativa de esta variable con el gasto total anual en RSU, es decir al aumentar la densidad poblacional disminuye el gasto total anual en RSU.

6.4 Procesamiento de Datos

Los datos recopilados fueron digitados y ordenados, para posteriormente realizarse un análisis estadístico, el que se dividió en tres secciones.

Primer paso, análisis descriptivo de las siguientes variables: generación total anual de RSU por comuna, generación per cápita de los RSU, gasto total anual debido a la gestión de los RSU, gasto per cápita producto de la generación de RSU y número de habitantes por comuna. La estadística descriptiva se realiza utilizando el software STATA 13.

Segundo paso, se analizó la dependencia del gasto total anual en RSU respecto de variables influyentes tales como: tonelaje en RSU, densidad poblacional, índice de pobreza y matrículas en educación básica. Para este procedimiento se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson. Cabe mencionar que los datos fueron analizados de forma general considerando los datos de una forma aleatoria cuantitativa sin considerar efectos de temporalidad. Este procedimiento se realiza utilizando el comando “Correlate ” en Stata 13.

Tercer paso, se analizó la variabilidad del gasto total anual en RSU correspondientes a las 82 comunas en estudio durante los periodos 2012-2017 considerando variables explicativas descritas anteriormente. Para la realización de este procedimiento se creó un modelo de regresión lineal en panel de datos, procedimiento fundamental para la investigación, ya que se considera el efecto del tiempo. Este procedimiento se realiza mediante STATA 13.

6.4.1 Panel de Datos

Para determinar el grado de significancia de las variables independientes con respecto a la dependiente se realiza un panel de datos, el cual corresponde a un conjunto de datos que combina una dimensión temporal (serie de tiempo) y otra transversal (individuos), (Labra y Torrecillas, 2014).

Un conjunto de datos que recoge observaciones de un fenómeno a lo largo del tiempo se conoce como serie temporal. Dichos conjuntos de datos están ordenados y la información respecto al fenómeno estudiado es la que proporciona su evolución en el tiempo.

Un conjunto transversal de datos contiene observaciones sobre múltiples fenómenos en un momento determinado. En este caso, el orden de las observaciones es irrelevante.

Un primer alcance para estimar la relación entre una variable dependiente y_{ij} y las independientes $X_{1t}, X_{2t}, \dots, X_{kt}$ que hayan sido seleccionadas, es el método de Mínimos Cuadrados Ordinarios, el cual minimiza los errores aleatorios ε_{it} convirtiéndose en la ecuación que forma el plano óptimo que representa la relación lineal entre las variables por medio de la siguiente ecuación.

Ecuación 2:

$$y_{it} = \beta_0 + \beta_1 X_{1it} + \beta_2 X_{2it} + \dots + \beta_k X_{kt} + \varepsilon_{ij}$$

Donde i es la unidad observacional, t es el instante de tiempo, u k = número de variables independientes. Esta ecuación tiene la particularidad de que su constante β_0 es transversal a todas las unidades observacionales.

Si una muestra presenta **efectos individuales**, y las variaciones en el **tiempo** también explican el comportamiento de las variables, entonces debemos aplicar la metodología de datos de panel. Si, por el contrario, no se observase este tipo de condición, es decir no existen efectos individuales, entonces un análisis utilizando MCO sería consistente y más eficiente.

Para testear esta condición, puede ser utilizado el test de Hausman, haciendo en primer lugar una estimación por medio de MCO y a continuación realizando un panel de datos, para finalmente ejecutar el análisis de hausman (Labra y Torrecillas, 2014).

6.4.2 Elección del modelo de Panel de Datos

Los efectos individuales (α_i) pueden ser tratados como aleatorios o fijos. Para poder llevar a cabo esta estimación, se asume que los α_i son constantes a lo largo del tiempo.

➤ Efectos Aleatorios

Para tratar los efectos aleatorios se emplea el Método Generalizado de Momentos (MGM), que es una extensión más eficiente de MCO.

Este estimador asume la condición de que los efectos individuales no están correlacionados con las variables explicativas del modelo, es decir

$$\text{Corr}(\alpha_i, X) = 0$$

α_i = Efectos individuales

X=Variable explicativa

Por ello, los efectos individuales se suman al término de error, quedando el modelo definido como:

Ecuación 3:

$$Y_{it} = \beta X_{it} + (\alpha_i + \mu_{it})$$

➤ Efectos Fijos

Este modelo asume que el efecto individual esta correlacionado con las variables explicativas. Es decir, se trata el término individual separadamente del término de error.

$$(\alpha_i, X) \neq 0$$

El modelo queda representado como sigue:

Ecuación 4:

$$Y_{it} = \alpha_i + \beta X_{it} + \mu_{it}$$

Este estimador tiene la ventaja de que permite conocer los α_i separadamente, lo que contribuye a entender de mejor forma el modelo. Además, evita una sobrestimación del parámetro β , lo que ocurre cuando se aplica el estimador de efectos aleatorios.

Para elegir el modelo que mejor se ajusta al tipo de datos en estudio (Efecto Aleatorio o Efecto Fijo), se debe realizar el Test de Hausman, el cual nos arroja lo siguiente: Nuestra hipótesis nula es que el mejor modelo para representar los datos es el modelo con efectos aleatorios versus la hipótesis alternativa que implica que el mejor modelo es el de efectos fijos. En este caso lo que queremos es o rechazar la hipótesis nula para trabajar con un modelo con efectos aleatorios. Los resultados arrojan un valor-p = 0,08272, por lo tanto, nuestra hipótesis nula no se rechaza ya que el valor-p es mayor a 0,05 y eso es lo que buscamos. Esto quiere decir que el mejor modelo para estimar la relación existente entre el gasto total anual en residuos sólidos urbanos y las variables explicativas como; toneladas de RSU, índice de pobreza, número de matrículas y densidad poblacional es un modelo de efectos aleatorios. Por lo tanto, la relación a estimar viene dada por:

Ecuación 5:

$$GT_{it} = \beta_0 + \beta_1 * Ton\ RSU_{it} + \beta_2 * IDP_{it} + \beta_3 * MAT_{it} + \beta_4 * DEN_{it} + (\alpha_i + \mu_{it})$$

i = Comunas de estudio.

t = Temporalidad que va desde el 2012 a 2017

GT_{it} = Gasto total en residuos sólidos Urbanos soportado por municipios

$Ton\ RSU_{it}$ = Toneladas de residuos sólidos urbanos producidos por comuna.

DEN_{it} = Densidad poblacional por comuna (Hab/Km²).

IDP_{it} = Índice de pobreza por comuna.

MAT_{it} = Matrículas en educación Básica.

α_i = Coeficiente para medida de proporción de efecto.

α_i = Término del error por comuna.

μ_{it} = Término de error variable debido al tiempo.

7 RESULTADOS Y ANÁLISIS

Tras la realización de los procedimientos metodológicos, se está en condiciones de obtener los resultados de interés para el presente estudio.

7.1 Estadística Descriptiva de Variables en Estudio

En la tabla N°2 se observa una estadística descriptiva general de variables fundamentales para la gestión municipal en residuos sólidos urbanos, tales como; gasto total anual en RSU, gasto per-cápita anual en RSU, tonelaje anual en RSU, tonelaje per-cápita anual en RSU y número de habitantes. Esta información corresponde 492 datos observados en las 82 comunas en estudio durante el periodo 2012-2017.

Tabla N°3: Caracterización de las 82 Comunas en Estudio

	Unidad	Promedio (\bar{X})	Desviación Estándar (σ)	Mínimo	Máximo
Gasto Total Anual en RSU	(\$)	1.450.000.000	1.360.000.000	1.345.568	8.030.000.000
Gasto Per-cápita Anual en RSU	(\$/Hab)	\$ 10.401	\$ 6.838	\$ 24	\$46.313
Tonelaje Anual en RSU	(Ton)	56.631	36.524,2	8.066	188.865,4
Tonelaje Per-cápita Anual en RSU	(Ton/Hab)	0,41	0,12	0,13	1,08
Habitantes	N.º	139.787,7	98.472	31502	931211

Fuente: Elaboración Propia

Los promedios de las variables presentadas poseen una gran magnitud, tanto para el gasto total anual en RSU soportado por los municipios, como también en el ámbito de generación de RSU por parte de las personas. Se estima que una comuna perteneciente a la muestra genera en promedio 56.631 toneladas de residuos sólidos urbanos al año, en donde la administración municipal debe desembolsar en promedio \$ 1.450.000.000 para la respectiva gestión de éstos. Se puede observar que una persona perteneciente a cualquiera de las 82 comunas en estudio genera en promedio 410 kg de RSU al año, obligando al municipio pagar una cifra promedio de \$10.401 debido a la respectiva eliminación de éstos.

Si bien la cantidad de habitantes por comuna no es un factor determinante en el gasto anual en RSU, la muestra queda generalizada para poblaciones entre 31.500 y 931.211 habitantes.

Con respecto al nivel de dispersión del gasto total anual debido a la gestión de residuos sólidos urbanos, se observa que fue de \$1.360.000.000 y sus valores extremos estuvieron entre \$ 1.345.568 y \$ 8.030.000.000, cifras bastantes alejadas entre sí, la razón de esta situación puede deberse múltiples factores, los cuales se analizaran en los próximos procedimientos.

Con respecto a las toneladas de residuos sólidos urbanos generadas por los municipios se observa que su nivel de dispersión fue de 36.524,2. Sus valores extremos estuvieron entre 8.066 y 188.865,4 este fenómeno puede ser explicado debido a las diferencias entre poblaciones de comunas.

7.1.1 Correlación de Variable Dependiente con Variables Independientes

En la tabla N°3 se observa los coeficientes de correlación de Pearson, entre la variable dependiente gasto total anual en residuos sólidos urbanos, con respecto a variables influyentes tales como; tonelaje anual en residuos sólidos urbanos, índice de pobreza, densidad poblacional y matrículas en educación básica.

Tabla N°4: Correlación entre Gasto Total Anual en RSU con Variables Influyentes

Gasto Total Anual en RSU	
Tonelaje Anual en RSU	0,64
Índice de Pobreza	-0,29
Densidad Poblacional	0,10
Matrículas en Educación Básica	0,63

Fuente: Elaboración Propia

De la tabla anterior se observa que el gasto total anual en RSU se correlaciona positivamente con el tonelaje anual en RSU, densidad poblacional y matrículas en educación básica, y negativamente con el índice de pobreza. Con respecto al grado de correlación de las variables en estudio con el gasto total anual en RSU, se afirma lo siguiente; el tonelaje de RSU y matrículas en educación básica están altamente correlacionadas con la variación del gasto total anual en RSU, en cambio las variables índices de pobreza y densidad poblacional poseen un moderado y bajo grado de correlación respectivamente con la variación del gasto total anual en RSU. Cabe destacar que para este análisis se comparan los datos de una forma aleatoria cuantitativa sin considerar el efecto de variabilidad en el tiempo.

7.2 Modelo Explicativo del Gasto total Anual en RSU mediante Panel de Datos

Para el caso de la investigación la regresión a estimar es la siguiente:

$$GT_{it} = B_0 + B_1 * Ton\ RSU_{it} + B_2 * IDP_{it} + B_3 * MAT_{it} + B_4 * DEN_{it} + (\alpha_i + \mu_{it})$$

La variable dependiente es el Gasto total anual en RSU y las variables independientes son; Tonelaje anual en RSU, Índice de pobreza, Matrículas en educación básica y Densidad poblacional. Los parámetros de salida de la regresión obtenida (Ver anexo B) muestra que la variable el Gasto anual total en RSU viene explicada por las variables independientes en un 25%, esto no es lo suficiente favorable para el modelo de regresión lineal, ya que genera errores porcentuales elevados al momento de establecer una predicción.

Tabla 5: Modelo Efectos Aleatorios

Variable Dependiente: Gasto Total Anual en RSU	Beta	Z	P-Valor
Constante	2,23E+08	1,03	0.3052
Tonelaje Anual en RSU	23606,4	8,41	2,2E-16***
Densidad Poblacional	7942,5	0,40	0,6909
Índice de Pobreza	-1,83E+07	-3,45	0,0005***
Matrículas en Educación Básica	7552,2	0,52	0,6007
R²	0,255		

Fuente: Elaboración Propia

* Significativo al 5%

** Significativo al 1%

*** Altamente significativo

En cuanto a los resultados del modelo, las variables de estudio que fueron significativas en el modelo son: Toneladas anuales de RSU y Índice de pobreza, bajo un nivel de confianza del 95%, se evidencia que; con un incremento en una tonelada de RSU se genera un incremento de \$23.600 pesos en el gasto total anual en RSU, mientras que el incremento en 1% de índice de pobreza se produce una disminución de \$ 18.300.000 pesos en el gasto total anual en RSU. Por lo tanto, este análisis concluye que tanto las Toneladas de RSU generados en las comunas respectivas, tanto

como el índice de pobreza comunal son relevantes y determinantes en el gasto total anual en RSU soportado por los municipios en el periodo comprendido entre 2012-2017, ya que así lo refleja su probabilidad (valores $p < 0,05$)

En relación con las variables Densidad Poblacional y Matrículas en educación básica no reflejan significancia alguna es decir quedan fuera del intervalo de confianza para ser aceptadas (Valores $p > 0,05$)

Se han realizado transformaciones de tipo logarítmica, raíz cuadrada, raíz cúbica, pero no han sido fructíferos para que las variables matrícula y densidad expliquen el modelo.

En resumen:

- La variable Tonelaje anual en RSU tiene un efecto positivo ($\beta=23606,4$) y estadísticamente significativa sobre la variable dependiente Gasto total anual en RSU. ($p=2,2e-16^{***}$).
- La variable Densidad tiene un efecto positivo ($\beta=7942,5$) y no es estadísticamente significativa sobre la variable dependiente Gasto total anual en RSU. ($p=0,6909$).
- La variable Índice Pobreza tiene un efecto negativo ($\beta=-1,83E+07$) y es estadísticamente significativa sobre la variable dependiente Gasto total anual en RSU. ($p=0,0005^{***}$).
- La variable Matrículas tiene un efecto positivo ($\beta=7552,2$) y no es estadísticamente significativa sobre la variable dependiente Gasto total anual en RSU. ($p=0,6007$).

7.2.1 Ecuación Predictiva del Gasto Anual Total en RSU

A partir del modelo explicativo presentado anteriormente, se plantea una ecuación general, la cual pretende explicar el gasto total anual soportado por los municipios debido a la gestión de los RSU.

Ecuación 5:

$$\text{Gasto Total} = (2,23E + 08) + 23606,4 * \text{Toneladas RSU} - (1,83E + 07) * \text{Índice de Pobreza}$$

La ecuación presentada solamente incluye las variables toneladas en RSU e índice de Pobreza ya que según el modelo de efectos aleatorios estas son las más influyentes. Producto de que el valor de R^2 para el modelo resulto de un 25% se espera que esta ecuación no sea del todo representativa para las 82 comunas en estudio.

A continuación, se presentan las comunas en donde la ecuación predictiva presento un error porcentual promedio inferior al 10%.

Tabla 6: Predicción de Gasto en Comuna de Talca Durante Periodo 2012-2017

Comuna	Año	Toneladas RSU	IDP	Gasto Real (\$)	Gasto Teórico (\$)	Error %
TALCA	2012	83.813	19,3	1.832.482.519	1.848.165.577	0,86
	2013	87.698	17,51	1.954.304.698	1.972.625.671	0,94
	2014	91.192	17,51	2.063.583.561	2.055.099.445	0,41
	2015	94.383	15,65	2.062.388.562	2.164.459.085	4,95
	2016	99.464	15,65	2.333.831.234	2.284.393.042	2,12
	2017	101.614	13,99	2.458.872.808	2.365.520.502	3,80
Error Promedio (%)						2,18

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 7: Predicción de Gasto en Comuna de Alto Hospicio Durante Periodo 2012-2017

Comuna	Año	Toneladas de RSU	IDP	Gasto Real (\$)	Gasto Teórico (\$)	Error %
ALTO HOSPICIO	2012	45.102	19,9	863.509.316	923.435.649	6,94
	2013	47.014	20,85	1.008.465.120	951.182.262	5,68
	2014	49.420	20,85	1.143.533.215	1.007.974.448	11,85
	2015	51.607	10,25	1.271.204.838	1.253.577.271	1,39
	2016	53.500	10,25	1.260.816.458	1.298.260.400	2,97

	2017	55.000	8,51	1.323.492.412	1.365.509.000	3,17
Error Promedio (%)						5,33

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 8: Predicción de Gasto en Comuna de Pudahuel Durante Periodo 2012-2017

Comuna	Año	Toneladas de RSU	IDP	Gasto Real (\$)	Gasto Teórico (\$)	Error %
PUDAHUEL	2012	95.735	16,1	2.041.458.694	2.188.137.234	7,18
	2013	99.108	10,86	2.102.670.170	2.363.646.875	12,41
	2014	104.337	10,86	2.221.216.743	2.487.074.283	11,97
	2015	107.756	9,31	2.647.956.675	2.596.142.726	1,96
	2016	117.375	9,31	2.791.805.677	2.823.193.450	1,12
	2017	115.915	7,77	2.849.558.627	2.816.913.026	1,15
Error Promedio (%)						5,97

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 9: Predicción de Gasto en Comuna de San Miguel Durante Periodo 2012-2017

Comuna	Año	Toneladas RSU	IDP	Gasto Real (\$)	Gasto Teórico (\$)	Error %
SAN MIGUEL	2012	34.972	5,1	912.203.416	955.163.077	4,71
	2013	37.439	12,97	935.055.413	869.374.132	7,02
	2014	38.113	12,97	996.434.869	885.283.497	11,15
	2015	39.146	4,56	1.186.257.392	1.063.569.842	10,34
	2016	41.507	4,56	1.181.534.578	1.119.299.831	5,27

	2017	43.364	3,46	1.321.176.256	1.183.263.202	10,44
Error Promedio (%)						8,15

Fuente: Elaboración Propia

Al inspeccionar las tablas se confirma la relación predicha por el modelo de efectos aleatorios, en donde las toneladas de RSU y el índice de pobreza comunal están muy relacionadas a la variación en el gasto total anual debido a la gestión de los RSU. Aproximadamente el 5% de la muestra se ajusta a la ecuación propuesta, aunque con un error promedio cercano al 10%.

8 CONCLUSIONES

Luego de la realización de la investigación, siguiendo la metodología propuesta y obteniendo variables significativamente influyentes en el gasto total anual debido a la gestión de residuos sólidos urbanos en las 82 comunas en estudio, se puede concluir lo siguiente:

La metodología empleada presentó una estructura ordenada y eficaz, y que, al momento de llevar a cabo la investigación, funcionó correctamente. Los procedimientos escogidos cumplieron de buena forma con las funciones que se debían realizar, logrando inicialmente lo planteado.

Fue posible obtener antecedentes de variables influyentes en el gasto total anual en residuos sólidos urbanos, a pesar de la escasa literatura enfocada en esta temática. No todas las variables investigadas fueron posibles de incluirlas en la presente investigación debido a lo complejo de la obtención de los respectivos datos y las limitaciones de tiempo para el desarrollo de esta investigación. No existen antecedentes de la investigación de las variables índices de pobreza y matrículas en educación básica con respecto a su relación con el gasto total anual en residuos sólidos urbanos, sin embargo, en esta investigación se consideran que son interesantes de analizar.

Con respecto al análisis entre la cantidad en residuos sólidos urbanos generados en 82 comunas anualmente, con la cantidad de dinero gastado de parte de sus municipios para la respectiva gestión de éstos, fue realizado de una forma descriptiva poniendo atención en parámetros fáciles de comprender como lo es el promedio, desviación estándar y valores extremos. Es importante destacar que el promedio de gasto total anual en RSU para un municipio cualquiera fue de \$ 1.450.000.000, cifra la cual disminuiría considerablemente al implementar mediadas de reciclaje en comunas estudiadas, esto evitaría una larga cadena de procesos abaratando costos y una

disminución de la contaminación ambiental. A nivel per-cápita también se realizó este análisis entre gasto y generación de residuos a modo de generar conciencia en la población del daño al medio ambiente y del dinero que se desperdicia.

Se examinó la dependencia de la variable gasto total anual debido a la gestión de los RSU con respecto a tonelaje de RSU, índice de pobreza, matriculas en educación básica, utilizando dos métodos tales como; coeficiente de correlación de Pearson y datos de panel. De este análisis se concluye que el efecto del tiempo es fundamental para entender la variabilidad del gasto anual en RSU soportado por los municipios chilenos, es por ello, por lo que el método de datos de panel mediante la elaboración de un modelo de efectos aleatorios fue lo más idóneo para encontrar las variables influyentes significativas en el gasto total anual en RSU, las cuales fueron, tonelaje de residuos sólidos urbanos e índice de pobreza.

Por último, se obtiene un modelo de predicción para determinar el gasto total anual en RSU de una forma general para cualquier comuna de la muestra, sin embargo, la ecuación final no es precisa, por lo cual solo se proponen algunas comunas en donde es factible utilizarla; Talca, Alto Hospicio, Pudahuel y San Miguel, en éstas el error promedio de predicción fue inferior a un 10%.

9 RECOMENDACIONES

Es interesante hacer notar la importancia que tiene un trabajo de este tipo, ya que no sólo se arrojan datos estadísticos, sino que vislumbra una falencia en temas de sostenibilidad. La gestión municipal concentra sus esfuerzos en solo gastar dinero por la eliminación de residuos, pero no hace cumplir políticas medioambientales, como lo es la responsabilidad extendida al productor y reciclaje, la cual provocaría un ahorro económico, el cual podría utilizarse de una forma más productiva para el desarrollo de las comunas. También se recomienda a la población optar por productos reutilizables, de tal forma de disminuir los residuos generados.

Por último, se recomienda realizar un estudio similar en años venideros, en donde a la ecuación predictiva del gasto anual en residuos sólidos urbanos, se le agreguen variables que evidencien el nivel de reciclaje de las comunas, de tal forma de cuantificar los beneficios económicos producto de este tipo de medidas.

10 BIBLIOGRAFÍA

- ADAPT CHILE (2016), “Antecedentes del manejo y gestión de residuos en Chile”. [PDF] <<https://circabc.europa.eu/sd/a/05d21118-7d52-47f9-89bd1b7c716a1e62/Introduction%252c%20Antecedentes%20del%20Manejo%20y%20Gesti%25c3%25b3n%20de%20Residuos%20en%20Chile.pdf>>
- Allers, M., De Haan, J. & Sterks, C.(2001). *Partisan influence on the local tax burden in the Nerthelands*. Public Choice, 106(3-4), 351-363.
- Ashworth, J., Geys, B. & Heyndels, B. (2005). *Government Weakness and Local Public Debt Development in Flemish Municipalities*. International Tax and Public Finance. 12 (4), 395-422.
- Bel, G., 2006. Un análisis de los gastos municipales por el servicio de los residuos sólidos urbanos. Revista de Economía Aplicada 14 (41), 5e32.
- CONAMA (2010), “Primer reporte del manejo de residuos sólidos en Chile”. [PDF] <http://www.sinia.cl/1292/articles-49564_informe_final.pdf>
- Carruthers, J.I. & Ulfarsson, G.F. (2008). Does Smart Growth Matter to Public Finance?. *Urban Studies*, 45 (9), 1791-1820.
- Costa, A.C (2003). *Análisis de los efectos del turismo sobre los gastos públicos locales: aplicación al caso de los municipios españoles*. Disponible en http://dea.uib.es/digitalAssets/123/123232_costa.pdf.
- Domberger, S.,S.A. Meadowcroft y D.J. Thompson (1986): “Competitive tendering and efficiency: The case of refuse collection”, *Fiscal studies*, vol. 7 (4), págs. 69-87.

- Dijkgraaf, E. y R.H.J.M. Gradus (2003): “Cost savings of contracting out refuse collection”, *Empirica*, vol.30 (2), págs. 149-161.
- Elices, Á. L. (2015). Coste de la recogida de residuos sólidos urbanos domésticos. Relación entre la tasa de basura y la dispersión urbana. Trabajo final de máster, Universidad Politécnica de Valencia, disponible en <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/47790/MiTFMv02.pdf?sequence=1>.
- Henry y Heinke (1999), “Ingeniería Ambiental”, Traducción de la segunda edición. México, Pearson Educación.
- Hirsch, W.Z (1965): “Cost functions of an urban government service: refuse collection”, *Review of Economics and Statistics*, vol. 47 (1), págs. 87-92.
- Holcombe, R.G. & Williams, D.W (2008). The Impact of Population Density on Municipal Government Expenditures. *Public Finance Review*, 36 (3), 356-372.
- Isaza J & Rendón J. (2007). Guía metodológica para la formulación y presentación de proyectos de investigación. Universidad de La Salle, Área de Ciencias Económicas, Administrativas y Contables Facultad de Economía, Bogotá.
- Jaramillo, Jorge (1999). Gestión integral de residuos sólidos municipales GIRSM. *Seminario Internacional Gestión Integral de Residuos Sólidos y Peligrosos*, Siglo XXI. Medellín.
- Jaramillo, J., (2002), Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales, http://www.bancomundial.org.ar/lfg/Archivos/SW/RellenosSanitariosManuales_parte2.pdf.
- Kitchen, H.M. (1976): “A statistical estimation of an operating cost function for municipal refuse collection”, *Public Finance Quarterly*, vol. 4 (1), págs. 56-76.
- Labra, R., & Torrecillas, C. (2014). Guía Cero para datos de panel. Un enfoque práctico. UAM-Accenture Working Papers, (2014/16), 1-57.
- Ohlsson. H (2003): “Ownership and production cost. Choosing between public production and contracting-out in the case of Swedish refuse collection”, *Fiscal Studies*, vol. 24 (4), págs. 451-476.

- Riera, P. & García, L. (1997). *Análisis Económico de la gestión de residuos urbanos*. XXIII. Reunión de Estudios Regionales, 09-15.
- Segura Vargas, S. C., & Jaimes, M. S. (2016). Análisis de caso en la generación de residuos sólidos domiciliarios y sus determinantes en el departamento de Antioquia 2007–2013. Retrieved from <https://ciencia.lasalle.edu.co/economia/107>.
- Sáez, A. y Urdaneta, J. A. Manejo de residuos sólidos en América Latina y el Caribe. *Omnia*, vol. 20 (3), páginas 121-135, 2014.
- Suárez, G.C.I. (2000). Problemática y gestión de residuos sólidos peligrosos en Colombia. *Innovar*, 15, 41-52.
- Tchobanoglous et al. (1994). “Gestión integral de residuos sólidos”. Traducción de cuarta edición. España. Mc Graw-Hill.

ANEXOS

ANEXO A

Comunas Chilenas en Estudio

Con el propósito de visualizar las 82 comunas chilenas en estudio, estas se fueron clasificadas por zonas geográficas, lo cual se muestra en las siguientes figuras.

- i. Zona Norte de Chile.

Figura A1: Comunas Zona Norte de Chile.



(Fuente: Elaboración Propia)

ii. Zona Central.

Figura A2: Comunas Zona Central de Chile.



(Fuente: Elaboración Propia)

iii. Zona Sur.

Figura A3: Comunas Zona Sur de Chile.



(Fuente: Elaboración Propia)

iv. Zona Austral.

Figura A4: Comunas Zona Austral de Chile.



(Fuente: Elaboración Propia)

ANEXO B

b.1 Efectos Fijos

```

Fixed-effects (within) regression      Number of obs   =   492
Group variable: comuna                Number of groups =    82

R-sq:  within = 0.2032                Obs per group:  min =    6
      between = 0.4370                    avg =    6.0
      overall = 0.4146                    max =    6

corr(u_i, Xb) = -0.0132                F(4, 406)       =   25.88
                                          Prob > F         =   0.0000
    
```

gasto	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
tonelaje	26575.82	3068.235	8.66	0.000	20544.21	32607.43
pobreza	-1.52e+07	5513315	-2.75	0.006	-2.60e+07	-4336861
matriculas	-13854.25	53275.88	-0.26	0.795	-118585.3	90876.76
densidad	9974.752	27202.89	0.37	0.714	-43501.35	63450.85
_cons	3.30e+08	8.29e+08	0.40	0.690	-1.30e+09	1.96e+09
sigma_u	9.755e+08					
sigma_e	4.129e+08					
rho	.84806443	(fraction of variance due to u_i)				

F test that all u_i=0: F(81, 406) = 30.11 Prob > F = 0.0000

b.2 Efectos Aleatorios

```

Random-effects GLS regression      Number of obs   =   492
Group variable: comuna            Number of groups =    82

R-sq:  within = 0.2015                Obs per group:  min =    6
      between = 0.4633                    avg =    6.0
      overall = 0.4380                    max =    6

corr(u_i, X) = 0 (assumed)          Wald chi2(4)     =  172.45
                                          Prob > chi2      =   0.0000
    
```

gasto	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
tonelaje	23628.41	2812.259	8.40	0.000	18116.49	29140.34
pobreza	-1.83e+07	5321697	-3.45	0.001	-2.88e+07	-7903137
matriculas	7467.135	14267.34	0.52	0.601	-20496.33	35430.6
densidad	7051.557	17735.76	0.40	0.691	-27709.9	41813.01
_cons	2.26e+08	2.21e+08	1.03	0.305	-2.06e+08	6.58e+08
sigma_u	9.242e+08					
sigma_e	4.129e+08					
rho	.83362185	(fraction of variance due to u_i)				

b.3 Test de Hausman

	Coefficients		(b-B) Difference	sqrt(diag(V_b-V_B)) S.E.
	(b) fe	(B) re		
tonelaje	26575.82	23628.41	2947.411	1226.894
pobreza	-1.52e+07	-1.83e+07	3158402	1440898
matriculas	-13854.25	7467.135	-21321.38	51329.93
densidad	9974.752	7051.557	2923.195	20626.2

b = consistent under Ho and Ha; obtained from xtreg
 B = inconsistent under Ha, efficient under Ho; obtained from xtreg

Test: Ho: difference in coefficients not systematic

chi2(4) = (b-B)'[(V_b-V_B)^(-1)](b-B)
 = 8.23
 Prob>chi2 = 0.0834

ANEXO C**Promedio Toneladas Per-cápita de RSU por Comuna.****Tabla C1: Promedio Toneladas Per-cápita de RSU**

Comuna	Promedio (Ton/Hab)
OVALLE	0,76
OSORNO	0,75
CONCÓN	0,71
INDEPENDENCIA	0,61
SAN JOAQUÍN	0,59
QUILLOTA	0,58
VITACURA	0,57
QUINTA NORMAL	0,56
COPIAPÓ	0,55
PROVIDENCIA	0,54
ESTACIÓN CENTRAL	0,51
LA CISTERNA	0,51
VILLARRICA	0,50
PUERTO VARAS	0,50
VILLA ALEMANA	0,50
LO ESPEJO	0,49
PADRE HURTADO	0,47
MELIPILLA	0,47
SAN BERNARDO	0,47
CASTRO	0,46

LA GRANJA	0,46
VIÑA DEL MAR	0,46
ALTO HOSPICIO	0,46
VALPARAÍSO	0,45
CERRILLOS	0,44
ANGOL	0,44
RECOLETA	0,44
PEDRO AGUIRRE CERDA	0,44
VALDIVIA	0,44
COQUIMBO	0,44
EL BOSQUE	0,43
PUDAHUEL	0,43
PUNTA ARENAS	0,43
SAN RAMÓN	0,42
ÑUÑO A	0,42
COLINA	0,42
SAN MIGUEL	0,42
LAS CONDES	0,42
COYHAIQUE	0,41
HUECHURABA	0,41
CONCEPCIÓN	0,40
CALERA	0,40
LA FLORIDA	0,40
LOS ÁNGELES	0,40

TALCA	0,39
SAN FELIPE	0,39
VALLENAR	0,38
PUERTO MONTT	0,38
PEÑALOLÉN	0,38
CHILLÁN	0,37
MACHALÍ	0,37
PENCO	0,37
LAMPA	0,37
CURICÓ	0,37
BUIN	0,36
HUALPÉN	0,36
LO PRADO	0,35
CONCHALÍ	0,35
PAINE	0,35
LOS ANDES	0,35
SAN FERNANDO	0,35
LA SERENA	0,35
LINARES	0,34
TEMUCO	0,34
TALAGANTE	0,34
SAN PEDRO DE LA PAZ	0,34
QUILICURA	0,34
PEÑAFLORES	0,34

CORONEL	0,34
LOTA	0,34
CERRO NAVIA	0,33
TALCAHUANO	0,33
LA PINTANA	0,32
RENGO	0,30
QUILPUÉ	0,30
CALAMA	0,29
MAIPÚ	0,29
CHIGUAYANTE	0,28
CHILLÁN VIEJO	0,27
SAN CARLOS	0,22
SAN ANTONIO	0,20
PADRE LAS CASAS	0,16

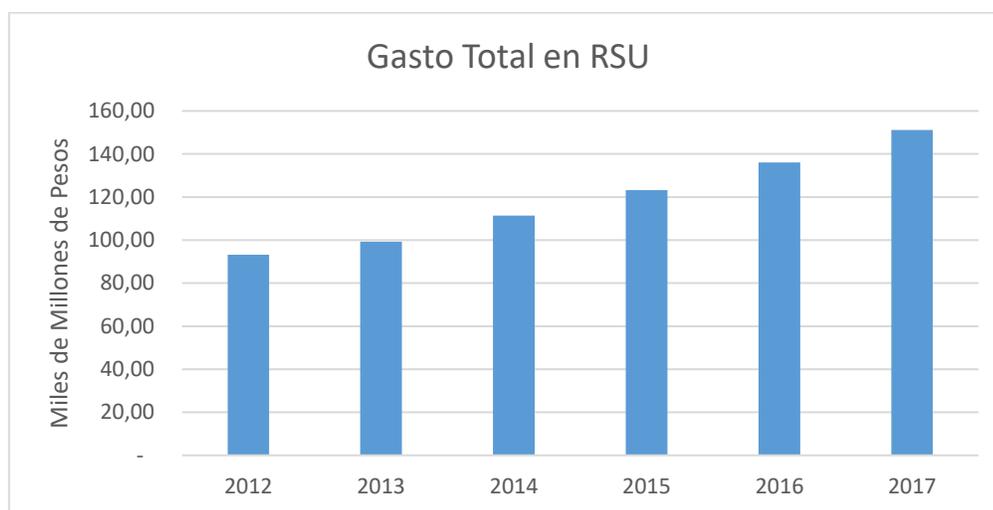
Fuente: Elaboración Propia

ANEXO D

Situación de variables relevantes durante los años 2012-2017

En la figura D1 se muestra el gasto total anual en RSU expresado en miles de millones de pesos correspondiente a las 82 comunas en estudio, se observa esta variable creció un 62 % desde 2012 hasta 2017.

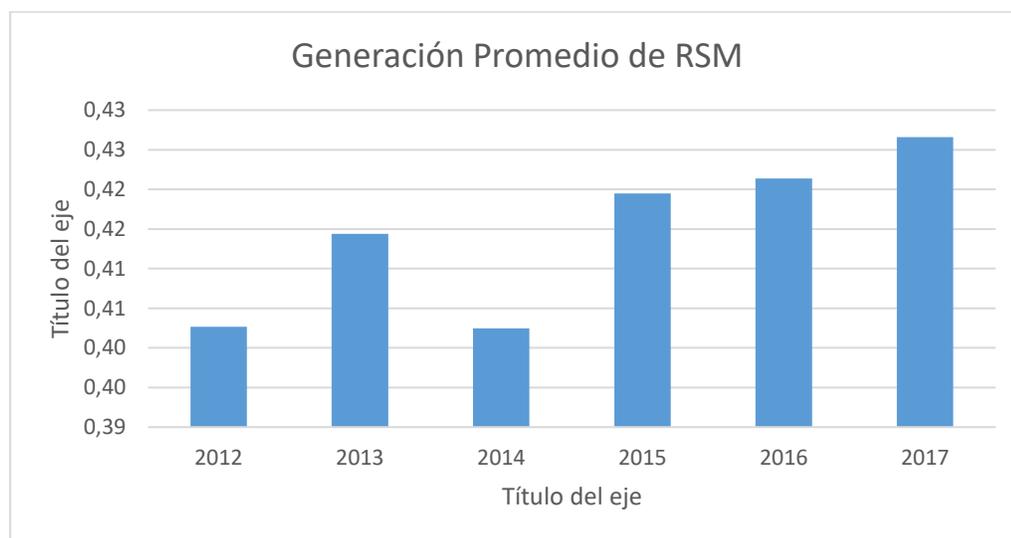
Figura D1: Gasto Total Anual durante 2012-2017



Fuente: Elaboración Propia

La figura D2 muestra los promedios anuales de la generación per-cápita de RSU expresado en Ton/Hab, correspondiente a las 82 comunas en estudio, se observa que esta variable creció un 7% desde 2012 hasta 2017.

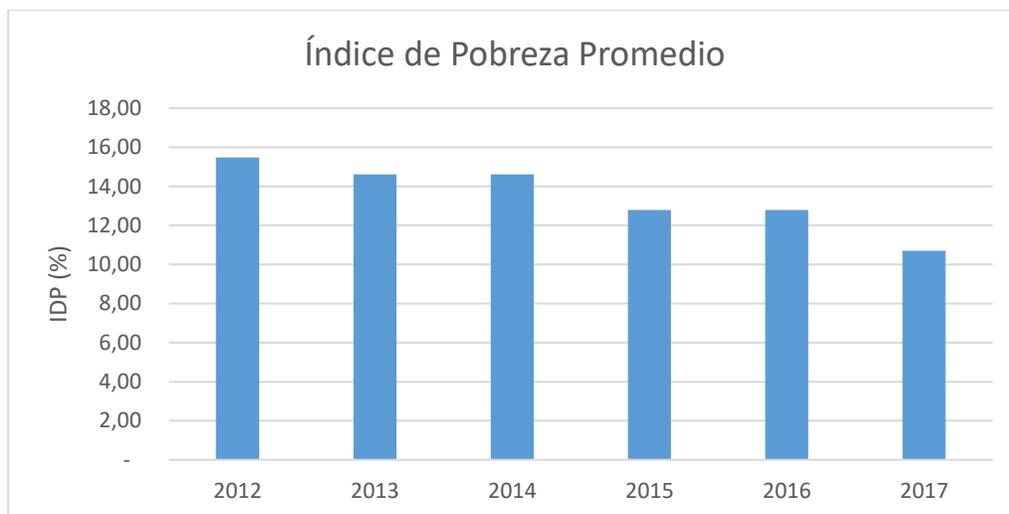
Figura 1: Generación Promedio de RSU durante 2012-2017



Fuente: Elaboración Propia

La figura 3 muestra los promedios anuales correspondiente al índice de pobreza, correspondiente a las 82 comunas en estudio, se observa que esta variable disminuyó un 29% desde 2012 hasta 2017.

Figura 1: Generación Promedio de RSU durante 2012-2017



Fuente: Elaboración Propia

ANEXO E

Estadística Descriptiva de Variables relevantes

Se categorizaron las comunas según el promedio individual de Índice de Pobreza (IDP), se consideraron comunas con bajo IDP, aquellas en que su valor fue inferior a 7,5 %, y comunas con alto IDP, aquellas en las cual su valor fue superior a 21 %. En la tabla 4, se muestran las 10 comunas de la muestra con un IDP alto, además se observa el respectivo gasto per-cápita promedio y la cantidad de RSU per-cápita promedio.

Tabla 5: Comunas Índice de Pobreza Alto

Comuna	Gasto Promedio (Pesos/Hab)	RSM Promedio (Ton/Hab)	IDP Promedio (%)
PADRE LAS CASAS	8.140,79	0,16	28,1
SAN CARLOS	10.196,45	0,22	26,4
LOTA	1.960,10	0,34	24,0
PENCO	3.645,44	0,37	23,9
CALERA	736,47	0,40	23,0
ANGOL	6.356,04	0,44	21,3
CORONEL	21.215,93	0,34	21,2
OVALLE	8.277,17	0,76	21,1
LOS ÁNGELES	14.168,01	0,40	21,1
LINARES	13.405,21	0,34	21,1
Promedio Global	8.810,16	0,38	23,12
Máximo	21.215,93	0,76	28,13
Mínimo	736,47	0,16	21,06
Desviación Estándar	6.246,63	0,16	2,52
Coficiente de Variación	0,71	0,42	0,11

Fuente: Elaboración Propia

La comuna con mayor gasto per-cápita promedio fue coronel cuyo valor obtenido fue de \$ 21.215,9 pesos chilenos, la comuna que menos gasto per-cápita promedio obtuvo fue Calera el cual fue de \$736,3 pesos chilenos. Se observa una alta dispersión de datos en la variable gasto promedio per-cápita la cual fue de un 71%, dispersión moderada en cantidad promedio de RSU per-cápita, la cual fue de 42% y baja dispersión en índice de pobreza promedio, la cual fue de un 11%.

Tabla 5: Comunas Índice de Pobreza Bajo

Comuna	Gasto Promedio (Gt/Hab)	RSM Promedio (Ton/Hab)	IDP Promedio (%)
LA CISTERNA	1.282,19	0,51	7,55
LA FLORIDA	13.804,94	0,40	7,51
SAN MIGUEL	11.430,28	0,42	7,27
MAIPÚ	9.898,61	0,29	6,30
CALAMA	10.786,73	0,29	5,80
PUNTA ARENAS	1.229,57	0,43	5,50
ÑUÑO A	10.690,21	0,42	2,77
PROVIDENCIA	38.662,40	0,54	1,24
LAS CONDES	20.691,04	0,42	1,21
VITACURA	36.084,76	0,57	0,39
Promedio Global	15.456,07	0,43	4,55
Máximo	38.662,40	0,57	7,55
Mínimo	1.229,57	0,29	0,39
Desviación Estándar	12.862,99	0,09	2,85
Coefficiente de Variación	0,83	0,22	0,63

Fuente: Elaboración Propia

La comuna con mayor gasto per-cápita promedio fue Providencia cuyo valor obtenido fue de \$ 38.662,4, pesos chilenos, la comuna que menos gasto per-cápita promedio obtuvo fue Punta Arenas el cual fue de \$1.229,57 pesos chilenos. Se observa una alta dispersión de datos en la variable gasto promedio per-cápita la cual fue de un 83%, dispersión moderada en cantidad promedio de RSU per-cápita, la cual fue de 22% y alta dispersión en índice de pobreza promedio, la cual fue de un 63%.