

Un Análisis de la Eficiencia de la Gestión Municipal de Residuos Sólidos en el Perú y sus Determinantes

Ph.D José Carlos Orihuela Paredes



Lima, abril 2018

PRESENTACIÓN

El Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), dentro del marco de su política orientada al uso intensivo de la información que produce, viene impulsando el desarrollo de estudios socioeconómicos y estadísticos. En esta oportunidad, presenta a la comunidad nacional, autoridades, instituciones públicas, privadas, centros de investigación y usuarios en general, el documento **“UN ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA DE LA GESTIÓN MUNICIPAL DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EL PERÚ Y SUS DETERMINANTES”**.

El objetivo principal de esta investigación es evaluar la eficiencia de la gestión de Residuos Sólidos Municipales (RSM) a nivel provincial y distrital en el Perú, para lo cual se han empleado dos enfoques de eficiencia. El primero, presenta indicadores de gestión de RSM y los pondera en un índice agregado, siguiendo a Shack (2015). El segundo, estima la eficiencia municipal por medio de la metodología de “Análisis Envolvente de Datos” o DEA (Data Envelopment Analysis). La principal fuente de información utilizada es el Registro Nacional de Municipalidades (RENAMU) para el periodo 2015.

El estudio ha sido elaborado por el Ph.D José Carlos Orihuela Paredes, profesor del Departamento de Economía de la Pontificia Universidad Católica del Perú. Confiamos que los resultados de la investigación sean de gran utilidad y aplicación.

Esta investigación fue seleccionada en el concurso nacional de investigaciones que realiza anualmente el Instituto Nacional de Estadística e Informática - INEI, a través del Centro de Investigación y Desarrollo (CIDE).

Lima, abril de 2018.

ÍNDICE

PRESENTACIÓN	3
RESUMEN	11
ABSTRACT	11
1 INTRODUCCIÓN	13
2 FUNDAMENTO DEL PROBLEMA	15
3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	17
4 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	19
4.1 Motivaciones de Carácter Práctico.....	19
4.2 Motivaciones de Carácter Metodológico.....	19
4.3 Motivaciones de Carácter Teórico.....	19
5 MARCO NORMATIVO E INSTITUCIONAL	21
5.1 Normativa Nacional.....	21
5.2 Acuerdos Internacionales.....	22
5.3 Marco Institucional.....	22
6 ESTADO SITUACIONAL DE LA GESTIÓN DE RSM	25
6.1 Panorama Actual de los RSM en el Perú.....	25
6.2 Gestión Integral de Residuos Sólidos.....	30
7 MARCO TEÓRICO	31
7.1 Concepto de Eficiencia.....	31
7.2 Técnicas Paramétricas y no Paramétricas.....	32
7.3 Literatura sobre Indicadores de Gestión de RSM.....	33
7.4 Literatura sobre Eficiencia Municipal.....	34
7.5 Literatura sobre Eficiencia en la Gestión de RSM.....	35
8 FORMULACIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE HIPÓTESIS	37
9 ASPECTOS METODOLÓGICOS	39
9.1 Indicadores de Gestión.....	39
9.2 Análisis Envolvente de Datos (DEA).....	42
10 PROCESO DE LA INVESTIGACIÓN	45
10.1 Determinantes de la Eficiencia: El Modelo Tobit.....	45
10.2 Clusterización de las Municipalidades: Análisis de Conglomerados.....	46
10.3 Fuentes de Información.....	48
11 RESULTADOS	49
11.1 Estado Actual de Eficiencia en la Gestión de RSM: Indicadores.....	49
11.2 Eficiencia Estimada por DEA.....	63
11.3 Determinantes de la Eficiencia: Modelo Tobit.....	68
12 CONCLUSIONES	71
13 RECOMENDACIONES Y SUGERENCIAS	73
ANEXO N°1	75
BIBLIOGRAFÍA	79

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro N° 1: Línea de Tiempo del Marco Legal Vinculada a la Gestión y Manejo de Residuos Sólidos Municipales (RSM)	21
Cuadro N° 2: Recojo de Residuos Sólidos Municipales y Gasto Según Departamento, 2015.....	25
Cuadro N° 3: Destino Final de los Residuos Sólidos Municipales Según Departamento 2015 (Porcentaje).....	26
Cuadro N° 4: Cantidad Promedio Diario de Recojo de los Residuos Sólidos Municipales Según Departamento 2014 y 2015 (Kg).....	27
Cuadro N° 5: Tipos de Metodologías para el Análisis de Eficiencia Municipal.....	33
Cuadro N° 6: Indicadores de Gestión de Residuos Sólidos Municipales	40
Cuadro N° 7: Categorías de Municipalidades Provinciales	47
Cuadro N° 8: Categorías de Municipalidades Distritales	47
Cuadro N° 9: Recojo Diario de Residuos Sólidos Municipales Per-Cápita, Según Departamento, 2015(Kg).....	50
Cuadro N° 10: Frecuencia de Recojo de Residuos Sólidos Municipales, Según Departamento, 2015 (Porcentaje)	51
Cuadro N° 11: Cobertura del Servicio de Recojo de Residuos Sólidos Municipales en la Capital, 2015 (Porcentaje)	52
Cuadro N° 12: Cobertura del Servicio de Recojo de Residuos Sólidos Municipales en el Resto de la Municipalidad, no Capital, 2015 (Porcentaje)	53
Cuadro N° 13: Destino Final de Residuos Sólidos Municipales Recogidos por Municipalidad, Según Departamento, 2015 (Porcentaje).....	54
Cuadro N° 14: Equipamiento de la Municipalidad por Cada Mil Habitantes, Según Departamento, 2015.....	55
Cuadro N° 15: Costo Total por Tonelada Recogida de Residuos Sólidos Municipales, Según Departamento, 2015.....	56
Cuadro N° 16: Costo Total Per-Cápita del Recojo de Residuos Sólidos Municipales, Según Departamento, 2015 (Soles por persona)	57
Cuadro N° 17: Ponderadores de Indicadores.....	58
Cuadro N° 18: Resultados de Indicadores de Gestión de Residuos Sólidos Municipales, Según Departamento, 2015.....	59
Cuadro N° 19: Variables Empleadas en el Modelo Análisis Envoltante de Datos.....	63
Cuadro N° 20: Estimación de Eficiencia - Análisis Envoltante de Datos Provincial	64
Cuadro N° 21: Estimación de Eficiencia - Análisis Envoltante de Datos Distrital.....	64
Cuadro N° 22: Resultados del Modelo Tobit – Municipalidades Provinciales.....	68
Cuadro N° 23: Resultados del Modelo Tobit – Municipalidades Distritales.....	69

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N° 1	Perú: Mapa de Infraestructura de Disposición Final de Residuos Sólidos, 2016	29
Gráfico N° 2:	Representación Gráfica del Modelo Análisis Envolvente de Datos (DEA).....	44
Gráfico N° 3:	Histograma del Índice Agregado de la Gestión de Residuos Sólidos Municipales, 2015.....	60
Gráfico N° 4	Perú: Índice Agregado de Gestión de Residuos Sólidos Municipales a Nivel Provincial, 2015.....	61
Gráfico N° 5	Perú: Índice Agregado de Gestión de Residuos Sólidos Municipales a Nivel Distrital, 2015	62
Gráfico N° 6:	Histogramas de Eficiencia Provincial.....	65
Gráfico N° 7:	Histogramas de Eficiencia Distrital, 2015.....	66
Gráfico N° 8:	Perú: Eficiencia Promedio - Análisis Envolvente de Datos.....	67

GLOSARIO DE TÉRMINOS Y ABREVIATURAS

Abreviatura	Denominación
CEPAL:	Comisión Económica para América Latina y el Caribe
COP:	Conferencia de las Partes de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
CRS:	Constant Returns to Scale - Retornos Constantes a Escala
DEA:	Data Envelopment Analysis - Análisis Envolvente de Datos
DFA:	Deterministic Frontier Approach - Fronteras Determinísticas
DIGESA:	Dirección General de Salud Ambiental
DMU:	Decision Making Unit - Unidad de Toma de Decisiones
FDH:	Free Disposal Hull
INEI:	Instituto Nacional de Estadística e Informática
JICA:	Agencia de Cooperación Internacional del Japón
MEF:	Ministerio de Economía y Finanzas
MINAM:	Ministerio del Ambiente
ODS:	Objetivos de Desarrollo Sostenible
OEFA:	Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental
ONU:	Organización de las Naciones Unidas
PAT-SNIP:	Programa de Asistencia Técnica del MINAM-USAID-MEF.
PMM:	Programa de Modernización Municipal
PPC:	Producción Per-Cápita
PPR:	Presupuesto por Resultados
RENAMU:	Registro Nacional de Municipalidades
RSM:	Residuos Sólidos Municipales
SFA:	Stochastic Frontier Approach - Fronteras Estocásticas
SIAF:	Sistema Integrado de Administración Financiera
SIGERSOL:	Sistema de Información para la Gestión de Residuos Sólidos
USAID:	Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional
VRS:	Variable Returns to Scale - Retornos Variables a Escala

RESUMEN

El objetivo principal del presente trabajo de investigación es el de evaluar la eficiencia de la gestión de residuos sólidos municipales (RSM) a nivel distrital y provincial en el Perú. Los gobiernos locales han ido adquiriendo mayores funciones, competencias y recursos como efecto del proceso de descentralización del Estado, por lo que es pertinente evaluar su desempeño en un tema tan importante como el de la gestión de residuos sólidos. Para ello, utilizamos como principal base de datos el Registro Nacional de Municipalidades (RENAMU), empleando dos enfoques de eficiencia: un análisis de indicadores y la metodología del Análisis Envolvente de Datos (DEA).

Los resultados sugieren que el recojo de RSM es alto, en términos de niveles de cobertura, frecuencia de recojo y cantidad de residuos sólidos recogida. Sin embargo, el hecho de que casi 80% de los RSM vayan a botaderos y el elevado gasto para el servicio provoca que el índice ponderado no sea muy elevado (55% nacional). Con respecto al análisis DEA, se encuentra un resultado similar (56%), encontrando poca variabilidad en las eficiencias (ni muy ineficientes, ni muy eficientes). Adicionalmente, un modelo Tobit indica que entre las principales características que afectan positivamente la eficiencia DEA están contar con planes de manejo de RSM y disponer de planes de desarrollo urbano o rural, según corresponda (pero no para todos los tipos de municipalidades).

ABSTRACT

The main objective of this working paper is to evaluate the efficiency of municipal solid waste (MSW) management at district and provincial level in Peru. Local governments have been acquiring more functions, competencies and resources as result of decentralization, so it is pertinent to evaluate their performance on an issue as important as solid waste management. For this purpose, we work with National Registry of Municipalities (RENAMU) data, developing two efficiency approaches: an analysis of indicators and Data Envelopment Analysis (DEA).

Results suggest that waste collection is high in terms of coverage levels, collection frequency and quantity of waste collected. However, the fact that almost 80% of MSW goes to dumps and the high expense for the service causes the weighted index not to be very high (55% national). DEA analysis produces a similar result (56%), finding little variability in the efficiencies (neither very inefficient nor very efficient). In addition, a Tobit model indicates that among the main characteristics that positively affect DEA efficiency are having MSW management plans and having (urban/rural) development plans (but not for all types of municipalities).

1 INTRODUCCIÓN

Los gobiernos locales como entes encargados de ofrecer servicios públicos han ido adquiriendo mayores funciones, competencias y recursos. Su contacto directo con la población permite que puedan identificar mejor sus necesidades y así, en principio, proveer mejores servicios. Un servicio fundamental es la gestión de los residuos sólidos municipales (RSM). Por RSM nos referimos a residuos de origen doméstico, comercial, aseo urbano, y de productos provenientes de actividades que generen restos similares a estos. Se estima que un 93% de la gestión de los RSM se realiza por administración directa, mientras un 6% es mixta y sólo un 1% ocurre de manera tercerizada.¹ La importancia de la gestión de los RSM radica en la relación directa que existe entre residuos sólidos, salud y medio ambiente. Una mala gestión de los primeros produce múltiples impactos negativos, que van desde la propagación de enfermedades entéricas, deterioro de la calidad de aguas superficiales por escurrimiento de lixiviados, y repercusiones en la calidad de aire por las emisiones de biogás que, a su vez, generan efectos en el cambio climático y el medio ambiente (CEPAL/ONU, 2010).

Con respecto al financiamiento, durante el año 2015 las municipalidades contaron con ingresos de S/ 23 mil 394 millones anuales, en comparación con S/ 8 mil 927 millones en el año 2016² (INEI, 2017). A pesar de que los ingresos han crecido en forma significativa, se puede observar la persistencia de grandes brechas en coberturas de servicios, entre sectores rurales y urbanos, y un escaso desarrollo de infraestructuras apropiadas principalmente en ámbito rural. Dada la importancia, por un lado, de la cantidad de recursos municipales, y de otro, de la relación entre residuos sólidos, salud y ambiente, es relevante estudiar la eficiencia de la gestión municipal. En este sentido, una pregunta a responder es qué municipios emplean una cantidad de insumos mayor a lo necesario para la producción de sus servicios. De manera complementaria, existe una motivación por analizar los determinantes de dicha eficiencia en base de indicadores de gestión, factores fiscales, factores demográficos y fuentes de transferencias de los ingresos municipales, como discute la literatura existente.

Esta investigación realiza un análisis de eficiencia de la gestión de RSM en las municipalidades distritales y provinciales del Perú para el año 2015. Primero, presentamos indicadores de gestión de RSM y se les pondera en un índice agregado, siguiendo a Shack (2015). Segundo, estimamos la eficiencia municipal por medio de la metodología de “Análisis Envoltante de Datos” o DEA (Data Envelopment Analysis). Para ello, usamos como fuentes de datos la información del Registro Nacional de Municipalidades (RENAMU) y la información del SIAF-MEF. Tercero, mediante la aplicación de un modelo de regresión tipo Tobit, evaluamos los determinantes de la eficiencia en el manejo de RSM (de los resultados obtenidos en el análisis DEA).

La estructura del trabajo está dividida en trece secciones. La segunda sección aborda la fundamentación del problema, la tercera y la cuarta sección presentan los objetivos y la justificación de la investigación, respectivamente. La quinta sección presenta el marco normativo nacional e internacional, que sienta las bases para la creación de lineamientos técnicos y de gestión; así mismo, se hace un repaso de los planes, políticas y estrategias desarrolladas por los principales actores en materia de residuos sólidos. La sexta sección muestra el estado actual de la gestión de RSM y los principales problemas encontrados;

1 MINAM (2016). Plan Nacional de Gestión Integral de Residuos Sólidos 2016-2024. La referida información se determinó en función a 640 municipalidades.

2 Datos elaborados en base al Registro Nacional de Municipalidades 2016.

adicionalmente, se hace una breve descripción de los sistemas básicos de gestión de RSM y su tendencia hacia los sistemas de gestión integral de RSM. La séptima sección presenta los principales aspectos teóricos del estudio, como es el concepto de eficiencia y un repaso de las técnicas paramétricas y no paramétricas para la evaluación de la eficiencia municipal. La metodología empleada en el trabajo forma parte de la novena sección, donde se detallan los indicadores, su elaboración, el método DEA que se empleará para la estimación de la eficiencia, además de la tipificación de las municipalidades provinciales y distritales para hacer consistente la estimación. La onceava sección discute los resultados de la investigación. La décima sección concluye, subrayando que el manejo de los RSM en Perú tiene una elevada heterogeneidad en cuanto a su nivel de eficiencia, cobertura, costos y disposición final. La investigación finaliza con la treceava sección donde se realiza unas recomendaciones y sugerencias.

Este estudio contó con la asistencia de Victor Gamarra y Carmen Taipe. La responsabilidad de los productos entregables es exclusiva del investigador principal.

2 FUNDAMENTO DEL PROBLEMA

Según el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA (2014), los residuos sólidos son materiales desechados que, por lo general, carecen de valor económico para el común de las personas y se les conoce coloquialmente como “basura”. También se encuentran dentro de esta categoría los materiales semisólidos (como el lodo, el barro, entre otros) y los generados por eventos naturales. El mal manejo de los residuos sólidos tiene un impacto negativo en la salud de la población, en los ecosistemas y en la calidad de vida (Umaña et. al., 2003).

El tratamiento de los residuos sólidos es un tema que, por ley, corresponde a los gobiernos locales o municipalidades. De ahí que sea pertinente el hecho de contar con indicadores. Basado en la información del Registro Nacional de Municipalidades-RENAMU, la presente investigación responde una serie de preguntas relacionadas a la buena gestión pública y recomendaciones de política. Estas interrogantes son:

- i. ¿Es eficiente el sistema de manejo de residuos sólidos del cual se encargan las municipalidades?
- ii. ¿Cuál es la cobertura promedio del recojo de basura de los distintos distritos del Perú? ¿Cuál es el destino final de dicha basura? ¿Es este destino final eco-amigable con el medio ambiente?
- iii. ¿Los programas municipales de manejo de residuos sólidos propuestos por el Ministerio del Ambiente - MINAM ayudan a una mejor gestión de los mismos?

Las municipalidades requieren de herramientas que les permitan determinar eficiencia, tanto de la perspectiva sanitaria-ambiental como de la económica, y así tomar las decisiones más apropiadas para el mejoramiento del servicio de gestión de residuos. La gestión de residuos sólidos debe emplear una combinación de técnicas y programas de manejo, en la cual pueda hacerse un seguimiento y control de su funcionamiento. Es por ello necesaria la elaboración de indicadores que permitan el seguimiento y mejoramiento de la calidad del servicio que se proporciona y aseguren su comparabilidad a través del tiempo.

Según el Sexto Informe Nacional De Residuos Sólidos de la Gestión del Ámbito Municipal y no Municipal (2013), la generación de residuos sólidos del ámbito municipal durante el 2013, considerando exclusivamente el ámbito urbano del país, llegó a 18,533t /día; de ello, la recolección y transporte convencional con fines de disposición final alcanzaron en promedio el 87.5 % (16,216 t/día). De estos, solo 7,656 t/día de residuos fueron dispuestos en un relleno sanitario autorizado, mientras que 8,545 t/día terminaron en botaderos municipales y 300.3 t/día en otros destinos no especificados, vinculados principalmente a centros poblados urbanos sin servicio de recolección de residuos sólidos.

Esta información, obtenida del Sistema de Información para la Gestión de Residuos Sólidos – SIGERSOL, indica que, si bien la cobertura de recolección y transporte de residuos sólidos tiene un alcance de más de 87 %, el destino final de dichos residuos aún tiene el problema de si es o no amigable para el medio ambiente. Además, dicho indicador solo toma en cuenta el ámbito urbano: parte de la presente investigación es hallar dichos valores a nivel rural y comparando las regiones (promedios).

3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación tiene como objetivo general el de evaluar la gestión municipal de RSM mediante diversos indicadores económicos y ambientales referidos por la literatura, empleando el Registro Nacional de Municipalidades (RENAMU), provisto por el INEI, y data complementaria sobre contaminación (INEI-MINAM). Adicionalmente, se evalúa la eficiencia del recojo de RSM mediante el método DEA, el cual es empleado por la literatura internacional para evaluar la eficiencia de diversos entes públicos o privados en la provisión de bienes y servicios (municipalidades, empresas, etc.).

Finalmente, siguiendo la literatura internacional de la evaluación de eficiencia, se estima una regresión tipo Tobit de los determinantes de la eficiencia DEA hallados. Estos resultados permitirán arrojar luz sobre qué tipos de políticas o recomendaciones son las idóneas para mejorar la provisión de dicho servicio.

4 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

4.1 Motivaciones de Carácter Práctico. Los resultados de la presente investigación permitirán dar un diagnóstico del estado del manejo de residuos sólidos a nivel municipal, además de proveer de valiosa información a los gobiernos municipales sobre el estado y eficiencia de su accionar sobre los RSM. Dicha información puede ser empleada por los hacedores de política para implementar reformas en dicho ámbito, tomando en cuenta la heterogeneidad y capacidades (y limitaciones) de los distritos analizados.

4.2 Motivaciones de Carácter Metodológico. El estudio describirá los métodos para cuantificar la eficiencia del manejo de residuos sólidos y aportará un nuevo estudio respecto a la eficiencia del gasto municipal (focalizado a los residuos sólidos). No existen estudios en Perú que realicen el análisis de la eficiencia del servicio de RSM con la metodología DEA, por lo cual es un vacío en la literatura que la presente investigación pretende llenar. Además, se empleará metodologías distintas a los planteados por el MINAM en los Informes Nacionales de Residuos Sólidos.

4.3 Motivaciones de Carácter Teórico. El análisis y definición de 'eficiencia' será un tema abordado dentro del marco teórico del documento, ahondando en las distintas mediciones y conceptos que la literatura designa. Entre ellos los análisis de los métodos paramétricos y no paramétricos serán abordados.

5 MARCO NORMATIVO E INSTITUCIONAL

5.1 Normativa Nacional

Las normas ambientales permiten regular la actividad humana, a fin de prevenir, controlar y mitigar los impactos que se pueda ocasionar en el ambiente como producto de esta actividad. A continuación, se presenta una síntesis de la regulación nacional sobre los residuos sólidos del ámbito de gestión municipal.³

Cuadro N° 1: Línea de Tiempo del Marco Legal Vinculada a la Gestión y Manejo de Residuos Sólidos Municipales (RSM)

Año de Aprobación	Norma Legal
1993	Constitución Política del Perú
1997	Ley N° 26842 - Ley General de Salud
2000	Ley N° 27314 - Ley General de Residuos Sólidos
2001	Ley N° 27446 - Ley del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental
2003	Ley N° 27972 - Ley Orgánica de las Municipalidades
2004	D.S. N° 057-2004-PCM - Reglamento de la Ley General de Residuos
2004	Ley N° 28245 - Ley Marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental
2004	Ley N° 28256 - Ley que regula el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos
2005	D.S. N° 008-2005-PCM - Reglamento de la Ley Marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental
2005	Ley N° 28611 - Ley General del Ambiente
2008	D.S. N° 021-2008-MTC - Reglamento Nacional de Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos
2008	D.L. N° 1013 - Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente
2008	Ley N° 29263 - Ley que modifica diversos artículos del Código Penal y de la Ley General del Ambiente
2008	R. M. N° 702-2008-MINSA - Norma Técnica de Salud que regula el manejo selectivo de residuos sólidos por Segregadores
2008	D. L. N° 1065 - Modificatoria de la Ley de Residuos Sólidos
2009	D.S. N° 019-2008-MINAM - Reglamento del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental
2009	Ley N° 29419 - Ley que Regula la Actividad de los Recicladores
2010	D. S. N° 005-2010-MINAM - Reglamento de la Ley que Regula la Actividad de los Recicladores
2012	D. S. N° 001-2012-MINAM - Reglamento Nacional para la Gestión y Manejo de los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos
2012	D. S. N° 016-2012-AG - Reglamento de Manejo de los Residuos Sólidos del Sector Agrario
2012	Ley N° 1549 - Ley por medio de la cual se fortalece la institucionalización de la política nacional de educación ambiental y su incorporación efectiva en el desarrollo territorial

Elaboración propia en base a normas legales.

3 En el Anexo N° 1 se presenta un cuadro que describe los principales aportes de cada norma relacionados al tema de investigación.

5.2 Acuerdos Internacionales

El derecho internacional introdujo por vez primera el desarrollo de derechos ambientales en nuestro país, debido a que las primeras normas fueron tratados internacionales que surgieron por la preocupación mundial por problemas ambientales transfronterizos. Así, en 1989 nació la Convención de Basilea como un acuerdo multilateral sobre el control de movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación, el cual fue ratificado por nuestro país mediante la Resolución Legislativa N° 26234-1993. Al respecto, la Ley General de Residuos Sólidos y su Reglamento desarrollan las medidas adecuadas para la importación y exportación de los residuos sólidos con sujeción al Convenio de Basilea (Defensoría del Pueblo, 2007).

Otra norma internacional relacionada con el tema de los residuos sólidos es el Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes del 2001, que surgió como respuesta a la preocupación por los efectos que generaban la exposición a ciertos contaminantes a la salud intergeneracional de la población, a causa de las propiedades tóxicas y la resistencia a la degradación de algunos desechos. Este Convenio de Estocolmo fue ratificado por el estado peruano mediante el Decreto Supremo N° 067-2005-RE. Asimismo, se gestó la ejecución del proyecto “Plan Nacional de Implementación del Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes en el Perú”, a cargo de la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA) del Ministerio de Salud, a fin de cumplir con las obligaciones internacionales (Defensoría del Pueblo, 2007).

Más recientemente, la Vigésima Conferencia de las Partes de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (COP 20), desarrollada en Lima del 1 al 12 de diciembre de 2014, abordó los problemas que surgen por la disposición de residuos sólidos a cielo abierto, su incineración, la falta de control de lixiviados y el arrojado de residuos a fuentes de agua (OEFA, 2015). Al respecto, las municipalidades son identificadas como actores importantes que tienen el poder de reducir los impactos negativos por medio de una mejor gestión de los residuos sólidos.

Adicionalmente, se dan una lista de acuerdos internacionales de los cuales el Perú fue parte y también configuran el marco normativo de la gestión de residuos sólidos.

- Cumbre Mundial sobre Desarrollo Sostenible – 2002
- Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible Río +20 –2012.
- Convenio de Minamata – 2013
- Plataforma de Acción Beijing + 20
- Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)
- Evaluación de desempeño ambiental del Perú realizado por la OCDE y CEPAL – 2016.

5.3 Marco Institucional

Las políticas, planes o estrategias nacionales en materia del ambiente y residuos sólidos representan fuente importante para la evaluación de los procesos de gestión y manejo de los RSM, ya que establecen lineamientos de acción consensuados en la materia, que toman como base la normatividad existente en el país y estudios técnicos realizados por los diferentes actores del sistema. A continuación, se hace un listado de las guías publicadas a la fecha.

- Análisis Sectorial de Residuos Sólidos en el Perú, 1998
- Plan Nacional de Gestión Integral de Residuos Sólidos,⁴ 2005
- Política Nacional del Ambiente,⁵ 2009
- Plan de Acción de Adaptación y Mitigación frente al Cambio Climático,⁶ 2010
- Plan Nacional de Acción Ambiental,⁷ 2011-2021
- Plan de Incentivos a la Mejora de la Gestión de Modernización Municipal (PI) -MEF –MINAM,⁸ 2012
- Política Nacional de Educación Ambiental,⁹ 2012
- Agenda Nacional de Acción Ambiental,¹⁰ 2013-2014
- Plan Estratégico Sectorial Multianual del Sector Ambiente,¹¹ 2013-2016
- Agenda de Investigación Ambiental,¹² 2013 - 2021
- Programa “NAMA en Residuos Sólidos – Perú”,¹³ 2015
- Plan Nacional de Gestión Integral de Residuos Sólidos,¹⁴ 2016-2024

4 El Plan Nacional de Gestión Integral de Residuos Sólidos fue aprobado mediante del Decreto del Consejo Directivo N° 004-2005-CONAM-CD publicado el 2 de junio de 2005.

5 La Política Nacional del Ambiente fue aprobada mediante Decreto Supremo N° 012-2009-MINAM publicado el 23 de mayo de 2009.

6 El Plan de Acción de Adaptación y Mitigación al Cambio Climático fue aprobado mediante la Resolución Ministerial No. 238-2010-MINAM publicado el 2 de diciembre de 2010.

7 Plan Nacional de Acción Ambiental 2011 – 2021 fue aprobado mediante el Decreto Supremo N° 014-2011-MINAM publicado el 14 de julio de 2011.

8 El Plan de Incentivos a la Mejora de la Gestión y Modernización Municipal (PI) fue aprobado mediante Ley N° 29332 modificado mediante Decreto de Urgencia N° 119-2009 e incorporado en la Ley del Presupuesto del Sector Público del Año Fiscal 2010, 2011 y 2012, respectivamente.

9 La Política Nacional de Educación Ambiental fue aprobada mediante de la Decreto Supremo N° 017-2012-ED el 29 de diciembre de 2012.

10 La Agenda Nacional de Acción Ambiental 2013-2014 fue aprobada mediante Resolución Ministerial N° 026-2013-MINAM publicada el 28 de enero de 2013.

11 El Plan Estratégico Sectorial Multianual del Sector Ambiente 2013-2016 fue aprobado mediante de la Resolución Ministerial N° 334-2012-MINAM publicado el 27 de diciembre de 2012.

12 La Agenda de Investigación Ambiental 2013-2021 fue aprobada mediante de la Resolución Ministerial N° 175-2013-MINAM el 18 de junio de 2013.

13 El Programa de preparación de NAMA fue financiado por NEFCO y los gobiernos nórdicos. El líder implementador fue el Ministerio del Ambiente de Perú (MINAM). El programa comenzó en agosto de 2013 y continuó hasta junio de 2015.

14 El Plan Nacional de Gestión Integral de Residuos Sólidos 2016-2024 fue aprobado mediante de la Resolución Ministerial N° 191-2016-MINAM el 26 de julio de 2016.

6 ESTADO SITUACIONAL DE LA GESTIÓN DE RSM

6.1 Panorama Actual de los RSM en el Perú

La continua urbanización de nuestro país se ve reflejada en la tendencia positiva del crecimiento poblacional de las ciudades. Para el año 2014, la población urbana significó el 74% y Lima, como la ciudad más poblada, generó más de 7 400 toneladas de RSM por día, aproximadamente 0,65 kg por habitante. Según estimaciones del OEFA, en 20 años Lima generará el doble de residuos sólidos. En este sentido, el crecimiento se asocia a mayores demandas por equipamiento e infraestructura, a causa de la generación de mayores volúmenes de residuos sólidos por parte de la población. Según el “Informe de la evaluación regional del manejo de residuos sólidos urbanos en América Latina y el Caribe 2010” (Martínez Arce et al., 2010), la generación de residuos sólidos es el indicador más importante para dimensionar la escala que deberán tener los distintos servicios del manejo de residuos y prever las dificultades que se encontrarán en los procesos.

La clasificación que se da a los residuos sólidos en cuanto a su manejo y gestión los diferencia en Residuos de Gestión Municipal (o Residuos Sólidos Municipales – RSM) y Residuos de Gestión No Municipal; esta clasificación hace posible identificar al responsable de su manipulación. Al respecto, los RSM tienen origen domiciliario, comercial y similar a estos. Según el PLANRES 2016-2024 (MINAM, 2016), el Perú durante el año 2014 generó un total de 7 millones 497 mil toneladas de RSM, de los cuales un 64% son residuos domiciliarios y un 26% son residuos no domiciliarios.

Cuadro N° 2: Recojo de Residuos Sólidos Municipales y Gasto Según Departamento, 2015

Región	Recojo promedio de municipalidades (Ton/diarias)	Recojo Total (Ton/diarias)	Gasto en recojo de RSM (Miles de Soles)	Gasto total en barrido de calles (Miles de Soles)
Amazonas	1,50	125,91	3 463,65	937,84
Áncash	4,57	758,34	15 800,00	8 386,65
Apurímac	3,04	246,33	4 153,03	3 252,02
Arequipa	9,50	1 035,74	21 800,00	14 200,00
Ayacucho	2,59	300,12	8 668,70	5 096,64
Cajamarca	5,07	644,40	9 336,61	9 236,73
Callao	120,47	843,28	19 000,00	96 700,00
Cusco	8,73	959,87	26 100,00	12 900,00
Huancavelica	1,20	116,81	3 819,72	3 103,11
Huánuco	5,05	388,78	10 500,00	2 959,56
Ica	13,93	598,99	21 700,00	5 224,95
Junín	5,60	688,94	17 700,00	12 600,00
La Libertad	18,90	1 568,78	25 800,00	13 400,00
Lambayeque	28,93	1 099,23	22 700,00	23 200,00
Lima	54,35	9 293,29	396 000,00	116 000,00
Loreto	10,24	542,51	14 800,00	13 800,00
Madre de Dios	9,41	103,47	2 581,38	1 682,83
Moquegua	5,62	112,46	2 633,68	4 148,47
Pasco	7,03	203,88	4 975,79	2 332,44
Piura	16,33	1 061,50	31 600,00	13 200,00
Puno	5,57	606,67	8 114,97	11 900,00
San Martín	4,85	373,64	8 039,79	1 422,10
Tacna	9,53	257,35	5 924,96	3 296,23
Tumbes	7,84	101,88	4 760,64	1 810,21
Ucayali	23,88	358,22	13 700,00	2 587,36
Total	12,10	22 390,37	703 672,92	383 377,13

Fuente: INEI - RENAMU (2016).
Elaboración propia.

Para el año 2015, las regiones que tienen promedios diarios más altos de recojo, como Lima, La Libertad, Lambayeque, Piura o Arequipa, están acorde a la cantidad de población existente en cada una de ellas, por tanto, la asignación de gastos en materia de aseo público es mayor. Esto podría indicar la existencia de una cobertura que va en relación con la demanda del servicio. Sin embargo, si el objetivo es analizar la situación de la gestión de RSM a nivel distrital, es necesario una desagregación mayor que permita generar indicadores para cada una de las municipalidades distritales y provinciales de nuestro país, debido a que los índices agregados no muestran la heterogeneidad intrarregional.

Cuadro N° 3: Destino Final de los Residuos Sólidos Municipales Según Departamento 2015
(Porcentaje)

Región	Relleno Sanitario	Botadero	Reciclados	Quemados	Compostaje
Amazonas	17,80	63,10	4,00	3,80	0,50
Áncash	21,60	60,70	10,00	5,50	0,30
Apurímac	16,20	67,10	6,40	7,70	0,20
Arequipa	21,80	65,50	4,30	5,70	0,00
Ayacucho	29,20	60,90	3,80	3,30	0,30
Cajamarca	26,20	62,40	4,40	3,50	1,10
Callao	97,10	0,00	2,90	0,00	0,00
Cusco	16,00	75,40	5,70	1,30	0,70
Huancavelica	24,90	61,40	8,20	5,30	0,20
Huánuco	27,20	61,60	4,70	6,10	0,30
Ica	5,30	78,90	8,70	4,70	0,00
Junín	35,80	42,10	9,40	7,50	2,00
La Libertad	12,50	80,10	4,30	2,80	0,30
Lambayeque	2,90	91,50	4,10	1,60	0,00
Lima	40,60	46,50	5,70	5,20	0,20
Loreto	17,30	67,40	2,20	6,60	0,80
Madre de Dios	0,00	98,00	0,20	1,80	0,00
Moquegua	4,00	86,00	4,80	5,30	0,00
Pasco	24,30	62,00	12,90	0,90	0,00
Piura	15,70	70,50	8,20	4,80	0,80
Puno	19,50	60,70	5,20	13,80	0,00
San Martín	9,90	77,00	7,40	1,00	2,10
Tacna	15,70	65,90	0,40	18,00	0,00
Tumbes	1,20	92,90	4,20	1,70	0,00
Ucayali	0,00	97,70	2,30	0,00	0,00
Total	22,30	63,90	6,00	5,20	0,50

Fuente: INEI - RENAMU (2016).
Elaboración propia

Ahora, realizando un análisis pequeño de dos periodos de tiempo entre los RENAMU del 2015 y 2016 (que reportan información para los años 2014 y 2015, respectivamente), podemos apreciar que el recojo de todas las municipalidades (provinciales y distritales) no ha variado mucho (Cuadro 4). Se observa que algunas regiones incrementan su recojo y otras disminuyen, pero el cambio no es tan dramático. Esto es algo coherente, ya que la producción de residuos sólidos no es una variable que se incremente de un año a otro y responde más al modo de vida de la población, el cual no cambia dramáticamente.

**Cuadro N° 4: Cantidad Promedio Diario de Recojo de Residuos Sólidos Municipales
Según Departamento 2014 y 2015
(kg)**

Dpto	2014		2015	
	Promedio Recogido	Total recogido	Promedio Recogido	Total recogido
Amazonas	1 374,70	115 471,00	1 498,90	125 909,00
Áncash	5 049,90	838 281,00	4 568,30	758 339,00
Apurímac	2 375,70	190 057,00	3 041,10	246 328,00
Arequipa	7 875,60	858 439,00	9 502,20	1 035 741,00
Ayacucho	2 877,10	330 865,00	2 587,20	300 119,00
Cajamarca	3 514,50	446 338,00	5 074,00	644 402,00
Callao	166 584,80	999 509,00	120 467,90	843 275,00
Cusco	5 675,60	612 969,00	8 726,10	959 871,00
Huancavelica	1 158,90	110 097,00	1 204,20	116 810,00
Huánuco	3 204,50	246 746,00	5 049,10	388 781,00
Ica	12 846,70	552 410,00	13 929,90	598 986,00
Junín	5 365,10	659 906,00	5 601,10	688 937,00
La Libertad	18 546,80	1 539 388,00	18 901,00	1 568 780,00
Lambayeque	25 218,20	958 290,00	28 927,10	1 099 228,00
Lima	51 273,30	8 767 740,00	54 346,70	9 293 294,00
Loreto	10 156,50	517 980,00	10 235,90	542 505,00
Madre de Dios	7 927,30	87 200,00	9 406,50	103 471,00
Moquegua	5 857,50	117 150,00	5 623,10	112 463,00
Pasco	6 807,50	197 417,00	7 030,40	203 881,00
Piura	15 664,50	1 018 192,00	16 330,70	1 061 496,00
Puno	5 630,10	613 677,00	5 565,80	606 672,00
San Martín	4 930,90	379 681,00	4 852,40	373 636,00
Tacna	10 488,60	283 193,00	9 531,50	257 350,00
Tumbes	6 884,60	89 500,00	7 836,70	101 877,00
Ucayali	24 276,70	364 150,00	23 881,40	358 221,00
Total	11 343,50	20 894 646,00	12 096,40	22 390 372,00

Fuente: INEI - RENAMU (2016).

Elaboración propia

Adicionalmente, las entidades especializadas en materia ambiental sostienen que el principal problema del manejo de residuos sólidos en el Perú es la escasez de lugares adecuados destinados a su disposición final, y estiman que el país requiere de 190 infraestructuras para la disposición final de residuos sólidos, dado que para el año 2014 existían solo 9 rellenos sanitarios y 2 rellenos de seguridad (diseñados para contener residuos potencialmente peligrosos) con todos los permisos y autorizaciones correspondientes (OEFA, 2015).

Asimismo, un problema que surge como consecuencia del anterior es que, para el año 2015, el 63.9% de RSM tiene como destino final botaderos y otros destinos no identificados. Esto demuestra que, aun existiendo una cobertura considerable, la carencia de control al final del ciclo del manejo de los RSM termina afectando la salud de la población e impactando negativamente al entorno. Por otro lado, todo problema es una posibilidad. Los residuos sólidos son una oportunidad económica. Existe amplia evidencia internacional que muestra que una gestión integral permite generar energía, junto a crear empleos y reducir la informalidad.

Al respecto, el MINAM, MEF y organismos internacionales como el Fondo Contravalor Perú-Alemania, Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA) y el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) han centrado sus esfuerzos en una serie de proyectos que incluyen el apoyo en la elaboración de instrumentos técnicos para la gestión integral de residuos sólidos, sensibilización de la población y el desarrollo de infraestructura necesaria para reducir la cantidad y peligrosidad de los residuos sólidos. Como resultado, al término del año 2016, se contaban con un total de 24 instalaciones adecuadas de disposición final a nivel nacional, lo cual significa un beneficio social importante.

Respecto a lo anterior, el Proyecto de Planificación ante el Cambio Climático (PlanCC, 2017) estima que invertir en la construcción de 31 rellenos sanitarios (US\$ 68 millones) sería menos costoso que pagar las consecuencias en salud y dejar de aprovechar las oportunidades de negocio y empleo (US\$ 306 millones); adicionalmente, se evitarían 3,14 millones de toneladas de dióxido de carbono equivalente entre el 2017 y 2030.

De acuerdo Rondón et al. (2016), los países de América Latina y el Caribe aún mantienen la visión tradicional de recolectar, transportar y disponer los residuos en el exterior del casco urbano; son muy pocos los países con plantas formales para la segregación y reciclado de los residuos. En el caso del Perú, desde el 2011 el Programa de Incentivos a la Mejora de la Gestión Municipal (PI) viene promoviendo acciones para la creación del Programa de Segregación en la fuente en los gobiernos locales de las ciudades más importantes. De esta forma, a través de este programa 15 mil 865 toneladas de RSM inorgánicos han sido reaprovechados al año. Cabe resaltar que la Municipalidad Distrital de Surco, en la ciudad de Lima, es la única que cuenta con una planta piloto de segregación de residuos inorgánicos.

6.2 Gestión Integral de Residuos Sólidos

En un sentido amplio, André y Cerdá (2005) definen a la gestión de residuos como un conjunto de procesos orientados a dar a los residuos el destino más adecuado desde el punto de vista económico y ambiental, dadas sus características, volumen, procedencia, reutilizamiento, costo de tratamiento y normativa legal. Señalan que esta definición mantiene relación con el enfoque post-consumo de la gestión, que consiste en tomar como dada la cantidad y la composición de los residuos generados y establecer la combinación más apropiada para su tratamiento.

Al respecto, la Guía General para la Gestión de Residuos Domiciliarios de los Manuales CEPAL (Rondón et. al., 2016) sostiene que la Gestión Integral de Residuos Sólidos (GIRS) es una interacción dinámica entre actores que se desempeñan en los planos institucional, sectorial y regional; es decir, comprende un conjunto de actividades interdependientes y complementarias entre sí, con el objetivo de proteger el medio ambiente y la calidad de vida de la población. Para ello se señala una lista de factibilidades jerarquizadas, siendo el primer propósito de la gestión integral el evitar la generación de residuos sólidos. Si no es factible evitar, se recomienda procurar la minimización utilizando el concepto de las 3R's (reducir, reutilizar, reciclar); si esta minimización no es factible, entonces se debe plantear el tratamiento, y la disposición final cuando el tratamiento no sea factible. Un enfoque más amplio sugiere que la gestión de los residuos empieza en las fases de producción y comercialización de los bienes de consumo, puesto que en ellas se determina el volumen y la composición de los residuos (André & Cerdá, 2005).

En el Perú, el Plan Integral de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos (PIGARS) es un instrumento que surge de un proceso participativo de planificación, y su elaboración forma parte del rol de las municipalidades provinciales. Adicionalmente, otras herramientas de gestión integral son el Plan de Manejo de Residuos Sólidos (PMRS) y el Programa de Segregación en la Fuente y Recolección Selectiva de Residuos Sólidos (PSFRS). Según la Guía Metodológica para la Formulación de PIGARSM del MINAM (2009), el PIGARSM comprende las etapas de generación, almacenamiento, barrido y limpieza, recolección y transporte, transferencia, tratamiento, reciclaje y disposición final. Recientemente, se planteó la Articulación Territorial del Programa Presupuestal 0036 (PP), que busca reducir la brecha en cobertura de servicios en la limpieza pública, generar conciencia en la población, promover un servicio coordinado entre los niveles de gobierno y empoderar en sus funciones a los gobiernos locales con mayor capacidad técnica y logística.

7 MARCO TEÓRICO

7.1 Concepto de Eficiencia

El concepto de eficiencia se deriva de la teoría microeconómica de la producción, la cual interpreta las actividades públicas locales como un proceso de producción (Herrera Catalán & Francke, 2009), es decir, una función de producción que transforme inputs (como capital y fuerza laboral) en outputs (Bradford et al., 1969; Fisher, 1996).

Se han desarrollado tres medidas principales de eficiencia (Worthington & Dollery, 2000a). En primer lugar, la eficiencia técnica o productiva se refiere al uso de los recursos productivos de la manera más tecnológicamente eficiente. Dicho de otro modo, la eficiencia técnica implica la máxima salida posible de un conjunto dado de insumos. En segundo término, la eficiencia asignativa se refiere a la distribución de los recursos productivos entre los usos alternativos para producir la mezcla óptima de la producción; en otras palabras, la eficiencia asignativa o de costo-eficiencia se ocupa de elegir entre las diferentes combinaciones de inputs dados los correspondientes precios y la referencia tecnológica. En conjunto, la eficiencia asignativa y la eficiencia técnica determinan el grado de eficiencia económica.

Por lo tanto, si una agencia utiliza sus recursos de forma completamente asignativa y técnicamente eficiente, entonces se puede decir que ha alcanzado la eficiencia económica total (Worthington & Dollery, 2000a). Alternativamente, en la medida en que la ineficiencia asignativa o técnica esté presente, la organización estará operando a un nivel menor que el de la eficiencia económica total. Este concepto de eficiencia aplicado a las unidades de gestión ha sido desarrollado mediante el concepto de eficiencia económica de Farrell (1957), el cual se compone de la eficiencia técnica y la eficiencia asignativa.

En tercer lugar, Worthington y Dollery (2000a) señalan que, en contraste con la eficiencia asignativa y la eficiencia técnica, la eficiencia dinámica es un concepto mucho menos preciso. En general, la eficiencia dinámica se refiere al uso económicamente eficiente de los recursos a través del tiempo y, por lo tanto, abarca la eficiencia asignativa y técnica en una dimensión intertemporal.

En línea con el concepto de eficiencia técnica de Farrell (1957), es factible analizar el proceso de producción municipal mediante el empleo de diversos indicadores de gestión. Este representa un primer punto de partida para nuestro análisis de la eficiencia técnica del manejo de los RSM. Según Shack (2015), cuando se tiene como objetivo la mejora continua de la gestión pública y la consolidación de una cultura de evaluación, existe una lógica contundente: (i) no se puede mejorar lo que no se controla; (ii) no se puede evaluar lo que no se mide; y (iii) no se puede medir lo que no se conoce, es indispensable disponer de información relevante. Se quiere evaluar la acción pública financiada a través del presupuesto desde un punto de vista programático, es decir, referente a un programa o evento y a la pertinencia de sus logros o resultados obtenidos. Es necesario elaborar indicadores de desempeño de distintos tipos y niveles de complejidad; estos indicadores difieren según su función en el proceso de ejecución de la acción pública: medición, seguimiento y evaluación. Los indicadores para medir el desempeño son de insumo/input, proceso, producto/output, resultado e impacto.

Debido a la compleja realidad de la acción pública, no es posible acercarnos de manera completa al análisis del desempeño presupuestal con un solo indicador, sino que necesitamos de familias de indicadores para evaluar las diferentes dimensiones de la acción pública.

Retomando el concepto de frontera de producción, la frontera de posibilidades de producción representa las mejores combinaciones de productos que es posible de producir dado que las cantidades de factores se han usado eficientemente. Una medida de la eficiencia es la distancia de la práctica observada de la empresa, o unidad ejecutora (Decision Making Unit - DMU), a la frontera. Existen otras medidas de eficiencia como las ratios input/output o los índices parciales de productividad. Sin embargo, la mayoría de las tecnologías emplean muchos insumos o producen varios productos, o ambos; por lo tanto, una mejora en la medición de la eficiencia debería estar explicada por sustitución de inputs y outputs, y no necesariamente por el uso de insumos o producción de productos (Rossi, 2000).

7.2 Técnicas Paramétricas y no Paramétricas

Existen dos metodologías para estudiar la eficiencia de una municipalidad: la paramétrica compuesta por Fronteras Determinísticas (DFA, por sus siglas en inglés) y Fronteras Estocásticas (SFA, por sus siglas en inglés) y la no paramétrica: Análisis Envolvente de Datos (DEA, por sus siglas en inglés) y Free Disposal Hull, (FDH, término que se mantiene en inglés). La frontera determinística sirve para comparar el comportamiento real de las organizaciones frente a un punto de referencia idealizado de la eficiencia económica, determinando el grado de eficiencia económica que exhiben algunas unidades ejecutoras en el mundo real; este enfoque general de la medición de la eficiencia se ha denominado "Fronteras Determinísticas" – DFA. Sin embargo, es posible que la desviación de una frontera de eficiencia determinada no se deba a la ineficiencia de la organización en cuestión sino a factores externos que escapan a su control. Por ello, se ha desarrollado el enfoque de "fronteras estocásticas" – SFA que descomponen las desviaciones de la frontera en dos partes donde la primera es un error aleatorio que captura todas las desviaciones desde la frontera que pueden no estar bajo el control de la DMU, mientras que la segunda es una variable que captura las desviaciones de la frontera asociadas a ineficiencia. Así, el enfoque paramétrico tiene la ventaja de permitir desviaciones de la frontera, que pueden no deberse necesariamente a ineficiencias.

A diferencia de las técnicas DFA y SFA, que intentan determinar la eficiencia económica absoluta de las organizaciones frente a un cierto punto de referencia de la eficiencia, el enfoque no-paramétrico analiza la eficiencia sin asignar ninguna forma funcional específica, sino que la consigue desde los datos disponibles y está basado en técnicas de programación lineal en lugar de modelos econométricos. Adicionalmente, Pacheco et al. (2013) destacan algunos beneficios e inconvenientes de utilizar estos modelos como: la flexibilidad en adaptarse a distintos enfoques como, por ejemplo, una frontera de eficiencia con orientación input-insumo (problema de minimización de insumos dado el producto) o una con orientación output-producto (problema de maximización del producto dados los inputs) y flexibilidad en cuanto a la elección de supuestos, ya sea bajo rendimientos constantes a escala o bajo rendimientos crecientes y decrecientes. En contraste, los métodos no paramétricos al ser utilizados en datos de panel presentan el inconveniente de que no explotan toda la riqueza de los datos, puesto que optimizan período a período y no utilizan completamente la información de seguimiento a la DMU.

El enfoque de "Análisis Envolvente de Datos" - DEA trata de evaluar la eficiencia de una organización con respecto a otras unidades ejecutoras homogéneas. El DEA calcula así la eficiencia económica de una organización dada en relación con el desempeño de otras organizaciones que producen el mismo bien o servicio en lugar de un estándar idealizado de desempeño. Una variante importante de la metodología de DEA empleada a menudo en el análisis de la eficiencia económica en el sector público se conoce como el enfoque del "Free Disposal Hull" - FDH. Esta técnica se construye sobre la base de menos restricciones y no asume la existencia de muchas maneras diferentes de producir algún bien o servicio.

Cuadro N° 5: Tipos de Metodologías para el Análisis de Eficiencia Municipal

Metodología		Característica
Paramétricas	Fronteras determinísticas (DFA)	Técnica econométrica que asume que todas las desviaciones respecto a la frontera explican un comportamiento ineficiente.
	Fronteras estocásticas (SFA)	Incluyen un término de error en la explicación de las desviaciones respecto de la frontera.
No Paramétricas	Análisis envolvente de datos (DEA)	Técnica de programación lineal o no lineal que parte de una frontera estimada, considerando ineficiencias todas las desviaciones respecto de la misma.
	Free disposal hull (FDH)	Es una variante de la anterior que asume un menor número de restricciones sobre la tecnología de producción.

Fuente: Adaptación de (Worthington & Dollery, 2000a)

Elaboración propia.

7.3 Literatura Sobre Indicadores de Gestión de RSM

Una herramienta importante para la gestión son los indicadores, la comparación constante de los valores obtenidos a partir de estos se utiliza para la toma de decisiones y el continuo mejoramiento. Respecto a esto, el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente OPS/CEPIS (Paraguassú de Sá y Rojas, 2001) elabora indicadores operacionales, financieros y comerciales que permitan evaluar el desempeño del servicio de limpieza pública. Para ello, relacionan cantidades prefijadas (información base) que se obtienen del monitoreo constante de las actividades que conforman el servicio de limpieza pública. Adicionalmente, establece rangos aceptables que sirvieron de fuente para la elaboración de guías de gestión para el manejo de residuos sólidos en distintos países de América Latina, como Chile (Comisión Nacional del Medio Ambiente, 2001), Argentina (Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación, 2015) y Perú (MINAM, 2012). En los últimos años existe nueva literatura desarrolla numerosos indicadores de sostenibilidad ambiental, Puma-Chávez et al. (2011) propone la construcción de indicadores considerando aspectos sociales y técnicos en el manejo de residuos sólidos.

Como se ha visto, los informes institucionales nacionales previos, elaborados por el MINAM (2012; 2014), dan lineamientos que tienen como objetivo mejorar la gestión de los recursos, marcando pautas o resultados esperados; asimismo, una de sus funciones según la normativa ambiental¹⁵ también es generar indicadores de seguimiento respecto a la gestión. Por tanto, presentan indicadores de gestión de servicio de limpieza, y hacen la salvedad de tomarlos con precaución debido a que el subsector recién se acerca al manejo de estos instrumentos de gestión. Con la información del INEI¹⁶ (2009; 2010), SIGERSOL¹⁷ 2010-2011, PAT-SNIP¹⁸ 2010-2011, PMM¹⁹ y JICA²⁰, se analiza los aspectos de porcentaje de los distritos que informan sobre gestión de los RSM, generación de RSM, composición, servicios de barrido, recolección, transporte, transferencia y disposición final de RSM. Asimismo, se analiza los aspectos de administración de los servicios, planificación, normativos, los aspectos financieros, la demanda y oferta de servicios y el análisis de la educación ambiental en residuos.

15 Ley General de Residuos Sólidos - Ley N° 27314.

16 En "Perú: Estimaciones y Proyecciones de Población Urbana y Rural por Sexo y Grupos Quinquenales de Edad, Según Departamentos, 2000-2015" y en "Principales Indicadores Departamentales 2006-2009".

17 Sistema de Información para la Gestión de Residuos Sólidos del MINAM.

18 Programa de asistencia técnica del MINAM-USAID-MEF.

19 Programa de Modernización Municipal del MEF – MINAM.

20 Agencia de Cooperación Internacional del Japón.

Recientemente, el OEFA publicó índices de cumplimiento de los municipios provinciales a nivel nacional, como parte del Informe 2013 – 2014 sobre Fiscalización Ambiental en Residuos Sólidos de Gestión Municipal Provincial (OEFA, 2014). El referido informe evalúa once componentes ambientales que supervisan al cumplimiento de ciertas obligaciones por parte de los municipios. Los componentes son agrupados en dos secciones, una de gestión y otra de manejo, evaluando la elaboración y aplicación de instrumentos técnicos específicos, y analizando datos obtenidos en supervisiones regulares a 189 de las 195 municipalidades provinciales a nivel nacional. En síntesis, el estudio del OEFA permite aplicar un concepto de desempeño en la ejecución de funciones; pero ello no asegura que la gestión se realice eficientemente.

7.4 Literatura Sobre Eficiencia Municipal

En cuanto al análisis de eficiencia municipal, existen dos enfoques de estudio. Un primer grupo analiza la eficiencia de las municipalidades desde un enfoque global. Entre los estudios internacionales destacan los aportes de Vanden Eeckaut et al. (1993), De Borger et al. (1994), De Borger y Kerstens (1996a; 1996b), Worthington (2000), Balaguer-Coll et al. (2002), Balaguer-Coll (2004), Afonso y Fernandes (2006) y Pacheco et al. (2013). Asimismo, la literatura nacional tiene trabajos pioneros que toman este enfoque global de eficiencia en el conjunto de servicios (Herrera y Málaga, 2004; Herrera y Francke, 2009; y Muñoz, 2010). Un segundo grupo evalúa la eficiencia pública en base a la prestación de un único servicio, como la recolección de residuos (Bosch et al., 2000; Worthington y Dollery, 2001; Álvarez Villamarín et al., 2003; García- Sánchez, 2007; Benito et al., 2010; Benito et al., 2011; Cavallin et al., 2016), los servicios de protección contra incendios (Cuenca, 1994), los servicios policiales (Díez-Ticio y Mancebón, 1999, 2000), etc.

Estudios como los de Balaguer-Coll et al. (2002); Afonso y Fernandes (2006); García-Sánchez (2007); Herrera y Francke (2009); Muñoz (2010); y Pacheco et al. (2013) suelen dividirse en dos etapas: mientras la primera es en sí misma el análisis de eficiencia, la segunda busca hallar los determinantes de tal eficiencia. Los factores evaluados por la literatura son de aspecto fiscal (impuestos, transferencias intergubernamentales, déficit fiscal), socioeconómico (ingreso per-cápita, participación ciudadana, educación), demográfico (número de población, densidad poblacional), político (número de partidos políticos, filiación política, continuidad en el cargo) y tecnológico (uso de equipos informáticos).

Respecto al uso de metodologías, De Borger y Kerstens (1996a), para Bélgica, Worthington (2000), para Australia, Bosch et al. (2000), para España, y Herrera y Francke (2009), para Perú, contrastan los resultados obtenidos mediante la aplicación de técnicas paramétricas y no paramétricas. En cambio, Vanden Eeckaut et al. (1993) utilizan metodologías no paramétricas como DEA y FDH para estimar una frontera de costos de las municipalidades belgas que analice la relación entre el costo agregado y la cantidad de servicios provistos.

En cuanto al uso de una sola metodología no paramétrica, Worthington y Dollery (2000b; 2001) evalúan la eficiencia técnica y de escala en los gobiernos locales australianos respecto a un servicio específico utilizando la metodología DEA. Así también, Balaguer-Coll et al. (2002) y Balaguer-Coll (2004) realizan un análisis de eficiencia a partir de diferentes especificaciones del output en diversos modelos DEA. Afonso y Fernandes (2006), analizan mediante la metodología FDH, la eficiencia del gasto de los municipios portugueses de la región de Lisboa y Vale do Tejo. Con esta misma metodología, Herrera y Málaga (2007) han analizado la eficiencia en 1 mil 499 municipios peruanos, y concluyen la existencia de un patrón común en las municipalidades distritales de Lima Metropolitana, que a su vez, resultaron en promedio, ser las más eficientes.

Por su parte, el análisis de la eficiencia municipal con metodologías paramétricas ha sido desarrollado por Pacheco et al. (2013), mediante un modelo de fronteras estocásticas que busca realizar una estimación de la eficiencia de municipalidades chilenas y sus determinantes utilizando datos de panel de gastos corrientes municipales.

7.5 Literatura Sobre Eficiencia en la Gestión de RSM

Los esfuerzos en investigación para medir la eficiencia el desempeño municipal en la limpieza pública y la recolección de residuos generalmente usan un modelo analítico basado en DEA, debido a que es la más aceptada en la literatura en este campo por su fácil adaptación a aun contexto de múltiples inputs y outputs. Bosch et al. (2000) utiliza diferentes técnicas paramétricas y no paramétricas para estimar la eficiencia; sin embargo, reconoce que las metodologías paramétricas requieren de más supuestos y que las no paramétricas son más flexibles.

La metodología DEA ha sido aplicada para el análisis de eficiencia en la provisión del servicio público de recolección de residuos en distintas municipalidades de España (Villamarin et al., 2003; García- Sánchez, 2007; Benito et al., 2010, Benito et al., 2011), Argentina (Cavallin et al., 2016), y Australia (Worthington y Dollery, 2001). Cabe resaltar que, para el caso peruano, aún no se han registrado trabajos que estudien el tema de la evaluación de eficiencia en el manejo municipal de residuos sólidos.

Resulta relevante hacer una revisión de la composición de los inputs o entradas y outputs o salidas consideradas en cada estudio, debido a que en su conjunto permiten desarrollar la técnica DEA como medida de eficiencia relativa. Un cambio de orientación o composición genera resultados diferentes.

Como estudio pionero se resalta a Worthington y Dollery (2001), el cual hace la distinción adicional de discrecionalidad. El estudio se centra en la evaluación de la eficiencia técnica y de escala, en tanto considera 5 inputs no discrecionales (N° de propiedades que reciben el servicio, ratio de ocupación, densidad de población, distribución de la población, índice de costo de eliminación de residuos), un input discrecional (gasto en recolección) y 3 outputs discrecionales (total de residuos recolectados, total de reciclables recolectados y ratio de reciclaje). Adicionalmente, indica que la ineficiencia en las municipalidades urbanas desarrolladas es en gran parte el resultado de la congestión y otras dificultades de recolección encontradas en áreas densamente pobladas, mientras que la ineficiencia en las municipalidades regionales y rurales proviene de la incapacidad de alcanzar una escala óptima de operaciones.

En este sentido, el estudio realizado por Álvarez Villamarin et. al. (2003), por ejemplo, hace una distinción entre cantidades absolutas y relativas, con el fin de homogenizar el diverso contexto socioeconómico de las municipalidades, en el caso de las magnitudes absolutas considera 3 inputs (N° de contenedores, N° de kilómetros recorridos por los vehículos a motor, N° de operarios) y 2 outputs (N° de toneladas y población cubierta), respecto a magnitudes relativas considera los 3 outputs anteriores por 1000 habitantes y un output de N° de toneladas por habitante. Por su parte, García- Sánchez (2007) considera 3 inputs (N° de operarios, N° de vehículos y N° de contenedores) y 5 outputs (N° de toneladas, N° de puntos de recolección, N° puntos de recolección por km², N° de kilómetros barridos) en un análisis de eficiencia técnica. A diferencia del estudio de Benito et. al. (2011) y Benito et. al. (2010) analizan la eficiencia asignativa o de costos.

8 FORMULACIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE HIPÓTESIS

Los resultados de los indicadores de 'eficiencia' del manejo de residuos sólidos, y el posterior análisis de sus determinantes, permiten probar las hipótesis que se plantean en esta investigación.

- H1: Existe ineficiencia en el manejo de los residuos sólidos y, particularmente, en el destino final de dichos residuos.
- H2: Los planes de manejo de residuos sólidos han contribuido positivamente en el manejo de los residuos sólidos del distrito, sin embargo, no ha sido suficiente para mejorar el mismo.
- H3: El Canon minero no ha contribuido a un manejo eficiente de los residuos sólidos, al igual que no lo ha hecho para la eficiencia del gasto distrital agregado (Francke y Herrera, 2009).
- H4: Existe una brecha entre la eficiencia del manejo de residuos sólidos entre ciudades (ámbito urbano) y el ámbito rural. Sin embargo, la mayor cantidad de residuos son generados en el ámbito urbano.
- H5: Las altas tasas de morosidad de la población contribuyen negativamente al manejo eficiente de los residuos sólidos, así como una mejor educación y campañas concientizadoras (reciclaje) contribuyen positivamente al mismo.

9 ASPECTOS METODOLÓGICOS

Las municipalidades requieren de herramientas que les permitan determinar eficiencia, tanto en la perspectiva sanitaria-ambiental como en la económica, y así tomar las decisiones más apropiadas para el mejoramiento del servicio de gestión de RSM. La gestión de residuos sólidos debe emplear una combinación de técnicas y programas de manejo, siendo capaz de ejercer seguimiento y control de su funcionamiento. Es por ello necesaria la elaboración de indicadores que permitan el seguimiento y mejoramiento de la calidad del servicio que se proporciona y aseguren su comparabilidad a través del tiempo.

En esta sección se desarrolla la parte metodológica del estudio. Para medir la eficiencia del recojo de RSM se emplean dos modelos de 'eficiencia'. El primero, sigue el enfoque de Shack (2015), de presentar indicadores de eficiencia para luego ponderarlos y generar un índice agregado para cada distrito. El segundo modelo sigue la especificación de eficiencia tomada por Herrera y Francke (2009), basado en los trabajos de Worthington y Dollery (2001) y García-Sánchez (2008), con un modelo analítico basado en la metodología DEA. Una vez calculados los índices de eficiencia, se calcula los determinantes de dicha eficiencia por medio de un modelo Tobit. A continuación, se detalla la metodología, explicando los pasos tomados y las fuentes de información.

9.1 Indicadores de Gestión

Esta primera parte del análisis de indicadores de eficiencia del manejo de los RSM se basa en la propuesta metodológica desarrollada por Shack (2015). Para definir los indicadores de eficiencia empleados en este estudio, se emplean como insumos los textos de la Guía para la Gestión de Residuos Sólidos Domiciliarios de Chile, los Informes 2013-2014 del OEFA, los instrumentos de evaluación para los programas de residuos sólidos de México, y el Sistema de Indicadores de Desarrollo Sostenible de Argentina.

El mejoramiento continuo de la gestión del manejo de RSM incluye aspectos administrativos, técnicos y financieros. Los indicadores propuestos en esta sección son herramientas muy útiles para la toma de decisiones (Plan de Gestión de Residuos Sólidos de Chile), además de permitir comparaciones más adecuadas entre servicios similares teniendo en cuenta la calidad del servicio prestado y las características de la población. Los indicadores propuestos se denominan indicadores de gestión y pretenden analizar aspectos tales como calidad del servicio prestado, eficiencias relativas, necesidad de material rodante, etc. Así por ejemplo, es posible tener indicadores destinados a determinar eficiencia y calidad del servicio de recolección, además de indicadores relacionados con los costos del servicio o de tipo general como la producción de residuos (Umaña et al., 2003). A continuación, se presenta un conjunto de indicadores útiles para la administración de los servicios relacionados con la gestión de RSM.

Cuadro N° 6: Indicadores de Gestión de Residuos Sólidos Municipales

INDICADOR GESTION RSD	UNIDAD
INDICADOR GENERAL	
Producción Per-cápita diaria - PPC	kg/(hab-día)
INDICADORES DE EFICIENCIA	
Cantidad de Recojo per-cápita diaria	kg/(hab-día)
Frecuencia de Recojo	Veces por semana
Cobertura Recolección Capital	% (porcentaje)
Cobertura Recolección Fuera	% (porcentaje)
Destino Final de los RSM	Porcentaje Ponderado
Equipamiento (Maquinaria/1000 hab.)	Porcentaje Ponderado
INDICADORES DE COSTO	
Costo Total Recolección por tonelada	Soles/Tonelada
Gasto Total de Recolección per-cápita	Soles/Persona

Fuente: Adaptado del Plan de Gestión de Residuos Sólidos de Chile.

Es necesario agregar que los indicadores que aquí se desarrollan son útiles para evaluar la gestión municipal de los RSM; sin embargo, se puede elaborar otros indicadores de acuerdo con sus necesidades, usando como guía el presente documento. Seguidamente, se detallan los indicadores propuestos, los cuales son basados en el Plan de Gestión de Residuos Sólidos elaborado para Chile y la Guía Para la Gestión del Manejo de Residuos Sólidos Municipales de Centroamérica.

- **Producción Per-cápita – PPC:** Este indicador es fundamental para cualquier estudio o proyecto que esté relacionado con el manejo integral de RSM. Es un indicador dinámico que va cambiando su valor en el tiempo de acuerdo a situaciones de tipo socioeconómicas. Según SIGERSOL, la Generación Per-cápita (GPC) para el año 2013 tuvo un valor 0,56 kg/hab./día en el ámbito nacional²¹.

$$PPC_i = \frac{\text{Cantidad de Residuos procesados anuales del distrito 'i'}}{365 \times \text{Población Total del Distrito 'i'}}$$

- De manera análoga al indicador anterior, un indicador de la cantidad de RSM que se recogen es la cantidad per-cápita medida en kilogramos. También es un indicador dinámico que va cambiando su valor en el tiempo de acuerdo a consideraciones socioeconómicas. Su fórmula es similar a la anterior, variando la cantidad producida por la recolectada.

$$CRPC_i = \frac{\text{Cantidad de Residuos recolectados anuales del distrito 'i'}}{365 \times \text{Población Total del Distrito 'i'}}$$

- **Frecuencia de recojo:** este indicador permite cuantificar la cantidad de veces que un camión recolector, barredor, etc., realiza labores de limpieza en el distrito. Este indicador puede ir desde recojo diario, inter-diario, dos veces por semana y una vez por semana.
- **Cobertura de Recolección:** Este indicador permite identificar la cantidad de población que cuenta con servicio de recolección. Además, permite programar futuras mejoras al servicio.

$$Cob_i = \frac{\text{Población Total con Servicio de Recolección}}{\text{Población Total del distrito 'i'}}$$

21 Los valores representativos para la Costa, Sierra y Selva son 0,588, 0,513 y 0,553 kg/hab./día respectivamente; se observa que para todos los casos la GPC muestra una tendencia de disminución de sus valores con respecto al año 2012.

- Destino Final de los RSM: este indicador permite cuantificar la disposición final de los Residuos Sólidos recogidos por la Municipalidad. Dentro de los destinos finales incluidos en el RENAMU se tiene el relleno sanitario, botadero, reciclado, incinerado y compostaje. Con la finalidad de lograr un índice de este destino final, se 'pondera' cada destino según su importancia y buen manejo. En primer lugar, el relleno sanitario, el compostaje y el reciclaje son buen manejo del residuo. Luego los botaderos contaminan, pero la quema de los residuos representa un contaminante mayor, dada la situación actual de la tecnología empleada en este propósito, motivo por el cual, se ubica al final de la escala.
- Equipamiento: este indicador cuantifica la cantidad de maquinaria (incluye camiones recolectores operativos y no operativos, cargadores frontales y camiones oruga), la cual es empleada para el manejo de los RSM. Al igual que el indicador anterior, esta maquinaria se pondera, recibiendo más puntaje aquellos camiones operativos, cargadores frontales y camiones oruga, y recibiendo menos los camiones recolectores no operativos (pero potencialmente operativos).
- Costo Total Recolección por tonelada: El valor obtenido puede usarse para comparar servicios de características, al igual que para estimar el presupuesto anual que destinará el municipio para esta actividad.

$$Costo_i = \frac{\text{Costo Total Anual del Servicio de Recolección}}{\text{Toneladas recolectadas por año}}$$

- Gasto Total de Recolección per-cápita: este indicador es similar al anterior en la medida que permite cuantificar el gasto per-cápita en el servicio de recojo. El indicador dependerá de cuantas personas se encuentren en el distrito, pudiendo estar sesgado más a las zonas urbanas del país.

$$Costo_i = \frac{\text{Costo Total Anual del Servicio de Recolección}}{\text{Personas en el distrito 'i'}}$$

Una vez que los indicadores son estimados, se procederá a 'estandarizar' dichos indicadores de 0 a 1 por medio de la fórmula de estandarización de normalización, según realiza el caso chileno (Pacheco et. al., 2013), la cual es la siguiente:

$$\text{Valor Estándarizado} = \frac{\text{Valor Max} - X}{\text{Valor Max} - \text{Valor Min}}$$

Con el fin de construir un indicador agregado, se procederá a ponderar los distintos indicadores en un índice de eficiencia de 0 a 100, el cual es comparable entre municipalidades, la cual puede ser agregada para las regiones y permite la comparación respecto a promedios nacional y distrital, de manera que el análisis es más rico. El Índice se le denomina Y_i y es calculado de la siguiente manera:

$$Y_i = a_i \sum_n X_i$$

Donde X_i son los distintos índices expuestos anteriormente, y a_i es un 'ponderador' cuyo valor será inicialmente igual, para luego realizar pruebas de robustez con otros pesos.

9.2 Análisis Envolvente de Datos (DEA)

El Análisis Envolvente de Datos (DEA, por sus siglas en inglés) es una poderosa técnica de optimización construida para medir el comportamiento relativo de diferentes unidades organizacionales en las cuales la presencia de múltiples insumos (*inputs*) y productos (*outputs*) hace difícil la comparación de su desempeño (López et. al., 2007).

El enfoque de análisis de eficiencia por medio del método DEA presentado en esta investigación se basa en los trabajos de García-Sánchez (2008) y de Worthington y Dollery (2001), quienes aplicaron dicha metodología para el análisis de eficiencia del manejo de residuos sólidos para el caso español y australiano, respectivamente. La literatura que realiza análisis del servicio de recolección de residuos sólidos se centra en estimar la eficiencia utilizando una metodología fronteriza, en particular una técnica de frontera no paramétrica (DEA). Esta técnica fue elegida por las siguientes razones, según García-Sánchez (2008).

Primero, al igual que Herrera y Francke (2009), se menciona su capacidad para manejar las múltiples características de insumos y productos de los servicios municipales. Luego, existe un problema con aquellos métodos paramétricos, ya que deben de asignar una forma funcional que relacionan las variables independientes con la variable dependiente. La forma funcional seleccionada también requiere supuestos específicos sobre la distribución de los términos de error y otras restricciones. Por el contrario, el DEA no requiere ninguna suposición sobre la forma funcional. El DEA calcula una medida de rendimiento máxima para cada unidad, denominada DMU (Decision Making Unit), relativa a todas las demás unidades de la población observada, con el único requisito de que cada unidad se encuentre dentro de la frontera de producción.

El DEA es una metodología de programación lineal para evaluar la eficiencia relativa de cada municipio que proporciona el mismo tipo de servicio (Worthington y Dollery, 2001). El municipio usa varias cantidades de cada insumo o input específico y produce varias cantidades de cada producto u output. En general, el DEA provee un método para comparar la eficiencia de unidades organizacionales con respecto a las demás, en un contexto en el cual dicha eficiencia no puede ser fácilmente expresada como el cociente de un único producto sobre un único insumo (López et. al., 2007), tal como lo muestra la ecuación:

$$Eficiencia = \frac{Output}{Input}$$

Consideremos el problema de medir la eficiencia relativa de 'N' municipios que proveen el mismo servicio de recolección de RSM. Cada municipio utiliza 'm' factores de producción $x_{1i}, x_{2i}, \dots, x_{mi}$ para producir 'k' servicios $y_{1i}, y_{2i}, \dots, y_{ki}$.

Vamos ahora a medir la eficiencia de uno de los 'i' municipios, según el modelo propuesto por García-Sánchez. Este municipio se denota por el subíndice 'i'. El DEA mide la eficiencia de la unidad 'i' como el ratio siguiente:

$$\theta_i = \frac{\sum_{i=1}^s u_i y_i}{\sum_{i=1}^m v_i x_i} \quad (1)$$

Donde $u_i, v_i \geq 0$ son los pesos dados a los outputs y a los inputs, respectivamente. La formulación del DEA provee una evaluación de la eficiencia relativa de cada municipalidad con relación al conjunto total del resto de municipalidades en un rango de [0, 1]. En este contexto, siguiendo a Worthington y Dollery (2001), y asumiendo Retornos Constantes a Escala (CRS), la eficiencia óptima para el municipio 'i' puede ser expresada mediante la formulación del siguiente problema:

$$\begin{aligned} & \text{Min } \theta \\ \text{s. a. } & -y_i + Y\lambda \geq 0 \\ & \theta x_i - X\lambda \geq 0 \\ & \lambda \geq 0 \end{aligned}$$

Donde θ representa el factor que pondera los inputs de la unidad evaluada (la combinación de inputs), y su valor mide la eficiencia de la municipalidad 'i' sometida a evaluación (DMU). Siguiendo a Balaguer et. al (2002), y_i , es el vector de outputs producido por la municipalidad 'i', mientras que x_i es el vector de inputs utilizados por la municipalidad 'i'. Y es una matriz de dimensión $M \times N$ para todas las 'N' Municipalidades, mientras que X es una matriz de dimensión $K \times N$ para todas las municipalidades. Por último, λ es un vector de pesos que describe la importancia de cada DMU's que se toman como referencia para el cálculo de θ . Dicho vector λ mide los pesos empleados para estimar la ubicación de una DMU ineficiente si este fuera a convertirse en eficiente. Así, las DMU podrán ser proyectadas sobre la frontera de posibilidades de producción como una combinación lineal mediante el empleo de estos pesos (Herrera y Francke, 2009).

Se puede interpretar el valor de θ como la combinación de insumos que ofrece el mejor producto (eficiencia), dado los insumos que tiene la municipalidad 'i'. Esta elección viene de resolver el problema 'n' veces, para cada municipalidad. Este puntaje de eficiencia θ se calcula como la distancia entre un municipio y la frontera de posibilidades de producción, la cual se define como la combinación lineal de las mejores observaciones dentro de una muestra de municipalidades (Herrera y Francke, 2009).

Esta metodología se basa en comparar cada productor o municipalidad contra los 'mejores productores' que componen la frontera de posibilidades de producción. El modelo parte de dos restricciones, como explica Balaguer et. al (2002): la primera, $-y_i + Y\lambda \geq 0$ ó $Y\lambda \geq y_i$, fuerza a las DMU del resto a producir al menos tantos outputs como la DMU 'i', mientras que la segunda restricción, $\theta x_i - X\lambda \geq 0$ ó $\theta x_i \geq X\lambda$ fuerza a la DMU analizada a emplear como mínimo tantos inputs como las DMU's del resto.

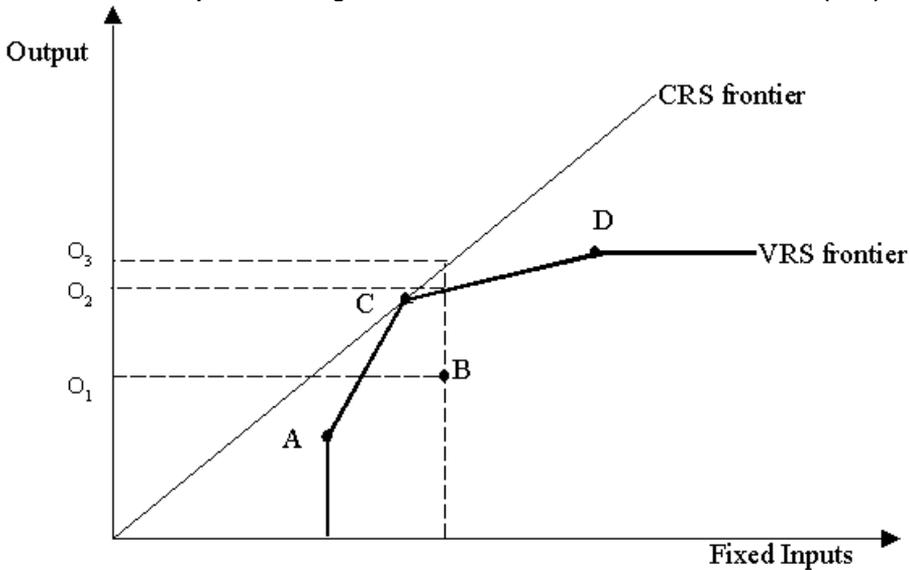
Tras la resolución del algoritmo se obtienen los índices θ para cada DMU. Si $\theta_i=1$, esta DMU o municipalidad está en la frontera de eficiencia y se define como eficiente, mientras que si $\theta_i < 1$, entonces será ineficiente, con respecto a las unidades que se encuentran en la frontera.

Se adopta una especificación *input-oriented* debido a que, según Worthington y Dollery (2001), los municipios tienen un grado de control mayor sobre sus inputs que sobre sus outputs. Tanto Worthington y Dollery (2001) como Balaguer et. al. (2002) explican que para que la programación lineal expuesta, con el objetivo de que la comparación relativa de cada DMU evaluada con el total de DMU's sea únicamente con aquellas DMU's de tamaño relativamente cercano al de la DMU evaluada (asumiendo rendimientos variables a escala, y por tanto, una frontera de producción convexa), se debe de añadir la restricción de $\sum_{i=1}^I \lambda = 1$.

En el gráfico siguiente se puede apreciar la idea de la eficiencia propuesta por el método DEA. Se tienen las fronteras de eficiencia bajo Retornos Constantes a Escala (CRS), la cual es una línea recta; y Retornos Variables a Escala (VRS), la cual se asemeja a una función cóncava. Las letras denotan las DMU, por lo que, bajo el supuesto de CRS, solamente la DMU "C" está sobre la frontera de eficiencia. Bajo el enfoque VRS, las DMU "A", "C" y "D" se encuentran sobre la frontera de eficiencia (es precisamente que la frontera se 'dibuja' a través de dichos puntos, como 'envolviendo' a los datos', mientras que el punto B es ineficiente, dado que con sus inputs podría estar produciendo más output (enfoque output), o, dado su output, podría alcanzarlo con menos inputs (enfoque input).

Algunos trabajos, como explica Chi-Lee (2009), abordan el análisis de eficiencia nombrando al modelo DEA de Retornos Constantes a Escala (CRS) como Eficiencia Técnica General (o "Overall Technical Efficiency"). Por otro lado, el modelo DEA de Retornos a Escala Variables (VRS) es llamado Eficiencia Técnica Pura ("Pure Technical Efficiency"). Finalmente, el primero dividido por el segundo es llamado Eficiencia de Escala (Scale Efficiency). Chi-Lee explica que la comparación del valor de Eficiencia de Escala y el de Eficiencia Técnica Pura arroja luz sobre la fuente principal de ineficiencia del municipio, los cuales pueden ser problemas técnicos asociados con la cantidad y combinación de factores de entrada y salida o la escala operativa completa. El análisis de retorno de escala puede identificar si está en la etapa de aumentar o disminuir los rendimientos a escala para determinar el aumento / disminución de la escala.

Gráfico N° 2: Representación Gráfica del Modelo Análisis Envoltente de Datos (DEA)



Fuente: Worthington y Dollery (2001); Balaguer et. al (2002).

10 PROCESO DE LA INVESTIGACIÓN

10.1 Determinantes de la Eficiencia: el Modelo Tobit

La literatura empírica sobre eficiencia trabaja un análisis de los determinantes del nivel de eficiencia técnica obtenido en la primera etapa (véase, por ejemplo, Balaguer-Coll et al., 2003, Loikkanen y Susiluoto, 2005, Afonso y Fernandes, 2005 y Herrera y Francke, 2009). Particularmente para el análisis de eficiencia distrital-gestión distrital, según Herrera y Francke (2009), el análisis se realiza mediante la estimación de modelos de regresión, considerando como variables explicativas aquellas variables que pueden incidir en la eficiencia: variables sobre las cuales las unidades de gestión evaluadas no tienen injerencia, variables o indicadores de gestión, niveles educativos de la población, entre otros.

La elección del modelo de regresión para realizar dicho análisis dependerá de la distribución de la variable dependiente. Una primera aproximación implica estimar una regresión lineal mediante mínimos cuadrados ordinarios. Sin embargo, cuando la variable dependiente es censurada, los parámetros estimados mediante este modelo son inconsistentes, lo que se incrementa con el número de observaciones censuradas (Greene 1981). Una solución a este problema consiste en estimar un modelo Tobit mediante máxima verosimilitud bajo los supuestos de normalidad y homocedasticidad (De Borger y Kerstens 1996a).

Si bien la eficiencia o ineficiencia municipal puede ser explicada por factores de diversa índole, la literatura se ha concentrado mayormente en los aspectos fiscales, socioeconómicos y demográficos como factores explicativos de los niveles de eficiencia municipal (Herrera y Francke, 2009). Dado que el presente trabajo se focaliza en el análisis de la eficiencia del recojo de RSM, se incluye variables explicativas relacionadas a dicha gestión.

Para explicar los determinantes de la eficiencia del recojo de RSM se emplean variables directamente relacionadas a dicha gestión. Entre ellas, el RENAMU contiene información sobre si la Municipalidad tiene (i) algún programa de manejo de RSM (Plan Integral de Gestión Ambiental de RSM, Plan de Manejo de RSM, Sistema de Recojo de RSM, Programa de Transformación de RSM y Programa de Segregación y Recolección Selectiva de RSM); (ii) planes de conservación del medio ambiente (Programas de Gestión Ambiental, Acciones para conservación del Medio Ambiente); (iii) planes de desarrollo urbano/rural (Plan de Desarrollo Económico Local, Plan de Desarrollo Urbano, Esquema de Ordenamiento Urbano y Plan de Desarrollo Rural); y finalmente (iv) variables relacionadas a la gestión de presupuesto por resultados (PPR), explicadas a detalle en la sección de resultados.

Se considerará como variable dependiente el puntaje de eficiencia promedio (θ) (entre el DEA con retornos constantes a escala y el DEA con retornos variables, según Herrera y Francke, 2009). Dado que dicho índice de eficiencia resultó ser censurado, se estimaron modelos de regresión para variables censuradas de tipo Tobit, los cuales permiten estimar los coeficientes de las variables explicativas por máxima verosimilitud bajo los supuestos de normalidad y homocedasticidad (De Borger y Kerstens 1996; Herrera y Francke, 2009). La especificación del modelo es la siguiente:

$$\theta_i = \beta_0 + X'_{RSM}\gamma_x + Z'_{URB}\gamma_z + G'_{RURAL}\gamma_G + R'_{PPR}\gamma_R + Dens'\gamma_R + \varepsilon_i$$

Donde θ_i es el índice de eficiencia de la Municipalidad 'i', mientras que X'_{RSM} es un índice construido a partir de las variables relacionadas al manejo de RSM; Z'_{URB} son las variables relacionadas a la gestión de desarrollo urbano. G'_{RURAL} son las variables relacionadas al planeamiento rural y ámbito ambiental. Finalmente, R'_{PPR} son aquellas variables relacionadas a la iniciativa fiscal de Presupuesto Por Resultados (PPR) y $Dens$ es la variable del logaritmo de la densidad poblacional (Herrera y Francke, 2009).

10.2 Clusterización de las Municipalidades: Análisis de Conglomerados

El estudio pionero de Herrera y Francke (2009) realiza una clasificación de las municipalidades provinciales y distritales. En el caso del presente estudio, se tienen 1830 municipalidades agrupadas en 196 provinciales y 1634 distritales, cada una con disímiles niveles de urbanidad, tamaño de población, pobreza, etc. Para así poder homogenizar los índices de eficiencia (que asumen una tecnología de producción homogénea), con la finalidad de obtener resultados coherentes e interpretables en un análisis de eficiencia relativo²².

Así, dado que en la presente investigación se evalúa la eficiencia de la totalidad de municipalidades disponibles en la RENAMU, se procede a realizar un análisis de conglomerados propio, dada las limitaciones de información con las que cuenta el estudio, con la finalidad de evaluar la eficiencia en grupos de municipalidades conformados por unidades de gestión homogéneas²³. Entre las variables que Herrera y Francke (2009) emplean para la clasificación se encuentran el tamaño demográfico, el grado de urbanidad, el nivel de pobreza, entre otros, empleando como principal fuente de información el censo del año 2005. En el caso del presente estudio, se emplea como fuente de información la proyección de población del INEI, el barrido censal SISFOH y el mapa de la pobreza (INEI, 2013). Las variables empleadas para el análisis de conglomerados son la pobreza monetaria del distrito (mapa de pobreza 2013), la población del distrito (proyecciones poblacionales 2001-2015) y la densidad poblacional INEI (2017)²⁴.

Es importante mencionar que el RENAMU 2016 contiene información de 1851 municipalidades, siendo 196 municipalidades provinciales y 1655 municipalidades distritales. Adicionalmente, al igual que Herrera y Francke (2009), se transforman las variables empleadas por medio de una estandarización (media 0 y varianza 1). Esto es importante para controlar una variable con un alto grado de variabilidad que pueda dominar la conformación de los grupos de municipalidades.

22 Según Herrera y Francke (2009), la literatura vinculada al análisis de eficiencia municipal, pocos han sido los intentos por homogenizar o tipificar las unidades de gestión evaluadas, aun cuando prescindir de ello condiciona los resultados de eficiencia obtenidos de una evaluación relativa.

23 Consiste en una técnica variada cuyo objetivo es agrupar elementos o variables en grupos con la mínima varianza interna y la máxima varianza entre grupos. La metodología establece diversos métodos de agrupamiento para la conformación de los clústeres. Una de las más intuitivas es el agrupamiento jerárquico aglomerativo, la cual consiste en organizar un conjunto de unidades formando grupos con las más cercanas entre sí.

24 Se sugirió emplear la clasificación de Municipalidades del MEF, el cual divide en 4 las municipalidades; sin embargo, no considera diferencias entre las municipalidades provinciales y distritales y se prefirió trabajar con el proceso de clusterización, como todos los estudios previos sobre eficiencia municipal en Perú y en la literatura internacional.

Para determinar el número óptimo de conglomerados, se empleó el estadístico pseudo - F de Calinski-Harabasz para hallar el número óptimo de grupos con el cual debe contar la tipificación municipal (Herrera y Francke, 2009). Valores grandes del pseudo - F indicaron la existencia de una estructura de grupos muy diferenciada. Por otro lado, una estructura poco diferenciada se obtuvo para valores pequeños del estadístico. El estadístico pseudo - F de Calinski-Harabasz para N observaciones y g grupos se define como:

$$pseudo - F = \frac{traza(B)/(g - 1)}{traza(W)/(N - g)}$$

Donde B es la matriz de suma de cuadrados y de productos cruzados entre los grupos, y W es la matriz de suma de cuadrados y matriz de productos cruzados interior a los grupos. Se tiene como resultado del análisis de conglomerados 4 grupos provinciales y 5 grupos distritales. El cuadro 6 y 7 muestran los estadísticos descriptivos de los clústeres calculados, tanto a nivel provincial como a nivel distrital. Haciendo una analogía con los clústeres calculados por Herrera y Francke, se tienen municipalidades distritales de ciudades metrópolis (Clúster 3), municipalidades eminentemente rurales (Clúster 1 y 2), entre otros.

Cuadro N° 7: Categorías de Municipalidades Provinciales

Categorías	Número de Municipalidades	Pobreza	Población	Dens. Pob.
Categoría 1	60	56,13	34 337	21,25
Categoría 2	40	54,89	99 348	27,44
Categoría 3	53	22,22	430 122	263,23
Categoría 4	42	25,03	39 154	13,80
Total	196	40,01	156 282	86,69

Fuente: INEI - Mapa de Pobreza 2013; Proyecciones Poblacionales 2013.
Elaboración propia.

De tal manera, una vez agrupadas las municipalidades del país en clústeres cuyas unidades de gestión poseen características homogéneas, según los criterios de Herrera y Francke (2009), se puede estimar la eficiencia por medio del método DEA, la cual involucra la estimación de fronteras de posibilidades de producción.

Cuadro N° 8: Categorías de Municipalidades Distritales

Categorías	Número de Municipalidades	Pobreza	Población	Dens. Pob.
Categoría 1	304	41,91	981	15,00
Categoría 2	366	68,78	3 037	22,71
Categoría 3	381	25,36	3 692	72,31
Categoría 4	249	21,61	39 546	1 867,80
Categoría 5	353	59,38	10 902	37,52
Total	1653	44,74	9 982	313,82

Fuente: INEI - Mapa de Pobreza 2013; Proyecciones Poblacionales 2013.
Elaboración propia.

10.3 Fuentes de Información

La principal fuente de información para esta investigación es el Registro Nacional de Municipalidades (RENAMU). El Instituto Nacional de Estadística e Informática ejecutó el Registro Nacional de Municipalidades 2016, entre los meses de julio y noviembre 2016, en las 196 municipalidades provinciales y 1 mil 655 municipalidades distritales del país, con el objetivo de generar estadísticas municipales que sirvan de apoyo a la gestión nacional, regional y municipal para el fortalecimiento del proceso de descentralización.

Con relación a la gestión municipal, se da a conocer los planes y/o programas que utilizan los gobiernos locales, que permiten asegurar el funcionamiento y correcto ejercicio de la función municipal. Esto es de suma importancia para el análisis de los determinantes de eficiencia del manejo de RSM.

Respecto a la información presupuestal, se exponen los ingresos recaudados y gastos ejecutados por las Municipalidades. También proporciona información sobre saneamiento, salubridad y salud y seguridad ciudadana, entre ellos, información sumamente relevante respecto al manejo de los RSM (INEI, 2017). El periodo de referencia corresponde al año 2016 y al 30 de junio del mismo año. Para algunas preguntas específicas, se solicita información del año anterior a la ejecución del registro. En este caso, la información del año 2016 corresponde al año 2015, año que emplearemos para el análisis.

Adicionalmente, se usan datos de población de las estimaciones de población 2000-2015 del INEI (2009). Según el documento, las estimaciones y proyecciones que se presentan corresponden a una proyección derivada, que se ha obtenido a partir de las proyecciones de población total y por departamentos, según sexo y grupos quinquenales de edad, previamente elaboradas. En este grupo se contemplan las proyecciones de población urbana y rural, de la población económicamente activa, de divisiones político administrativas mayores y/o menores, de población en edad escolar, población en edad electoral, entre otras.

11 RESULTADOS

En esta sección se presentan los principales resultados del estudio. Primero se presentan los indicadores de eficiencia propuestos por el Plan de Gestión de Residuos Sólidos de Chile y la Guía Para la Gestión del Manejo de Residuos Sólidos Municipales de Centroamérica, basados en el enfoque de Shack (2015) y de Pacheco et. al (2013). Posteriormente, se presentan las variables a emplear en el modelo de eficiencia de la gestión de RSM por medio del modelo DEA.

11.1 Estado Actual de Eficiencia en la Gestión de RSM: Indicadores

Los resultados presentados en esta sección son los indicadores propuestos por la sección metodológica. La forma de presentarlos es la siguiente. En la presente subsección se presentarán los indicadores ponderados para cada región²⁵, además de los histogramas de los 1653 distritos. En el anexo se puede encontrar los índices para cada distrito, debido a la cantidad de los mismos. A continuación, el cuadro N° 8 muestra el recojo diario de RSM.

En el cuadro 8 se puede apreciar que Lima es la región que recoge más RSM diariamente. Es de especial interés notar que regiones como Arequipa esté en el segundo lugar de recojo de RSM. También podemos ver una primera diferencia entre las municipalidades provinciales y distritales. La gran cantidad de RSM son recogidos por las municipalidades distritales. Esto es un primer resultado que no se encuentra en informes anteriores de MINAM e INEI, dado que no se realiza la diferenciación entre municipio provincial y municipio distrital. Esto nos lleva al segundo indicador, la frecuencia de recojo de RSM.

En este caso, el cuadro 9 muestra que también se tienen diferencias marcadas entre municipios distritales y provinciales, además de entre regiones. En promedio, el recojo provincial es 'más frecuente' que el recojo distrital. Municipios provinciales como los de Callao, Ica, Junín, Lambayeque, Loreto, Pasco, Piura, Tumbes y Ucayali recogen los residuos diariamente. Sin embargo, si observamos los municipios distritales, el promedio de recojo de RSM es diario, pero un gran porcentaje (20%) recoge una vez a la semana.

25 La ponderación de los índices se realiza con la población de cada distrito, de manera que se considera más a aquellos con mayor población.

**Cuadro N° 9: Recojo Diario de Residuos Sólidos Municipales Per-Cápita,
Según Departamento, 2015**

(kg)

Categoría	Distritos		Provincias		
	Región	Promedio	Total	Promedio	Total
Amazonas		0,30	23,70	0,60	4,40
Áncash		0,40	64,90	0,60	12,20
Apurímac		0,40	28,30	0,70	5,20
Arequipa		1,10	107,80	0,80	6,30
Ayacucho		0,30	26,60	0,50	5,90
Cajamarca		0,30	34,90	0,70	8,60
Callao		0,90	4,70	1,00	1,00
Cusco		1,20	113,00	0,50	6,80
Huancavelica		0,20	21,10	0,60	4,50
Huánuco		0,40	24,60	0,50	5,30
Ica		0,70	28,00	0,70	3,60
Junín		0,30	28,80	0,80	7,60
La Libertad		0,80	55,60	0,50	6,60
Lambayeque		0,60	21,80	2,10	6,40
Lima		1,60	252,70	0,70	6,70
Loreto		0,20	6,60	0,70	4,70
Madre de Dios		0,30	2,60	1,20	3,50
Moquegua		0,50	7,70	1,00	2,90
Pasco		0,50	11,80	0,70	2,20
Piura		0,40	23,50	0,50	4,20
Puno		0,30	24,10	0,50	6,50
San Martín		0,50	33,00	0,60	6,30
Tacna		0,30	7,00	0,70	2,90
Tumbes		0,40	3,90	0,70	2,10
Ucayali		0,30	2,90	0,60	2,40
Total		0,60	959,90	0,70	128,80

Fuente: INEI - RENAMU (2016).

Elaboración propia

**Cuadro N° 10: Frecuencia de Recojo de Residuos Sólidos Municipales,
Según Departamento, 2015**
(Porcentaje)

Región	Frecuencia de recojo	Distrital				Provincial			
		Diaria	Inter diaria	Dos x Sem.	Una x Sem.	No recoge	Diaria	Inter diaria	Dos x Sem.
Amazonas	9,10	7,80	24,70	46,80	11,70	71,40	14,30	14,30	0,00
Áncash	26,00	17,10	24,70	30,10	2,10	60,00	20,00	20,00	0,00
Apurímac	25,70	8,10	28,40	35,10	2,70	57,10	28,60	14,30	0,00
Arequipa	19,80	13,90	23,80	39,60	3,00	75,00	0,00	25,00	0,00
Ayacucho	17,10	21,90	23,80	34,30	2,90	54,50	27,30	18,20	0,00
Cajamarca	25,40	28,90	35,10	7,90	2,60	84,60	7,70	7,70	0,00
Callao	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00
Cusco	41,20	18,60	20,60	18,60	1,00	84,60	15,40	0,00	0,00
Huancavelica	41,10	24,40	20,00	14,40	0,00	85,70	14,30	0,00	0,00
Huánuco	37,90	33,30	25,80	3,00	0,00	63,60	18,20	18,20	0,00
Ica	47,40	23,70	21,10	5,30	2,60	100,00	0,00	0,00	0,00
Junín	27,20	11,40	33,30	24,60	3,50	100,00	0,00	0,00	0,00
La Libertad	50,70	18,30	18,30	12,70	0,00	83,30	8,30	0,00	8,30
Lambayeque	60,00	28,60	11,40	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00
Lima	57,80	21,10	14,30	5,00	1,90	60,00	40,00	0,00	0,00
Loreto	77,80	8,90	4,40	2,20	6,70	100,00	0,00	0,00	0,00
Madre de Dios	37,50	37,50	12,50	12,50	0,00	66,70	33,30	0,00	0,00
Moquegua	17,60	11,80	29,40	41,20	0,00	66,70	0,00	33,30	0,00
Pasco	65,40	23,10	7,70	3,80	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00
Piura	50,90	26,30	21,10	1,80	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00
Puno	47,90	11,50	19,80	19,80	1,00	76,90	23,10	0,00	0,00
San Martín	14,90	19,40	43,30	19,40	3,00	60,00	40,00	0,00	0,00
Tacna	34,80	17,40	21,70	26,10	0,00	75,00	0,00	25,00	0,00
Tumbes	90,00	10,00	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00
Ucayali	90,90	9,10	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00
Total	36,70	18,60	23,00	19,30	2,30	77,00	14,80	7,70	0,50

Fuente: INEI - RENAMU (2016).

Elaboración propia

Se va observando que las municipalidades provinciales tienen niveles mayores en los indicadores revisados. En lo que respecta a la cobertura de la recolección por distrito y provincia, los resultados también indican una clara mejor performance de las municipalidades provinciales.

Las municipalidades provinciales, según su reglamento interno, tienen más injerencia en el centro histórico o capital del distrito. No es de sorprender, entonces, que gran parte de la cobertura llegue casi al 100% en el caso de las municipalidades provinciales, como se ve en el siguiente cuadro. Por el contrario, las municipalidades distritales tienen niveles menores de cobertura, seguramente explicado por el mayor territorio geográfico que deben de cubrir.

Los resultados con respecto a la cobertura fuera de la capital distrital/provincial (mostrados en el cuadro 10) muestran niveles más homogéneos de recojo. Cabe mencionar que la Municipalidad Provincial del Callao reporta una cobertura de recojo al 100% en todos los ámbitos. La Municipalidad Provincial de Lima reporta 80% de cobertura de recojo en la capital (cuadro 11), pero este nivel baja cuando se analiza la cobertura del resto de la provincia/distrito (resto de municipalidades de la región de Lima).

Estas brechas en la cobertura del servicio de recojo de RSM evidencia la mayor importancia que los centros urbanos (capital) tienen al momento de la toma de decisiones de las municipalidades. Estos resultados serán analizados más adelante con respecto a los determinantes de la eficiencia.

Cuadro N° 11: Cobertura del Servicio de Recojo de Residuos Sólidos Municipales en la Capital, 2015
(Porcentaje)

Categoría Región	Distrital					Provincial		
	0%	1%-24%	25%-49%	50%-74%	75%-100%	25%-49%	50%-74%	75%-100%
Amazonas	11,70	5,20	11,70	28,60	42,90	0,00	0,00	100,00
Áncash	2,10	0,70	4,10	24,70	68,50	0,00	20,00	80,00
Apurímac	2,70	5,40	17,60	43,20	31,10	0,00	28,60	71,40
Arequipa	3,00	7,90	3,00	21,80	64,40	0,00	25,00	75,00
Ayacucho	2,90	5,70	5,70	21,90	63,80	0,00	27,30	72,70
Cajamarca	2,60	1,80	4,40	14,00	77,20	7,70	0,00	92,30
Callao	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	100,00
Cusco	1,00	1,00	4,10	30,90	62,90	0,00	15,40	84,60
Huancavelica	0,00	0,00	5,60	32,20	62,20	0,00	0,00	100,00
Huánuco	0,00	0,00	13,60	30,30	56,10	0,00	45,50	54,50
Ica	2,60	2,60	7,90	18,40	68,40	0,00	20,00	80,00
Junín	3,50	1,80	15,80	31,60	47,40	0,00	0,00	100,00
La Libertad	0,00	1,40	5,60	19,70	73,20	0,00	8,30	91,70
Lambayeque	0,00	0,00	0,00	17,10	82,90	0,00	0,00	100,00
Lima	1,90	1,20	5,00	21,10	70,80	0,00	20,00	80,00
Loreto	6,70	2,20	2,20	28,90	60,00	0,00	12,50	87,50
Madre de Dios	0,00	0,00	12,50	25,00	62,50	0,00	0,00	100,00
Moquegua	0,00	0,00	5,90	17,60	76,50	0,00	0,00	100,00
Pasco	0,00	3,80	3,80	15,40	76,90	0,00	0,00	100,00
Piura	0,00	0,00	1,80	14,00	84,20	0,00	0,00	100,00
Puno	1,00	1,00	9,40	39,60	49,00	0,00	7,70	92,30
San Martín	3,00	0,00	4,50	19,40	73,10	0,00	10,00	90,00
Tacna	0,00	0,00	4,30	13,00	82,60	0,00	0,00	100,00
Tumbes	0,00	0,00	10,00	20,00	70,00	0,00	66,70	33,30
Ucayali	0,00	0,00	0,00	18,20	81,80	0,00	0,00	100,00
Total	2,30	2,10	6,80	25,10	63,70	0,50	13,80	85,70

Fuente: INEI - RENAMU (2016).

Elaboración propia

**Cuadro N° 12: Cobertura del Servicio de Recojo de Residuos Sólidos Municipales
en el Resto de la Municipalidad, no Capital, 2015**
(Porcentaje)

Categoría	Distrital					Provincial				
	Región	0%	1%-24%	25%-49%	50%-74%	75%-100%	1%-24%	25%-49%	50%-74%	75%-100%
Amazonas	13,40	28,40	17,90	22,40	17,90	0,00	66,70	0,00	13,40	
Áncash	2,40	29,10	25,20	24,40	18,90	23,50	11,80	47,10	2,40	
Apurímac	3,40	33,90	28,80	25,40	8,50	66,70	33,30	0,00	3,40	
Arequipa	3,30	17,60	12,10	30,80	36,30	14,30	14,30	28,60	3,30	
Ayacucho	3,70	25,90	32,10	21,00	17,30	33,30	16,70	33,30	3,70	
Cajamarca	4,90	37,70	19,70	26,20	11,50	50,00	0,00	25,00	4,90	
Callao	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Cusco	1,10	26,10	23,90	21,60	27,30	18,20	27,30	18,20	1,10	
Huancavelica	0,00	23,20	37,80	24,40	14,60	14,30	42,90	28,60	0,00	
Huánuco	0,00	35,70	21,40	33,30	9,50	12,50	25,00	37,50	0,00	
Ica	2,90	5,90	14,70	44,10	32,40	0,00	0,00	60,00	2,90	
Junín	4,30	20,70	32,60	27,20	15,20	12,50	25,00	12,50	4,30	
La Libertad	0,00	14,30	30,20	30,20	25,40	9,10	18,20	63,60	0,00	
Lambayeque	0,00	11,10	33,30	33,30	22,20	0,00	0,00	33,30	0,00	
Lima	2,10	5,50	17,10	19,20	56,20	22,20	0,00	44,40	2,10	
Loreto	15,80	42,10	10,50	21,10	10,50	33,30	0,00	66,70	15,80	
Madre de Dios	0,00	40,00	20,00	20,00	20,00	0,00	100,00	0,00	0,00	
Moquegua	0,00	6,30	25,00	31,30	37,50	0,00	0,00	33,30	0,00	
Pasco	0,00	13,60	31,80	27,30	27,30	0,00	33,30	33,30	0,00	
Piura	0,00	18,80	20,80	29,20	31,30	12,50	12,50	37,50	0,00	
Puno	1,30	40,30	24,70	26,00	7,80	25,00	50,00	8,30	1,30	
San Martín	4,30	25,50	19,10	29,80	21,30	37,50	12,50	25,00	4,30	
Tacna	0,00	15,00	10,00	30,00	45,00	25,00	0,00	0,00	0,00	
Tumbes	0,00	0,00	10,00	70,00	20,00	0,00	0,00	50,00	0,00	
Ucayali	0,00	0,00	16,70	66,70	16,70	50,00	0,00	50,00	0,00	
Total	2,80	22,70	23,60	26,30	24,60	19,90	19,90	31,40	2,80	

Fuente: INEI - RENAMU (2016).
Elaboración propia

El siguiente indicador muestra el destino final de los RSM recolectados (cuadro 12). Entre el destino más común se tiene a los botaderos, residuos depositados a cielo abierto sin ningún tipo de control ambiental. Este destino no cuenta generalmente con una práctica de segregación de los desechos peligrosos, representando una amenaza para la salud y el ambiente.

En consecuencia, resulta alarmante, dadas las características de los botaderos, entre 65 y 70 %, de los desechos municipales sean enviados a dichos lugares. En contraparte, sólo el 20% de los residuos tienen como destino a los rellenos sanitarios. Según el OEFA, un relleno sanitario cuenta con infraestructura y/o instalación destinada a la disposición sanitaria y ambientalmente segura de los residuos sólidos. Se ubican en la superficie o bajo tierra, y son en principio construidos bajo guías y métodos de la ingeniería sanitaria y ambiental.

Según MINAM (2016), solo hay 24 (cuatro en Lima y Callao) rellenos sanitarios para los más de 1850 distritos de Perú y se necesita implementar al menos 132 rellenos sanitarios en las ciudades grandes y medianas del país. La situación es más crítica a nivel regional, debido a que en 14 de las 25 regiones no hay rellenos sanitarios de ningún tipo, y las que cuentan con alguno no se dan abasto para tratar el total de los residuos generados por la población a la que atienden.

En cuanto al equipamiento de las municipalidades (cuadro 13) con maquinaria adecuada para el recojo de los RSM (camiones recolectores, tanto activos como no activos, tractores oruga y cargador frontal), se encuentra que es la categoría en la que mayor falencia tienen las municipalidades. Se muestra el promedio de maquinaria por cada 1000 habitantes en el cuadro N° 13. En general, esa es una de las deficiencias del sistema de RSM.

Particularmente, son las municipalidades provinciales las que están mejor equipadas con respecto a las distritales. Las municipalidades distritales de Callao resaltan entre las distritales, algo que, conforme se presentan los indicadores, se va volviendo cada vez más frecuente.

Cuadro N° 13: Destino Final de Residuos Sólidos Municipales Recogidos por Municipalidad, Según Departamento, 2015
(Porcentaje)

Categoría Región	Distrital					Provincial				
	Relleno Sanitario	Botadero	Recicla- dos	Quema- dos	Compos- taje	Relleno Sanitario	Botadero	Recicla- dos	Quema- dos	Compos- taje
Amazonas	18,10	62,10	4,00	4,10	0,00	14,30	74,00	5,00	0,30	6,40
Áncash	22,10	60,50	9,00	6,00	0,40	18,00	62,00	17,50	2,50	0,00
Apurímac	16,80	66,10	5,90	8,30	0,10	10,00	77,10	11,00	0,40	1,40
Arequipa	22,50	64,80	4,10	5,60	0,00	12,50	75,00	6,30	6,30	0,00
Ayacucho	29,50	60,40	3,50	3,50	0,30	26,60	65,50	6,10	1,80	0,00
Cajamarca	26,60	61,40	4,30	3,80	1,20	22,60	71,50	5,50	0,40	0,00
Callao	96,70	0,00	3,30	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cusco	14,50	76,70	5,70	1,30	0,70	27,30	65,10	5,70	1,20	0,80
Huancavelica	25,90	60,80	7,40	5,70	0,20	11,40	69,70	17,90	1,00	0,00
Huánuco	25,20	63,60	4,10	7,20	0,00	39,10	50,00	8,60	0,00	2,30
Ica	3,40	79,20	9,50	5,30	0,00	20,00	77,00	3,00	0,00	0,00
Junín	35,40	41,40	9,60	8,00	2,10	40,30	51,30	7,00	1,30	0,00
La Libertad	14,60	78,10	4,00	2,90	0,40	0,00	92,00	5,70	2,30	0,00
Lambayeque	3,10	91,40	3,80	1,70	0,00	0,00	92,70	6,70	0,70	0,00
Lima	41,90	44,70	5,80	5,50	0,20	19,00	77,00	3,70	0,30	0,00
Loreto	16,30	67,10	2,10	7,80	0,00	22,90	69,00	2,50	0,00	5,60
Madre de Dios	0,00	97,50	0,00	2,50	0,00	0,00	99,30	0,70	0,00	0,00
Moquegua	4,70	83,50	5,60	6,20	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00
Pasco	23,80	61,40	14,30	0,40	0,00	28,30	66,70	0,00	5,00	0,00
Piura	15,80	70,50	7,60	5,50	0,70	14,90	70,60	13,10	0,00	1,40
Puno	18,90	60,10	4,50	15,50	0,00	23,80	65,20	10,20	0,80	0,00
San Martín	11,40	75,30	6,90	1,10	2,40	0,00	88,90	10,80	0,30	0,00
Tacna	18,50	60,00	0,40	21,10	0,00	0,00	99,80	0,30	0,00	0,00
Tumbes	1,50	96,80	1,50	0,20	0,00	0,00	80,00	13,30	6,70	0,00
Ucayali	0,00	97,30	2,70	0,00	0,00	0,00	98,80	1,30	0,00	0,00
Total	22,80	63,00	5,80	5,70	0,50	18,00	72,00	8,00	1,30	0,70

Fuente: INEI - RENAMU (2016).

Elaboración propia

**Cuadro N° 14: Equipamiento de la Municipalidad por Cada Mil Habitantes,
Según Departamento, 2015**

(Promedio)

Categoría	Distrital				Provincial			
	Región	Camión Recolector operativo	Camión Recolector No operativo	Cargador Frontal	Tractor Oruga	Camión Recolector operativo	Camión Recolector No operativo	Cargador Frontal
Amazonas	0,10	0,00	0,20	0,20	1,70	0,10	0,90	1,10
Áncash	0,30	0,10	0,30	0,30	2,10	0,60	1,10	0,90
Apurímac	0,20	0,00	0,30	0,30	1,70	0,10	0,90	0,70
Arequipa	1,00	0,10	0,40	0,20	3,80	1,00	1,30	0,80
Ayacucho	0,30	0,10	0,20	0,30	2,30	0,60	0,70	1,00
Cajamarca	0,20	0,00	0,60	0,50	2,10	0,60	1,50	1,80
Callao	7,20	3,30	0,50	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00
Cusco	0,70	0,20	0,90	0,80	2,50	1,00	2,00	2,40
Huancavelica	0,20	0,10	0,30	0,40	1,00	0,30	0,60	1,00
Huánuco	0,20	0,10	0,40	0,50	1,50	0,10	1,10	0,90
Ica	0,80	0,10	0,50	0,10	2,80	0,60	1,40	0,40
Junín	0,40	0,10	0,50	0,30	2,10	0,30	1,80	1,20
La Libertad	0,70	0,10	0,60	0,30	2,10	0,90	1,10	0,80
Lambayeque	0,90	0,30	0,60	0,20	5,30	0,30	2,30	0,70
Lima	1,70	0,70	0,60	0,20	2,30	0,90	1,40	1,40
Loreto	0,20	0,00	0,10	0,20	0,90	0,40	0,60	1,10
Madre de Dios	0,50	0,00	0,60	0,30	3,30	0,70	1,00	1,00
Moquegua	0,30	0,10	0,90	0,60	3,70	0,70	3,30	2,30
Pasco	0,60	0,10	0,80	0,40	2,70	0,00	1,70	0,30
Piura	0,70	0,10	0,80	0,50	6,00	1,50	2,30	1,50
Puno	0,30	0,10	0,80	0,50	2,50	0,90	1,60	1,50
San Martín	0,40	0,10	0,40	0,20	1,90	0,50	1,00	1,40
Tacna	1,10	0,20	1,10	0,40	4,30	1,30	2,80	5,00
Tumbes	0,90	0,20	0,50	0,10	3,00	0,00	0,70	0,00
Ucayali	1,20	0,00	0,90	0,40	3,00	0,50	1,50	0,80
Total	0,60	0,20	0,50	0,30	2,40	0,60	1,30	1,30

Fuente: INEI - RENAMU (2016).
Elaboración propia

Por último, se muestran los indicadores financieros, los cuales son el costo total por tonelada (cuadro 14) y el costo total per-cápita (cuadro 15). Estos indicadores permiten medir cuánto gastan cada municipio provincial o distrital en el recojo de sus RSM y hace comparable el análisis.

Primero se tiene el costo total por tonelada recogida. Este indicador es un proxy de eficiencia. Si gasta menos en recoger una tonelada, es más eficiente.

**Cuadro N° 15: Costo Total por Tonelada Recogida de Residuos Sólidos Municipales,
Según Departamento, 2015**

(soles por tonelada)

Categoría	Distrital			Provincial		
	Región	Total	Recojo de RS	Barrido Calles	Total	Recojo de RS
Amazonas	148,30	117,50	30,80	274,90	180,70	94,20
Áncash	352,60	192,80	158,80	140,00	92,60	47,40
Apurímac	268,60	139,20	129,40	111,20	95,90	15,30
Arequipa	418,30	282,50	135,70	179,30	74,90	100,80
Ayacucho	310,50	181,00	129,40	207,30	131,50	75,70
Cajamarca	375,70	186,80	188,80	154,50	107,00	44,70
Callao	261,70	208,80	51,50	598,70	21,90	576,80
Cusco	600,70	320,60	272,90	149,80	87,40	62,40
Huancavelica	221,40	101,10	118,50	307,10	182,20	125,00
Huánuco	483,30	223,50	259,80	607,30	552,40	53,70
Ica	200,60	136,00	64,70	175,70	131,70	44,00
Junín	201,20	110,00	89,70	141,90	89,30	52,40
La Libertad	455,70	328,60	127,10	136,70	85,60	49,30
Lambayeque	163,30	111,40	49,40	152,60	61,30	86,90
Lima	317,20	172,50	144,20	277,30	234,60	42,40
Loreto	546,40	225,10	321,30	861,20	87,70	772,40
Madre de Dios	192,30	163,10	29,30	95,80	49,40	46,50
Moquegua	593,10	304,40	288,70	111,60	44,50	67,10
Pasco	357,50	210,80	146,60	289,80	140,40	115,20
Piura	280,70	170,20	110,30	123,90	81,60	38,50
Puno	638,00	340,70	291,30	217,90	101,50	114,40
San Martín	149,70	132,90	16,40	667,30	582,60	13,40
Tacna	1176,60	880,10	295,50	198,20	118,00	80,20
Tumbes	932,50	718,00	214,40	154,90	56,20	98,70
Ucayali	979,00	343,70	635,30	118,00	99,60	18,40
Total	371,30	212,30	157,80	256,30	158,10	93,10

Fuente: INEI - RENAMU (2016).

Elaboración propia

Se puede ver que, en general, el promedio del gasto por recojo de RSM varía por región. Por ejemplo, municipalidades como Tacna y Tumbes gastan el cuádruple que municipalidades como Áncash, Callao o Lima. Esto sugiere que el proceso en el cual realizan el recojo, la disposición final, salarios, etc., puede estar afectando la eficiencia. Dichas regiones no cuentan con un relleno sanitario; sin embargo, Tacna reporta depositar el 20% del total de sus RSM en rellenos sanitarios, lo que permite inferir la existencia de un costo de traslado al botadero más cercano, que tiende a elevar el monto.

Cuadro N° 16: Costo Total Per-Cápita del Recojo de Residuos Sólidos Municipales, Según Departamento, 2015
(Soles por persona)

Categoría Región	Distrital			Provincial		
	Total	Recojo de RS	Barrido Calles	Total	Recojo de RS	Barrido Calles
Amazonas	6,90	5,30	1,50	24,30	19,10	5,20
Áncash	19,80	11,80	7,90	27,30	18,30	9,10
Apurímac	7,80	3,20	4,50	22,60	16,80	5,80
Arequipa	29,90	22,80	7,10	34,20	14,40	19,50
Ayacucho	10,10	5,70	4,40	29,00	17,10	11,90
Cajamarca	9,20	4,40	4,80	18,70	10,50	7,40
Callao	120,50	107,50	12,40	229,20	8,40	220,80
Cusco	24,90	14,20	10,50	26,20	17,80	8,40
Huancavelica	11,80	5,90	5,90	52,70	35,30	17,40
Huánuco	6,00	3,90	2,10	22,90	16,10	6,80
Ica	23,90	14,30	9,60	46,30	36,60	9,70
Junín	9,00	5,40	3,60	45,40	27,50	17,80
La Libertad	15,20	9,80	5,40	21,30	14,00	7,30
Lambayeque	18,30	13,20	4,80	57,60	29,60	26,70
Lima	36,80	24,30	12,40	58,50	44,50	13,80
Loreto	10,30	5,30	5,00	27,20	19,50	7,20
Madre de Dios	16,10	13,50	2,60	37,00	19,80	17,20
Moquegua	47,20	26,10	21,10	29,50	11,10	18,40
Pasco	18,20	13,20	5,00	52,40	27,00	22,10
Piura	21,90	14,20	7,70	21,80	15,60	5,80
Puno	9,60	5,20	4,50	17,90	8,40	9,20
San Martín	8,70	6,00	2,60	18,00	12,80	3,90
Tacna	34,40	26,40	7,80	44,30	31,90	12,50
Tumbes	52,20	42,80	9,40	28,80	10,10	18,60
Ucayali	23,60	13,30	10,30	23,40	20,40	3,10
Total	17,80	11,40	6,40	31,00	19,30	11,40

Fuente: INEI - RENAMU (2016).

Elaboración propia

Entre las municipalidades provinciales que más gastan por tonelada de RSM se encuentran Loreto, San Martín, Huánuco y Callao. Llama la atención que, en el caso de Callao y Loreto, la gran parte del gasto sea destinado al barrido de calles, teniendo valores casi 800% por encima del promedio nacional. El siguiente indicador por analizar es el Costo Total per-cápita en RSM.

Con relación a este indicador de costo per-cápita, la región que más gasta es Callao. De lejos, Callao gasta entre 6 y 7 veces más que el promedio nacional, seguido por Lima y Lambayeque. Cabe resaltar que Callao es la única provincia que reporta enviar todos sus RSM a rellenos sanitarios.

Con el objetivo de mostrar un primer indicador de eficiencia, se procedió a estandarizar cada uno de los indicadores anteriormente expuestos, para luego promediarlos (promedio simple o indicador 1 y promedio ponderado o indicador 2). Para el promedio ponderado, se otorgó un peso ad hoc para cada indicador, según su importancia en términos ambientales:

Cuadro N° 17: Ponderadores de Indicadores

Indicador	Peso
Recojo per-cápita	10%
Frecuencia de Recojo	10%
Cobertura Capital	10%
Cobertura No Capital	10%
Equipamiento-Maquinaria	20%
Destino Final de RS	30%
Gasto per-cápita	5%
Gasto por tonelada	5%

Elaboración propia.

Se puede apreciar que Lima y Callao tienen los más altos índices de eficiencia, tanto en el promedio simple como en el ponderado, sin embargo, estos son menores al 60%, lo cual es un nivel de ineficiencia de más del 40%, relativamente alto y consistente con los estudios de Herrera y Francke (2009) y Muñoz (2010) para el caso peruano.

Sin embargo, existe relativa heterogeneidad en los resultados. Por ejemplo, se nota un déficit muy marcado con relación al equipamiento de las municipalidades. Los índices rondan por niveles menores al 8 por ciento debido a que se tiene que muchas municipalidades carecen de camiones recolectores, tractores y maquinaria adecuada para el manejo de RSM, además de que aquellas regiones que, si cuentan con dichos activos, comparativamente con la población que existe en el distrito, estos son relativamente pocos. Otro indicador de bajos niveles es el de destino final de los RSM.

Cuadro N° 18: Resultados de Indicadores de Gestión de Residuos Sólidos Municipales, Según Departamento, 2015

Región	Recojo per Cápita	Frecuencia de Recojo	Cobertura de Recojo (Capital)	Cobertura de Recojo (No Capital)	Destino Final de los RS	Equipamiento en el Manejo de RS	Gasto Total per-cápita	Gasto Total por tonelada	Indicador de Eficiencia 1	Indicador de Eficiencia 2
Lima	67,59	99,21	99,50	98,22	30,94	0,99	53,71	49,82	62,48	51,14
Callao	64,02	100,00	100,00	100,00	30,05	2,08	47,75	48,94	61,60	50,67
Tumbes	56,22	99,23	94,14	77,28	20,95	3,43	56,77	63,40	58,93	45,67
Ucayali	59,69	98,46	98,73	82,16	22,87	1,79	45,39	51,37	57,02	46,42
Ica	62,13	85,07	94,87	85,92	30,78	2,20	42,09	46,57	55,82	46,98
Taena	62,62	93,93	99,18	73,18	25,59	4,31	40,95	45,30	55,61	45,60
Arequipa	63,44	79,68	93,29	78,39	26,72	2,85	42,44	45,34	53,96	44,60
La libertad	58,70	86,21	95,47	76,46	24,83	1,70	38,61	47,03	53,53	43,87
Lambayeque	59,43	92,08	91,91	64,74	23,23	1,46	43,10	49,50	53,01	42,88
Pasco	57,70	90,53	94,92	63,50	29,25	2,90	37,46	47,33	52,68	44,02
Ancash	57,46	73,74	93,33	74,76	31,04	2,99	40,08	49,45	52,51	44,65
Moquegua	56,46	46,63	93,12	75,50	26,78	7,89	51,69	59,34	52,16	42,36
Junín	55,94	79,98	91,21	72,52	38,62	2,40	32,90	44,67	51,94	46,69
Piura	57,15	86,30	96,12	57,78	30,46	1,67	38,82	48,42	51,91	43,59
Loreto	51,65	95,57	92,40	66,35	29,72	0,62	32,00	48,46	51,07	44,67
Cusco	55,22	65,75	90,88	69,13	26,10	3,89	41,97	52,29	50,56	41,44
Madre de dios	54,84	78,39	89,50	54,79	22,61	3,33	38,73	51,17	48,96	37,53
Huancavelica	44,95	70,53	92,72	54,21	29,71	3,04	29,77	53,72	47,29	39,92
Huánuco	45,65	77,32	89,79	61,27	27,59	1,73	27,42	50,98	47,10	40,73
Ayacucho	49,75	58,49	92,03	60,82	27,22	3,16	32,63	51,21	46,42	39,87
Puno	41,33	68,85	86,52	47,97	36,44	2,62	25,73	53,78	45,20	40,67
Cajamarca	43,85	62,43	93,09	55,57	28,43	2,19	27,20	52,22	44,92	39,32
San Martín	55,91	55,20	92,92	58,37	29,83	2,28	26,87	39,53	44,40	39,94
Apurímac	52,55	58,43	78,99	51,01	31,97	2,47	28,81	45,36	43,36	38,29
Amazonas	46,37	46,19	76,74	47,73	24,58	2,11	20,77	45,14	38,08	34,07

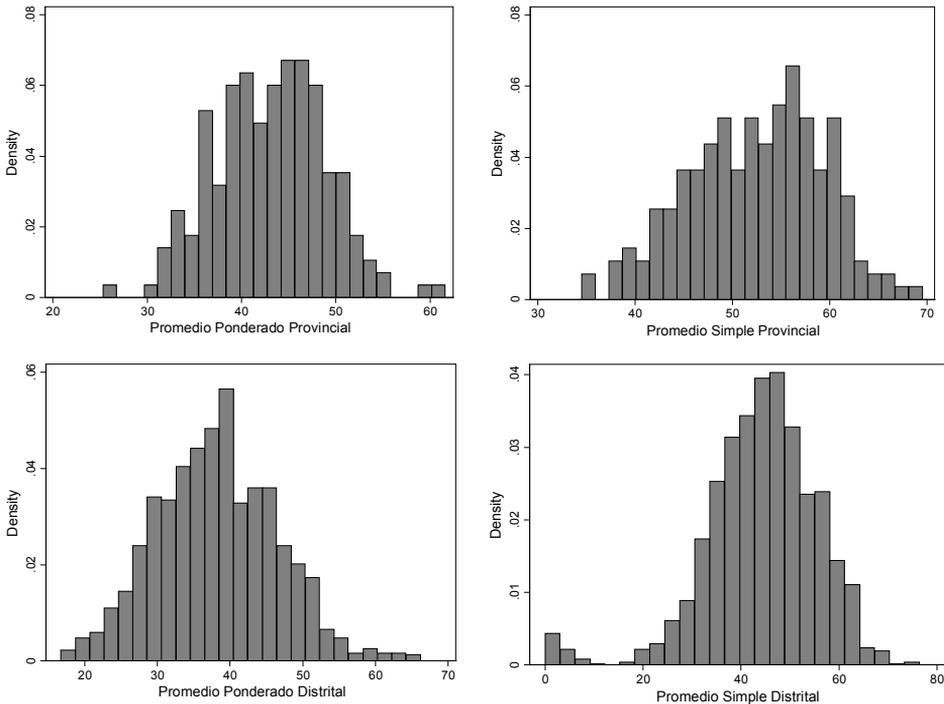
Fuente: INEI - RENAMU (2016).

Elaboración propia

Como vimos en los cuadros anteriores, en general, el problema del procesamiento de los RSM es intrínseco a todas las regiones. Esto se debe a que relativamente pocas municipalidades son las que procesan dichos RSM en rellenos sanitarios. Callao es una de las pocas municipalidades que manejan sus RSM en dichos rellenos. La mayoría de los distritos no acceden a estos rellenos sanitarios porque no existen en su localidad.

Con la finalidad de estudiar la distribución del índice ponderado de eficiencia, se presenta el histograma de ambos índices ponderados en los siguientes gráficos.

Gráfico N° 3: Histograma del Índice Agregado de la Gestión de Residuos Sólidos Municipales, 2015

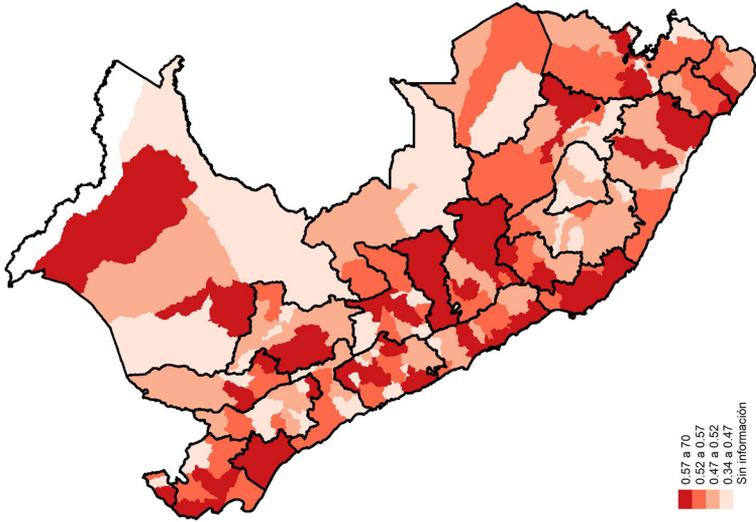


Fuente: INEI - RENAMU (2016).
Elaboración propia.

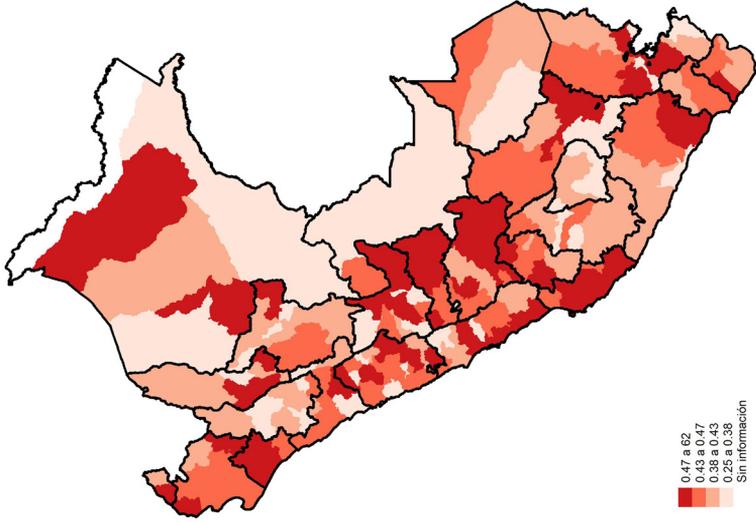
Se puede apreciar que la distribución cambia cuando se emplean ponderadores, la forma de la distribución se asemeja más a una normal, disminuyendo el promedio de eficiencia. Esto se debe a que gran parte de los residuos sólidos son enviados a botaderos y eso afecta el nivel de eficiencia.

Gráfico N° 4 Perú: Índice Agregado de Gestión de Residuos Sólidos Municipales a Nivel Provincial, 2015

Indicadores Agregados - Provincias,
Pomedio Simple



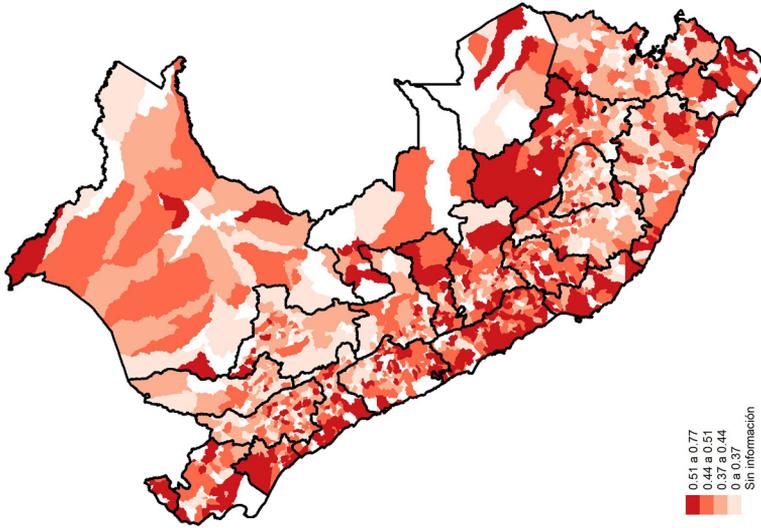
Indicadores Agregados - Provincias,
Pomedio Ponderado



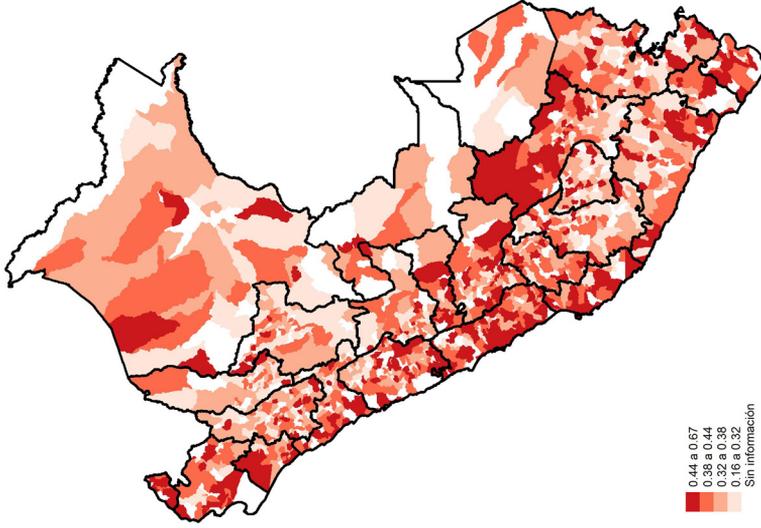
Fuente: INEI - RENAMU (2016).
Elaboración propia.

Gráfico N° 5 Perú: Índice Agregado de Gestión de Residuos Sólidos Municipales a Nivel Distrital, 2015

Indicadores Agregados - Provincias,
Promedio Simple



Indicadores Agregados - Provincias,
Promedio Ponderado



Fuente: INEI - RENAMU (2016).
Elaboración propia.

En los mapas del gráfico anterior se muestra la distribución espacial de los índices de ponderados de eficiencia para el caso peruano, para ambos índices. Se puede apreciar una concentración de la ineficiencia en las regiones más pobres del norte (Amazonas, Cajamarca y San Martín), y las del centro (Huancavelica, Ayacucho y Apurímac). Entre las regiones más eficientes se encuentran Lima, Junín, Ica y Callao.

11.2 Eficiencia Estimada por DEA

En esta sección se presenta la estimación de la frontera de eficiencia según el método DEA, basado en los trabajos de García-Sánchez (2008), Worthington y Dollery (2001), Balaguer et. al (2002) y (Herrera y Francke, 2008), tanto para rendimientos a escala constantes (CRS, por sus siglas en inglés) como variables (VRS, por sus siglas en inglés). A continuación, se mencionan las variables a incluirse en las estimaciones, siguiendo a Worthington y Dollery (2001):

Cuadro N° 19: Variables Empleadas en el Modelo Análisis Envolvente de Datos.

Variables Input	Variables Output
Cantidad de Trabajadores	
Cantidad de Camiones recolectores y otra maquinaria.	Cantidad de RSM Recogida
Población	

Fuente: Worthington y Dollery (2001).
Elaboración propia

Cabe resaltar que la cantidad de trabajadores son los que el RENAMU registra como 'trabajadores de limpieza'. En cuanto a camiones recolectores, solamente se utilizan los camiones recolectores 'activos' (que se encuentran en funcionamiento), además de maquinaria para carga pesada (basura), como tractores oruga.

El modelo de eficiencia DEA será estimado asumiendo retornos constantes a escala y retornos variables a escala. Adicionalmente, se presenta el promedio entre los modelos CRS y VRS. Esto, dado que según la literatura y las propiedades del DEA (Chi-Lee, 2009), los índices CRS son, en promedio, menores a los VRS.

Los resultados son presentados en los cuadros 19 (provincias) y 20 (distritos), por tipo de clúster calculado previamente. En promedio, las municipalidades provinciales tienen índices más elevados que las distritales, lo que indica un mayor nivel de eficiencia en el recojo de RSM. Como se explicó, varía considerablemente la eficiencia entre los modelos CRS y VRS. El Clúster 4 y 1 resultan los más eficientes, con índices promedio de 0.719 y 0.679 respectivamente; le siguen los clústeres 2 y 3 con índices de 0.603 y 0.518.

Son 15 las municipalidades provinciales que definen la frontera de producción provincial considerando rendimientos constantes a escala; con rendimientos variables a escala el número aumenta a 36 municipios. En promedio, las municipalidades provinciales que más eficiencia tienen son Lima, Callao, Ferreñafe, Trujillo, Sechura, Chachapoyas, Yauyos, entre otras, correspondientes a los clústeres 1, 2, 3 y 4 (todos los clústeres tienen Municipalidades en la frontera de eficiencia). Mientras que en el clúster 3, el de menor eficiencia, las municipalidades provinciales más ineficientes son San Martín-San Martín, Huaura-Lima y Virú-La Libertad. Cabe resaltar que dicho clúster es el que cuenta con mayores ingresos y menores tasas de pobreza, pero al mismo tiempo, mucha mayor población y densidad poblacional. Esto sugiere que el hecho de tener una mayor cobertura o mayor alcance (y por ende más recursos), puede estar afectando el uso eficiente de los mismos.

Cuadro N° 20: Estimación de Eficiencia - Análisis Envolvente de Datos Provincial.

Clúster		N	Mean	Sd.	Min.	Max.
1	CRS	60	0,47	0,21	0,21	1,00
	VRS	60	0,89	0,08	0,73	1,00
	Promedio	60	0,68	0,13	0,49	1,00
2	CRS	40	0,28	0,29	0,05	1,00
	VRS	40	0,93	0,06	0,80	1,00
	Promedio	40	0,60	0,16	0,45	1,00
3	CRS	53	0,21	0,24	0,01	1,00
	VRS	53	0,83	0,08	0,74	1,00
	Promedio	53	0,52	0,15	0,37	1,00
4	CRS	42	0,55	0,28	0,14	1,00
	VRS	42	0,89	0,08	0,75	1,00
	Promedio	42	0,72	0,17	0,49	1,00
Total	CRS	195	0,38	0,29	0,01	1,00
	VRS	195	0,88	0,08	0,73	1,00
	Promedio	195	0,63	0,17	0,37	1,00

Elaboración propia.

Por otro lado, en cuanto al análisis distrital, al igual que el primer indicador, el promedio es menor que en el caso provincial. Se puede apreciar que no hay mucha varianza entre los clústeres, pero si se tienen índices que van desde 0.1 a 1 dentro de cada clúster. La eficiencia (o la ineficiencia) entonces, es un factor transversal a todas las municipalidades, ya que en todos los clústeres existen municipalidades muy ineficientes.

Cuadro N° 21: Estimación de Eficiencia - Análisis Envolvente de Datos Distrital.

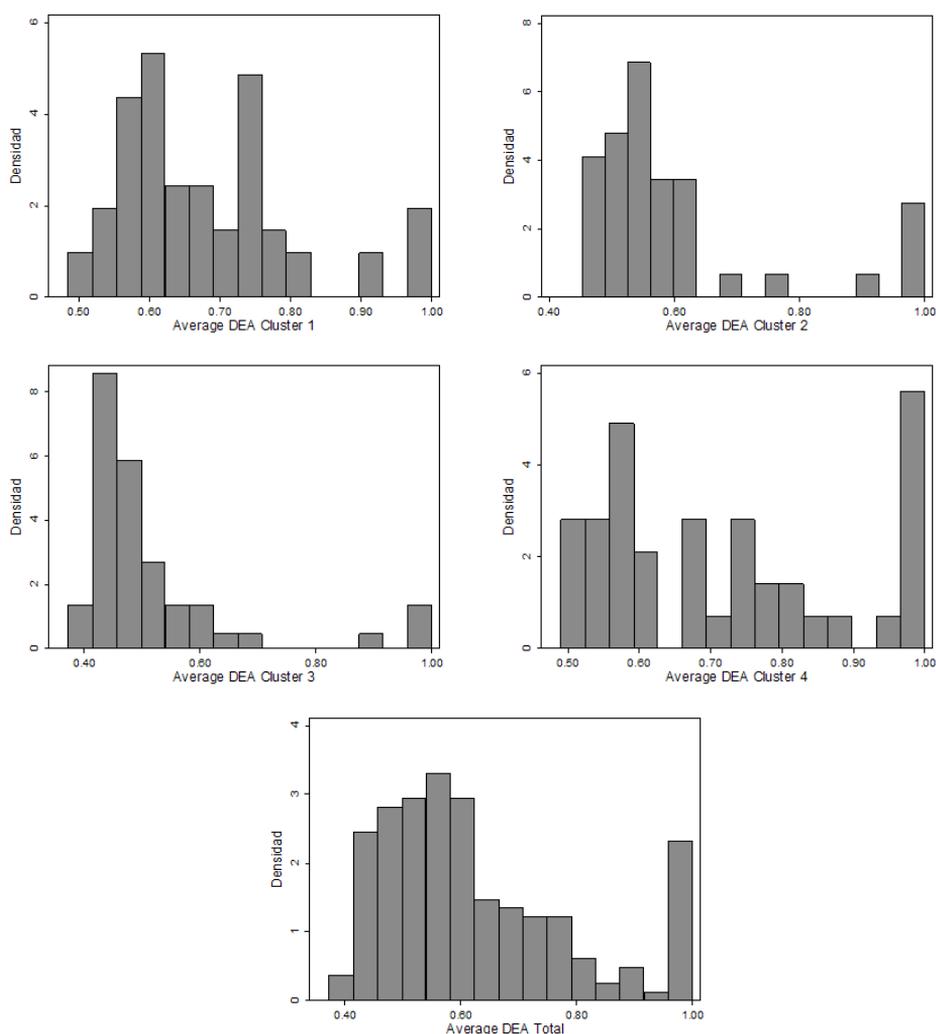
Clúster		N	Mean	Sd.	Min.	Max.
1	CRS	366	0,13	0,14	0,02	1,00
	VRS	366	0,77	0,07	0,56	1,00
	Promedio	366	0,45	0,09	0,34	1,00
2	CRS	393	0,17	0,21	0,02	1,00
	VRS	393	0,70	0,08	0,56	1,00
	Promedio	393	0,43	0,13	0,30	1,00
3	CRS	351	0,15	0,20	0,01	1,00
	VRS	351	0,81	0,07	0,63	1,00
	Promedio	351	0,48	0,11	0,35	1,00
4	CRS	206	0,15	0,23	0,01	1,00
	VRS	206	0,92	0,05	0,80	1,00
	Promedio	206	0,54	0,12	0,43	1,00
5	CRS	337	0,13	0,13	0,04	1,00
	VRS	337	0,88	0,05	0,71	1,00
	Promedio	337	0,51	0,08	0,40	1,00
Total	CRS	1653	0,15	0,18	0,01	1,00
	VRS	1653	0,80	0,10	0,56	1,00
	Promedio	1653	0,47	0,11	0,30	1,00

Elaboración propia.

Los clústeres distritales más eficientes son el 4 y el 5, con promedios de 0.54 y 0.51; le siguen los clústeres 3, 1 y 2, con promedios de 0.48, 0.45 y 0.43. Como se aprecia, no hay una alta variación en la eficiencia del clúster, pero, al igual que en el caso provincia, si la hay intra-clúster. Entre las 17 municipalidades que más eficiencia tienen resaltan Lurigancho, La Victoria, Jesús María y San Juan de Lurigancho en la Región Lima, Ventanilla en la Región Callao, Yautan en la región Ancash, Huancarqui en la Región Arequipa, San José del Alto en la Región Cajamarca, entre otros. Mientras que, en el clúster 2 con menor eficiencia, las municipalidades más ineficientes son Huasmin en la Provincia de Celendín, Querocotillo y Socota en la Provincia de Cutervo, todos son parte de la Región Cajamarca.

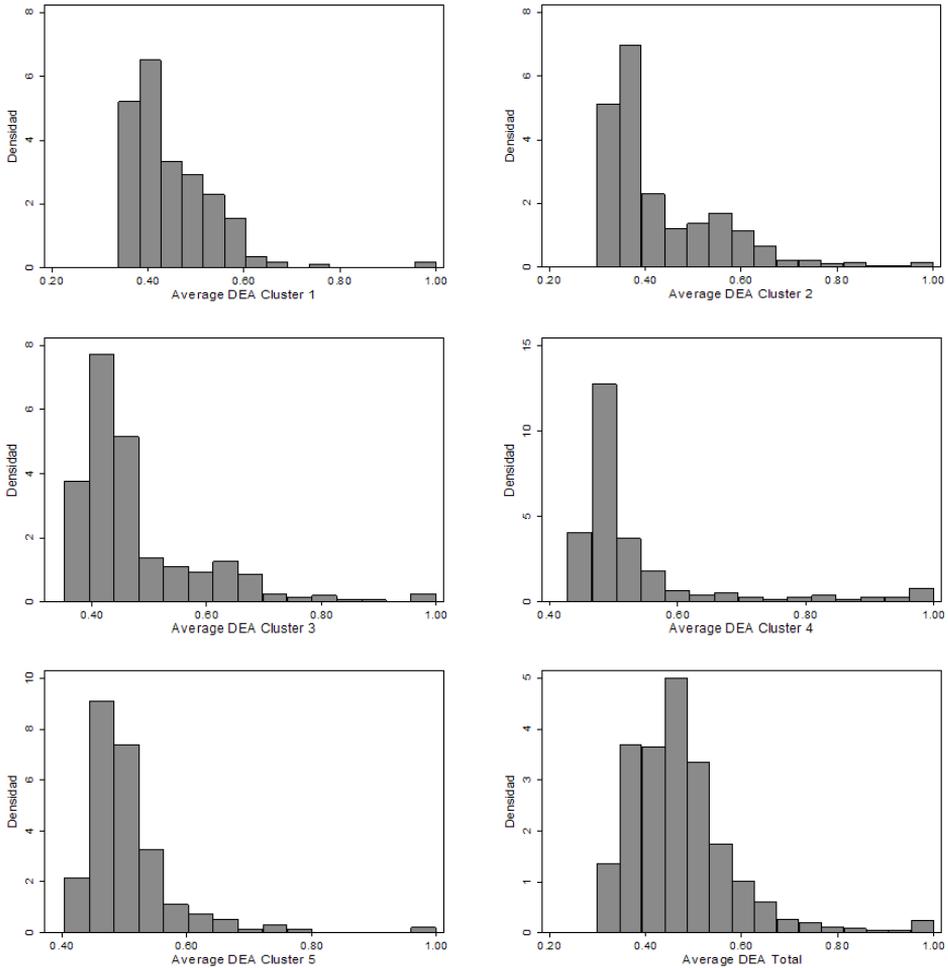
Por otro lado, los gráficos 6 y 7 muestran los histogramas de los clústeres y el total. En el caso de provincias el valor mínimo es 0.4, mientras que en distritos es 0.3. Se confirma la alta variabilidad entre clúster, pero poca variación del promedio entre clústeres.

Gráfico N° 6: Histogramas de Eficiencia Provincial



Fuente: INEI - RENAMU (2016).
Elaboración propia.

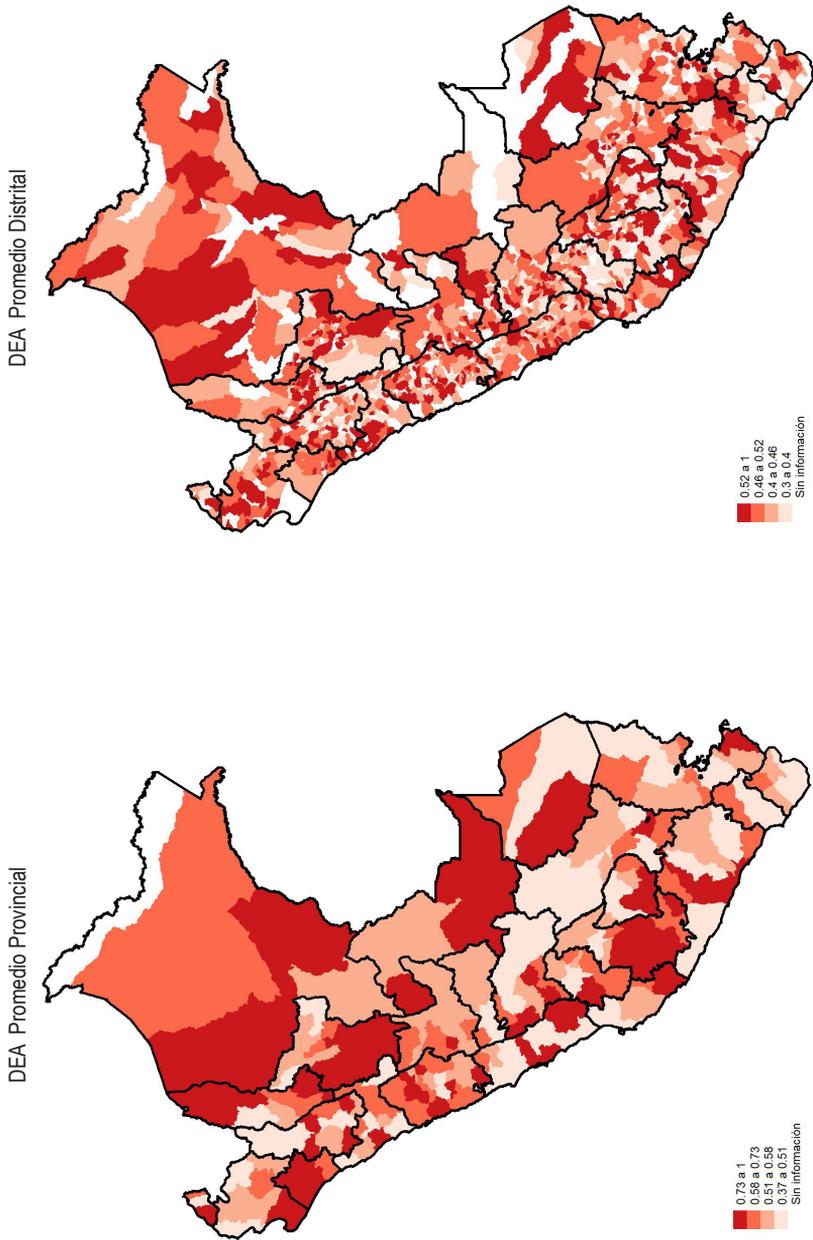
Gráfico N° 7: Histogramas de Eficiencia Distrital, 2015



Fuente: INEI - RENAMU (2016).
Elaboración propia.

El gráfico 8 muestra la distribución espacial de la eficiencia provincial (lado izquierdo) y distrital (lado derecho). A nivel provincial, se puede apreciar que no existe un patrón espacial propiamente definido. Sin embargo, resalta el hecho de que el sur no tenga tantas provincias eficientes (en el sur no existen rellenos sanitarios, el más cercano es el de Apurímac y Ayacucho). A nivel distrital, se puede apreciar que no existe un patrón espacial propiamente definido, se observa mucha heterogeneidad geográfica.

Gráfico N° 8 Perú: Eficiencia Promedio - Análisis Envolvente de Datos.



Fuente: INEI - RENAMU (2016).
Elaboración propia.

11.3 Determinantes de la Eficiencia: Modelo Tobit

En esta sección se presentan los resultados de la segunda etapa de los modelos de eficiencia (Herrera y Francke, 2008; Worthington y Dollery, 2001), la cual consiste en estimar un modelo Tobit donde la variable dependiente es el índice de eficiencia técnica promedio entre el método CRS y el método VRS. Como variables independientes se emplearán las variables especificadas en la sección metodológica. Estas variables son: un índice que cuenta la cantidad de planes de RSM contemplados por la Municipalidad, un índice que cuenta si tiene Plan de Desarrollo Urbano o de Ordenamiento Urbano, un índice que cuenta si tiene Plan de Desarrollo Económico Local o Desarrollo Rural, un índice que cuenta si tiene alguno de las acciones que se implementan en la gestión del Presupuesto por Resultados (PPR), y finalmente, el logaritmo de la densidad poblacional. Se emplean dos tipos de regresiones: una a nivel provincial y otra a nivel distrital, tanto para todas las observaciones (nacional) como para los tipos de clústers. Los resultados son mostrados en las tablas 21 y 22.

Cuadro N° 22: Resultados del Modelo Tobit – Municipalidades Provinciales.

VARIABLES	Nacional	Clúster 1	Clúster 2	Clúster 3	Clúster 4
Plan de Residuos Sólidos	0,0037	0,02938*	0,03890	-0,01722	-0,00456
Plan de Desarrollo Urbano	0,1107***	0,07064**	0,10856**	-0,00491	0,15649***
Plan de Desarrollo Rural	0,0683***	0,07910**	0,04598	0,08496***	0,03908
Acciones de gestión de PPR	0,0082	0,02270	-0,00305	-0,00023	0,04470
Densidad Poblacional	-0,0071	0,00292	-0,01148	0,07268**	-0,02534
Constante	1,3959***	0,15231***	0,18652***	0,11586***	0,16861***
Log-likelihood	26,01	1 362,24	502,54	1 579,10	825,70
Observaciones	195	60	40	53	42

Nota: Planes de Residuos Sólidos incluyen: Plan Integral de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos, Plan de Manejo de Residuos Sólidos, Sistema de Recojo de Residuos Sólidos, Programa de Transformación de Residuos Sólidos y Programa de Segregación en la Fuente y Recolección Selectiva de Residuos Sólidos. Acciones de gestión de PPR incluyen: Acción 1: Que los objetivos, indicadores y metas del PDMC concuerden con los objetivos, indicadores y metas del PDRC. Acción 2: Que los indicadores permitan verificar el cumplimiento de los objetivos y metas del PDMC. Acción 3: Que las estrategias permitan mejorar la calidad de los servicios públicos que brinda a la ciudadanía. Acción 4: Utiliza mecanismos de consulta periódica a la ciudadanía para introducir mejoras en los servicios públicos. Acción 5: Tiene indicadores de eficiencia y eficacia sobre la cobertura de los servicios públicos. *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Fuente: INEI - RENAMU (2016).

Elaboración Propia.

Con relación a las regresiones para las municipalidades provinciales, los resultados sugieren que contar con planes de gestión de RSM no contribuye a mejorar la eficiencia del manejo de los mismos. Solo para un clúster (el 1) el coeficiente es positivo y significativo. Para el resto de clústeres y a nivel nacional, el coeficiente no tiene significancia. Este resultado puede darse debido a que en la práctica, las municipalidades no ponen en práctica dichos planes (MINAM, 2016), y la implementación de dichos planes queda en un plan y no se materializa en acciones concretas. Por otro lado, el contar con planes de Desarrollo urbano y rural si mejoran la eficiencia del servicio, dependiendo de los clústeres en los que se analiza. En cuanto al impacto de ambos planes, el contar con planes de desarrollo urbano tiene mayor magnitud que uno rural (a nivel nacional).

Por otro lado, ninguna de las acciones de gestión de PPR contribuyen con la mejora de la eficiencia del manejo de RSM, quizás en parte porque dichas acciones no están directamente relacionadas con el manejo de RSM, sino son en general, para otras competencias. Finalmente, la densidad poblacional no representa un problema para la gestión provincial de los RSM, inclusive el clúster 3 (el de las ciudades/provincias más grandes y urbanizadas) tiene un coeficiente positivo y significativo. Estos resultados sugieren que deben enfatizarse en mejorar e implementar los planes de gestión de RSM y contar con acciones del PPR que incluyan dicho servicio.

Cuadro N° 23: Resultados del Modelo Tobit – Municipalidades Distritales

Variables	Nacional	Clúster 1	Clúster 2	Clúster 3	Clúster 4	Clúster 5
Plan de Residuos Sólidos	0,0145***	-0,0006	0,0089	-0,0053	0,0213***	0,0116***
Plan de Desarrollo Urbano	0,0789***	0,1036***	0,1001***	0,1008***	0,0795***	0,0939***
Plan de Desarrollo Rural	0,0299***	0,0166*	0,0199*	0,0253***	0,0138	0,0331***
Acciones de gestión de PPR	0,0038**	0,0079	0,0012	-0,0011	0,0093	0,0027
Densidad Poblacional	0,0112***	-0,0121***	-0,0137**	0,0053	0,0208***	0,0025
Constante	0,1167***	0,0906***	0,1279***	0,1146***	0,1248***	0,0941***
Log-likelihood	1 156	348,1	240,8	249,6	125,3	306,4
Observaciones	1 653	366	393	351	206	337

Nota: Planes de Residuos Sólidos incluyen: Plan Integral de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos, Plan de Manejo de Residuos Sólidos, Sistema de Recojo de Residuos Sólidos, Programa de Transformación de Residuos Sólidos y Programa de Segregación en la Fuente y Recolección Selectiva de Residuos Sólidos. Acciones de gestión de PPR incluyen: Acción 1: Que los objetivos, indicadores y metas del PDMC concuerden con los objetivos, indicadores y metas del PDRC. Acción 2: Que los indicadores permitan verificar el cumplimiento de los objetivos y metas del PDMC. Acción 3: Que las estrategias permitan mejorar la calidad de los servicios públicos que brinda a la ciudadanía. Acción 4: Utiliza mecanismos de consulta periódica a la ciudadanía para introducir mejoras en los servicios públicos. Acción 5: Tiene indicadores de eficiencia y eficacia sobre la cobertura de los servicios públicos. *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Fuente: INEI - RENAMU (2016).

Elaboración Propia.

Por otro lado, en cuanto a las regresiones distritales, se nota un mayor impacto de las medidas en general, a diferencia del caso provincial. El contar con un plan de RSM sí es positivo y significativo para la eficiencia de las municipalidades distritales, pero sólo para los clústeres 4 y 5 (aquellos con mayor población y densidad poblacional). En esos clústeres están las ciudades metrópolis como Lima, los distritos de Callao, ciudades como Trujillo, Chiclayo, entre otras municipalidades eminentemente urbanas, por lo que se concluye que estos planes de RSM son efectivos en municipalidades eminentemente urbanas, no siendo significativos para aquellas rurales y de baja densidad poblacional. Por otro lado, los planes de desarrollo urbano siguieron siendo positivo y significativos para todos los clústeres, al igual que en el caso provincial, mientras que los planes de desarrollo rural fueron efectivos en todos los clústeres, menos en el clúster 4, lo cual guarda coherencia ya que, como ya se mencionó, es eminentemente urbano y contiene a las ciudades más grandes del país (poco o nulo espacio rural).

Asimismo, las acciones del PPR se mantienen no significativas por los motivos anteriormente expuestos, mientras que la densidad poblacional no tiene un efecto claro, ya que tiene signo positivo en el clúster de mayor densidad poblacional (clúster 4), pero signo negativo en los clústeres 1 y 2, que son los clústeres con menores tasas de densidad poblacional y elevada pobreza y falta de recursos. Estos resultados sugieren que la densidad poblacional no representa un problema para las municipalidades de altos recursos, pero si lo es para municipalidades de bajos recursos y elevadas tasas de pobreza.

En conclusión, respecto al análisis de los determinantes de la eficiencia del manejo de RSM, se puede decir que a nivel provincial solo los planes de desarrollo urbano y rural inciden positivamente en la eficiencia en promedio, mientras que a nivel distrital la lectura es más compleja, dado que los planes de residuos sólidos son efectivos para incrementar la eficiencia, pero solo en los municipios de altos recursos y eminentemente urbanos. Por otro lado, los planes de desarrollo urbano y rural también son efectivos para reducir la ineficiencia, pero la densidad poblacional representa un problema en los municipios de escasos recursos, a diferencia de aquellos más ricos. En todos los casos, las acciones que se implementan en la gestión del Presupuesto por Resultados (PPR) no son significativas para incrementar la eficiencia del recojo de RSM.

12 CONCLUSIONES

La presente investigación caracteriza la situación actual de la gestión de los RSM en el Perú. En la investigación se revisa literatura concerniente al marco normativo y legal, así como los antecedentes de la literatura existente para el Perú (Francke y Herrera, 2008; Muñoz, 2010; Informes del MINAM, 2012, 2014, 2016). Además, se ofrece dos propuestas metodológicas para la medición de la eficiencia de dicha gestión de RSM a nivel de municipalidades provinciales y municipalidades distritales. Una mediante indicadores de gestión (Shack, 2015) y otra por medio del método Análisis Envoltante de Datos (DEA) (Worthington y Dollery; 2001, Golany & Roll, 1989; Domberger et al., 1986), el cual ha sido ampliamente usado para estimar la frontera de producción municipal para la eficiencia de la gestión de los RSM. Dado que la metodología DEA requiere que se evalúen municipalidades de características similares (bajo el supuesto de tecnologías iguales), se tipifica las provincias y distritos siguiendo metodologías de análisis de conglomerados, siguiendo a Herrera y Francke (2009).

Como estadísticos descriptivos, se presentan un grupo de indicadores considerados por las guías de gestión de residuos sólidos de otros países (Chile y México), además de considerar los informes de gestión de residuos del MINAM (2012, 2014, 2016), para la determinación de las variables a considerar.

Al analizar los indicadores se encuentran buenos resultados en cuanto al recojo de RSM, la cobertura del servicio y, en menor medida, la frecuencia del recojo del mismo. Sin embargo, estos resultados por sí solos no terminan diciendo mucho. Se observa que el destino final de la gran mayoría de municipalidades, exceptuando Lima Metropolitana y Callao, son botaderos no autorizados, debiendo ser dispuestos bajo normativa en rellenos sanitarios. En consecuencia, entre un 65 y 70 por ciento de los RSM tiene como destino final botaderos. Esto se debe a que solo hay 24 rellenos sanitarios adecuados para los más de 1850 distritos de Perú (MINAM, 2016).

Peor aún, en 14 de las 25 regiones no hay rellenos sanitarios de ningún tipo, y las que cuentan con alguno no se dan abasto para tratar el total de los residuos de las poblaciones que atienden. Se identificó al equipamiento de las municipalidades con maquinaria adecuada para el recojo de los RSM (camiones recolectores, tanto activos como no activos, tractores oruga y cargador frontal) como una de las principales falencias. Adicionalmente, existen municipalidades (provinciales y distritales) que tienen un elevado gasto respecto al promedio nacional, lo que se explicaría porque algunas regiones no tienen relleno sanitario, por lo que terminarían gastando más en llevar un porcentaje de sus residuos a otros rellenos sanitarios cercanos.

Entre las municipalidades provinciales que más gastan por tonelada de RSM se encuentran Loreto, San Martín, Huánuco y Callao. En el caso de Callao y Loreto, llama poderosamente la atención que la gran parte del gasto sea destinado al barrido de calles, teniendo valores casi 800% por encima del promedio nacional. Con relación al indicador de costo per-cápita, la región que más gasta es Callao. De lejos, Callao gasta entre 6 y 7 veces más que el promedio nacional, seguido por Lima y Lambayeque. Cabe resaltar, por otro lado, que Callao es la única provincia que reporta enviar todos sus residuos recogidos a rellenos sanitarios. Adicionalmente, se realizó un análisis ponderado de los indicadores, resultando un índice de eficiencia, el cual ronda en promedio alrededor de 60%, consistente con los

estudios de Herrera y Francke (2009) y Muñoz (2010). Las regiones más “eficientes” son Lima, Callao, Ica y Junín (agrupadas al centro del país), y las más ineficientes son Puno, Cajamarca, San Martín, Apurímac y Amazonas. El bajo nivel de los índices es explicado por los bajos niveles de equipamiento en maquinaria (camiones recolectores), y la disposición final de los RS, siendo 70% de los residuos dispuestos finalmente en botaderos.

El modelo de eficiencia DEA fue estimado asumiendo retornos constantes a escala y retornos variables a escala. Adicionalmente, se presenta el promedio entre los dos modelos. En general, las municipalidades provinciales tienen índices más elevados que las distritales, lo que indica un mayor nivel de eficiencia en el recojo de RSM. Luego del respectivo análisis de clúster, se tuvo que todos los conglomerados tenían promedios de eficiencia que rondaban entre 40 y 55 %, pero dentro de cada clúster había valores entre 20% y 100%. Esto es evidencia de que la eficiencia (y, por tanto, también la ineficiencia), es un problema transversal al tipo de municipalidad analizada, y que entre las características que pueden mejorar la eficiencia se encuentran los programas de ordenamiento urbano y rural, además de algunas acciones para el manejo de RSM. Entre las municipalidades provinciales que más eficiencia tienen resaltan Lima, Callao, Ferreñafe, Trujillo y entre los distritos más eficientes destacan Lurigancho, La Victoria, Jesús María y San Juan de Lurigancho en la Región Lima, Ventanilla en la Región Callao, Yaután en la Región Ancash, etc.

Finalmente, con relación a las regresiones de los determinantes de la eficiencia para las municipalidades provinciales, se puede decir que a nivel provincial solo los planes de desarrollo urbano y rural inciden positivamente en la eficiencia en promedio, mientras que a nivel distrital la lectura es más compleja, dado que los planes de residuos sólidos son efectivos para incrementar la eficiencia, pero solo en los municipios de altos recursos y eminentemente urbanos. Por otro lado, los planes de desarrollo urbano y rural también son efectivos para reducir la ineficiencia, pero la densidad poblacional representa un problema en los municipios de escasos recursos, a diferencia de aquellos más ricos. En todos los casos, las acciones que se implementan en la gestión del Presupuesto por Resultados (PPR) no son significativas para incrementar la eficiencia del recojo de RSM.

Como comentario final, si bien se han empleado dos metodologías distintas para analizar la eficiencia del manejo de RSM, ambas metodologías son complementarias. La de indicadores permite cuantificar la eficiencia en función a determinados indicadores de resultados, mientras que la metodología Data Envelopment Analysis o DEA permite aproximarnos al servicio en sí mismo (recoger la mayor cantidad de RSM con los menores insumos posibles – trabajadores y camiones recolectores). Dicho esto, para el ámbito ambiental encontramos que los indicadores de la primera metodología son más informativos.

13 RECOMENDACIONES Y SUGERENCIAS

Respecto a recomendaciones de política, la presente investigación arroja luces de que el servicio de manejo de RSM está lejos de ser el idóneo para la población peruana, en la medida de que no existen suficientes rellenos sanitarios y maquinaria adecuada para la correcta gestión de dichos RSM. El hecho de que casi el 70% de los RSM vaya a los botaderos es evidencia de la mala gestión del mismo. El análisis de eficiencia DEA indica que existe ineficiencia en todos los tipos de municipalidades, tanto las más urbanizadas y de altos recursos, las ciudades medianas y semi rurales, así como las más rurales y pobres del país.

Por otro lado, los planes de gestión de RSM que implementan las municipalidades no son efectivos en las municipalidades de menos recursos y menos población, que son las que tienen mayores tasas de pobreza. Se sugiere incrementar el seguimiento en dichas municipalidades eminentemente rurales para implementar planes que mejoren la capacidad de la municipalidad para la adecuada gestión de los RSM. Finalmente, se sugiere examinar los planes de desarrollo municipales y promocionar su uso efectivo. Una importante observación es que existe mayor efectividad de los planes en los municipios más urbanizados.

ANEXO
Anexo N° 1: Leyes oficiales en materia del ambiente y el manejo municipal
de los Residuos Sólidos

Ley Oficial Peruana	Descripción
Constitución Política del Perú - 1993	<p>En el artículo 2, establece entre los derechos esenciales de la persona humana, el derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de la vida.</p> <p>El marco general de la política ambiental en el Perú se rige por el artículo 67, en el cual el Estado determina la política nacional ambiental y promueve el uso sostenible de sus recursos naturales.</p>
Ley General de Salud (Ley N° 26842-1997)	<p>Se reconoce la responsabilidad del Estado frente a la protección de la salud ambiental. En su artículo 96, se menciona que en la disposición de sustancias y productos peligrosos deben tomarse todas las medidas y precauciones necesarias para prevenir daños a la salud humana o al ambiente.</p> <p>Los artículos 99, 104 y 107 tratan sobre los desechos y la responsabilidad de las personas naturales o jurídicas de no efectuar descargas de residuos o sustancias contaminantes al agua, el aire o al suelo.</p>
Ley Orgánica de las Municipalidades (Ley N° 27972-2003)	<p>Prescribe que una de las funciones de las Municipalidades Distritales es proveer el servicio de limpieza pública determinando las áreas de acumulación de desechos, rellenos sanitarios y el aprovechamiento industrial de desperdicios.</p> <p>Señala que las Municipalidades Provinciales tienen como función regular y controlar el proceso de disposición final de desechos sólidos en el ámbito de su jurisdicción. Para ello tienen la potestad de administrar y reglamentar directamente o por concesión el servicio de limpieza pública y tratamiento de los residuos sólidos, cuando por razón económica sea más eficiente centralizar el servicio a nivel provincial.</p>
Ley General de Residuos Sólidos (Ley N° 27314-2000)	<p>Establece el marco normativo de la gestión y manejo de los residuos sólidos en el país que busca prevenir riesgos sanitarios, promover y proteger la calidad ambiental, la salud y el bienestar de las personas.</p> <p>En el capítulo III, se presentan las obligaciones municipales, en lo que respecta a la gestión de los residuos sólidos.</p> <p>A nivel provincial, el artículo 9 responsabiliza a las municipalidades provinciales de la gestión de los residuos sólidos de origen domiciliario, comercial y de aquellas actividades que generen residuos similares a éstos, en todo el ámbito de su jurisdicción.</p> <p>El artículo 10 responsabiliza a las municipalidades distritales por la prestación de los servicios de recolección y transporte de los residuos sólidos indicados en el artículo anterior y de la limpieza de vías, espacios y monumentos públicos en su jurisdicción.</p>
Ley del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental (Ley N° 27446-2001)	<p>Tiene por finalidad la creación del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental (SEIA), como un sistema único y coordinado de identificación, prevención, supervisión, control y corrección anticipada de los impactos ambientales negativos derivados de las acciones humanas expresadas por medio del proyecto de inversión.</p> <p>En su artículo 5, inciso b, establece la protección de la calidad ambiental, tanto del aire, del agua, del suelo, como la incidencia que puedan producir el ruido y los residuos sólidos, líquidos.</p>

Continúa...

ANEXO

Anexo N° 1: Leyes oficiales en materia del ambiente y el manejo municipal de los Residuos Sólidos

Ley Oficial Peruana	Descripción
Ley Marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental (Ley N° 28245-2004)	Tiene por objeto asegurar el más eficaz cumplimiento de los objetivos ambientales de las entidades públicas; fortalecer los mecanismos de transectorialidad en la gestión ambiental y de asegurar que se evite en el ejercicio de las funciones superposiciones, omisiones, duplicidad, vacíos o conflictos.
Ley que regula el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos (Ley N° 28256-2004)	Cuyo objeto es regular las actividades, procesos y operaciones del transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos, con sujeción a los principios de prevención y protección de las personas, el ambiente y la propiedad.
Reglamento de la Ley General de Residuos Sólidos (D.S. N° 057-2004-PCM)	Tiene como fin asegurar que la gestión y el manejo de los residuos sólidos, sean apropiados para prevenir riesgos sanitarios, proteger y promover la calidad ambiental, la salud y el bienestar de la persona humana. En el artículo 8 la municipalidad, tanto provincial como distrital, es responsable por la gestión y manejo de los residuos de origen domiciliario, comercial y de aquellos similares a éstos originados por otras actividades
Ley General del Ambiente (Ley N° 28611-2005)	Establece los principios y normas básicas para asegurar el efectivo ejercicio del derecho a un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida, así como el cumplimiento del deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente, con el objetivo de mejorar la calidad de vida de la población y lograr el desarrollo sostenible del país. En el artículo 67 establecen entre otras responsabilidades que las autoridades públicas de nivel nacional, sectorial, regional y local deben priorizar medidas de saneamiento básico que incluyan la construcción y administración de infraestructura apropiada para la gestión y manejo de los residuos sólidos en las zonas urbanas y rurales. En el artículo 119 establece que la responsabilidad de la gestión de los residuos sólidos de origen doméstico, comercial o que siendo de origen distinto presenten características similares a aquellos, son de los gobiernos locales.
Reglamento de la Ley Marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental (D.S. N° 008-2005-PCM)	Regula el funcionamiento del Sistema Nacional de Gestión Ambiental - SNGA, el que se constituye sobre la base de las instituciones estatales, órganos y oficinas de los distintos ministerios, organismos públicos descentralizados e instituciones públicas a nivel nacional, regional y local que ejerzan competencias, atribuciones y funciones en materia de ambiente y recursos naturales. Establece que las municipalidades en el marco de la autonomía reconocida por ley y sin perjuicio de las responsabilidades que corresponden al Alcalde, promoverán, mediante el Concejo Municipal la identificación o creación de instancias de coordinación y concertación ambiental dentro del Sistema Nacional de Gestión Ambiental.

Continúa...

ANEXO
Anexo N° 1: Leyes oficiales en materia del ambiente y el manejo municipal de los Residuos Sólidos

Ley Oficial Peruana	Descripción
Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente (D.L N° 1013-2008)	Mediante el cual se crea el Ministerio del Ambiente, establece su ámbito de competencia, sectorial y regula su estructura orgánica y sus funciones.
Reglamento Nacional de Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos (D.S. N° 021-2008-MTC)	Tiene por objeto establecer las normas y procedimientos que regulan las actividades, procesos y operaciones del transporte terrestre de materiales y/o residuos peligrosos, así como el régimen de contingencia para situaciones de emergencia, con la finalidad de minimizar los riesgos y prevenir daños a la salud humana, al medio ambiente y/o a la propiedad.
Modificatoria de la Ley de Residuos Sólidos (D. L. N° 1065-2008)	Se modificó con el fin de promover el desarrollo de la infraestructura de los residuos sólidos, para atender la demanda creciente de la población y del propio sector privado. Complementariamente en los artículos 40, 41, 46 y 49 se mencionan los derechos, obligaciones, tasas intangibles y competencia para sancionar, de la sociedad civil; asimismo, se precisan los mecanismos de la participación ciudadana.
Ley que modifica diversos artículos del Código Penal y de la Ley General del Ambiente (Ley N° 29263-2008)	Modifica el Título XIII del Código Penal peruano, que sanciona con penas mucho más duras los delitos ambientales. Como las del artículo 306 sobre incumplimiento de las normas relativas al manejo de residuos sólidos, es decir de aquellos que sin autorización o aprobación de la autoridad competente, establece un vertedero o botadero de residuos sólidos que pueda perjudicar gravemente la calidad del ambiente, la salud humana. Y el artículo 307 sobre tráfico ilegal de residuos peligrosos, es decir de aquellos que ingrese ilegalmente al territorio nacional, use, emplee, coloque, traslade o disponga sin la debida autorización, residuos o desechos tóxicos o peligrosos para el ambiente, resultantes de un proceso de producción, extracción, transformación, utilización o consumo. Estos serán reprimidos con pena privativa de libertad.
Norma Técnica de Salud que regula el manejo selectivo de residuos sólidos por Segregadores (R. M. N° 702-2008-MINSA)	Tiene como finalidad asegurar el manejo apropiado de residuos sólidos para prevenir riesgos sanitarios y proteger y promover la calidad ambiental y la salud y el bienestar de las personas. Para ello, se establecen pautas para el desarrollo de actividades operativas que involucran manipuleo, segregación, embalaje, recolección y transporte de residuos sólidos del ámbito de gestión municipal previo a su reaprovechamiento, a fin de promover el reaprovechamiento sanitario y ambiental de los residuos sólidos.

Continúa...

ANEXO

Anexo N° 1: Leyes oficiales en materia del ambiente y el manejo municipal de los Residuos Sólidos

Conclusión.

Ley Oficial Peruana	Descripción
Reglamento del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental (D.S. N° 019-2009-MINAM)	Tiene por objeto lograr la efectiva identificación, prevención, supervisión, control y corrección anticipada de los impactos ambientales negativos derivados de las acciones humanas expresadas por medio de proyectos de inversión, así como de políticas, planes y programas públicos, a través del establecimiento del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental - SEIA.
Ley que Regula la Actividad de los Recicladores (Ley N° 29419-2009)	Establece el marco normativo para la regulación de las actividades de los recicladores orientada a la protección, capacitación y promoción de su desarrollo social y laboral, promoviendo su formalización y asociación y contribuyendo con la mejora en el manejo ecológicamente eficiente de los residuos sólidos en el país.
Reglamento de la Ley que Regula la Actividad de los Recicladores (D. S. N° 005-2010-MINAM)	Coadyuva lo establecido en la Ley N° 29419, estableciendo un programa extensivo de formalización de recicladores, y establece un plan de capacitación para el correcto manejo de residuos sólido, tomando en consideración aspectos relevantes de la salud del colaborador público.
Reglamento Nacional para la Gestión y Manejo de los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (D. S. N° 001-2012-MINAM)	Establece un conjunto de derechos y obligaciones para la adecuada gestión y manejo ambiental de los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE) a través de las diferentes etapas de manejo: generación, recolección, transporte, almacenamiento, tratamiento, reaprovechamiento y disposición final, involucrando a los diferentes actores en el manejo responsable, a fin de prevenir, controlar, mitigar y evitar daños a la salud de las personas y al ambiente.
Reglamento de Manejo de los Residuos Sólidos del Sector Agrario (D. S. N° 016-2012-AG)	El objeto principal de este reglamento es regular la gestión y manejo de los residuos sólidos generados en el Sector Agrario, en forma sanitaria y ambientalmente adecuada, con sujeción a los principios de prevención y minimización de riesgos ambientales, así como la protección de la salud y el bienestar de la persona humana, contribuyendo al desarrollo sostenible del país.
Ley por medio de la cual se fortalece la institucionalización de la política nacional de educación ambiental y su incorporación efectiva en el desarrollo territorial (Ley N° 1549 - 2012)	Establece en el artículo 1 que la educación ambiental debe ser entendida, como un proceso dinámico y participativo, orientado a la formación de personas críticas y reflexivas, con capacidades para comprender las problemáticas ambientales de sus contextos (locales, regionales y nacionales). Al igual que para participar activamente en la construcción de apuestas integrales (técnicas, políticas, pedagógicas y otras), que apunten a la transformación de su realidad, en función del propósito de construcción de sociedades ambientalmente sustentables y socialmente justas.

Elaboración propia. Fuente: Normas legales

BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez Villamarín, X. C., Caride Estévez, M. J., y González Martínez, X. M. (2005). Evaluación económica del servicio de recogida de basuras en los municipios gallegos. *Revista de Estudios Regionales*, (72).
- Afonso, A. y S. Fernandes (2006). Measuring Local Government Spending Efficiency: Evidence for the Lisbon Region. *Regional Studies*, 40 (1), 39-53.
- André, F. J., & Cerdá, E. (2005). Gestión de residuos sólidos urbanos: análisis económico y políticas públicas. *Andalucía: Cuadernos económicos de ICE*, 71, 71-91.
- Balaguer-Coll, M. T., D. Prior and J. Vela-Bargues (2002). Efficiency and quality in local government. The case of Spanish local authorities. Working paper 02/2, Departament d'Economia de l'Empresa, Universitat Autònoma de Barcelona.
- Ballaguer-Coll, M. T. (2004). La eficiencia en las administraciones locales ante diferentes especificaciones del output. *Hacienda Pública Española*, (3), 37-58.
- Benito, B., Bastida, F., y García, J. A. (2010). Explaining differences in efficiency: an application to Spanish municipalities. *Applied economics*, 42(4), 515-528.
- Benito, B., del Rocio Moreno-Enguix, M., y Solana-Ibañez, J. (2011). Determinants of efficiency in the provision of municipal street-cleaning and refuse collection services. *Waste Management*, 31(6), 1099-1108.
- Bosch, N., Pedraja, F., y Suárez-Pandiello, J. (2000). Measuring the efficiency of Spanish municipal refuse collection services. *Local Government Studies*, 26(3), 71-90.
- Bradford, D. F., Malt, R. A., & Oates, W. E. (1969). The rising cost of local public services: some evidence and reflections. *National Tax Journal*, 22.
- Cavallin, A., D. Rossit, M. Frutos y H. Vigier. (2016) Eficiencia En La Gestión De Residuos Sólidos Urbanos: Análisis Y Evaluación. Conference: IX Congreso de Ingeniería Industrial, At Salta, Argentina
- CEPAL/ONU. (2010). El Desarrollo Sostenible En América Latina Y El Caribe: Tendencias, Avances Y Desafíos En Materia De Consumo Y Producción Sostenibles, Minería, Transporte, Productos Químicos Y Gestión De Residuos. Santiago de Chile : Naciones Unidas .
- Comisión Nacional del Medio Ambiente (2001). Instructivo Guía: Indicadores Para Gestion De Residuos Sólidos Domiciliarios. Gobierno de Chile.

- Cuenca, A. (1994), "Eficiencia técnica en los servicios de protección contra incendios", *Revista de Economía Aplicada*, 2: 86-109.
- De Borger, B., K. Kerstens, W. Moesen y J. Vanneste (1994), "Explaining differences in productive efficiency: An application to Belgian municipalities", *Public Choice*, 80 (3-4), 339-358.
- De Borger, B. y K. Kerstens (1996a), "Cost efficiency of Belgian local governments: A comparative analysis of FDH, DEA and econometric approaches", *Regional Science and Urban Economics*, 26(2), 145-160.
- De Borger, B. y K. Kerstens (1996b), "Radial and Nonradial Measurement of Technical Efficiency: An Empirical Illustration for Belgian Local Governments using an FDH Reference Technology", *Journal of Productivity Analysis*, 6: 41-62.
- Díez-Ticio, A. y M. J. Mancebón (1999), "La evaluación de la eficiencia en los servicios policiales. Una aplicación al cuerpo nacional de policía", VI Encuentro de Economía Pública, Oviedo.
- Díez-Ticio, A. y M. J. Mancebón (2000), "The Efficiency of the Spanish Police Service: An Application of the Multiactivity DEA Model", *International Conference on Accounting, Auditing y Management in Public Sector Reforms*, Zaragoza: EIASM, 169-186.
- Dirección Técnica de Demografía e Indicadores Sociales del Instituto Nacional de Estadística e Informática – INEI (2009). Perú: Estimaciones y Proyecciones de Población Urbana y Rural por Sexo y Grupos Quinquenales de Edad, Según Departamentos, 2000-2015. Boletín Especial N° 19 titulado.
- Defensoría del Pueblo. (2007). *Pongamos la basura en su lugar - Propuestas para la gestión de los residuos sólidos municipales*, 2007. Lima.
- Farrell, M. J. (1957). The measurement of productive efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society*.
- Fisher, R. C. (1996). *State and local public finance*.
- García-Sánchez, I. M. (2008). The performance of Spanish solid waste collection. *Waste Management y Research*, 26(4), 327-336.
- Herrera, P. y R., Málaga (2004), *Indicadores de desempeño y capacidades de gestión: un análisis de la eficiencia municipal en el marco del proceso de descentralización*. Informe final de investigación. Lima: CIES – PUCP.
- Herrera Catalán, P., & Francke, P. (2009). *Análisis de la eficiencia del gasto municipal y sus determinantes*. Economía.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). (2017). *Estadísticas Municipales 2016*. Lima: Instituto Nacional de Estadística e Informática.

- Mandl, U., Dierx, A., y Ilzkovitz, F. (2008). The effectiveness and efficiency of public spending (No. 301). Directorate General Economic and Financial Affairs (DG ECFIN), European Commission.
- Martínez Arce, E., Daza, D., Tello Espinoza, P., Soulier Faure, M., & Terraza, H. (2010). de la Evaluación Regional del Manejo de Residuos Sólidos Urbanos en ALC 2010. BID, Monograph (Infrastructure and Environment Sector. Water and Sanitation Division).
- Ministerio del Ambiente - MINAM (2009). Guía Metodológica para la Formulación de Planes Integrales de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos (PIGARS).
- Ministerio del Ambiente - MINAM (2012). Cuarto Informe Nacional de Residuos Sólidos de La Gestión del Ámbito Municipal y no Municipal Gestión 2010-2011. Evaluación y Gestión Ambiental S.A.C.
- Ministerio del Ambiente - MINAM (2014). Sexto Informe Nacional de Residuos Sólidos de La Gestión del Ámbito Municipal y no Municipal 2013. Evaluación y Gestión Ambiental - Evagam S. A. C.
- Ministerio del Ambiente - MINAM. (2016). Plan Nacional de Gestión Integral de Residuos Sólidos 2016-2024. Lima.
- Muñoz, P. (2010). ¿La política importa? Los determinantes políticos de la eficiencia del gasto municipal. Lima: Asociación Servicios Educativos Rurales. URL: http://www.cies.org.pe/sites/default/files/investigaciones/informe_final_paula_munoz.pdf.
- Oficina Técnica de Estadísticas Departamentales del Instituto Nacional de Estadística e Informática – INEI (2010). Perú: Principales Indicadores Departamentales 2006-2009.
- Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental – OEFA. (2014). La Fiscalización Ambiental en Residuos Sólidos.
- Orihuela, J.C. (2017). Ambiente y Recursos Naturales: Balance de Investigación en Políticas Públicas 2011 – 2016 y Agenda de Investigación 2017 – 2021.
- Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA. (2015). Fiscalización ambiental de residuos sólidos de gestión. Lima.
- Pacheco, F., Sánchez, R., & Villena, M. (2013). Eficiencia de los Gobiernos Locales y sus Determinantes. Un análisis de Fronteras Estocásticas en Datos de Panel para Municipalidades Chilenas. Santiago de Chile.
- Paraguassú de Sa, F. A., y Rojas Rodríguez, C. R. (2002). Indicadores para el gerenciamiento del servicio de limpieza pública.
- Proyecto Planificación ante el Cambio Climático - PlanCC. (2017). Bitácora Climática. Propuesta de un Modelo para Implementar la Contribución Nacional en Mitigación. Resultados de la Fase 2. Lima.

- Puma-Chávez, A.; Armijo, C.; Calderón, N.; Leyva, J. y Ojeda, S. (2011). Instrumento de Evaluación para los Programas de Manejo de Residuos Domiciliarios. Revista de Investigación Ambiental No 3 (1): pp. 18-29.
- Rondón Toro, E., Szantó Narea, M., & Pacheco, J. F. (2016). Guía general para la gestión de residuos sólidos domiciliarios. Santiago, Chile: CEPAL, Naciones Unidas.
- Rossi, M. A. (2000). On the regulatory application of efficiency measures. Utilities Policy.
- Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable-Argentina (2015). Sistema de Indicadores de Desarrollo Sostenible Argentina.
- Shack, N. (2015). Seguimiento del Desempeño Presupuestal: Notas Metodológicas. CEPAL.
- Umaña, G., Gil, J., Salazar, C., Stanley, M., y Bessalel, M. (2003). Guía Para la Gestión del Manejo de Residuos Sólidos Municipales. Programa Ambiental Regional para Centroamérica. PROARCA.
- Vanden Eeckaut, P., H. Tulkens y M. A. Jamar (1993), "Cost efficiency in Belgian municipalities" incluido en Fried, Lovell y Schmidt (eds.), The Measuring of Productive Efficiency. Techniques and Applications.
- Worthington, A. C. (2000), "Cost Efficiency in Australian Local Government: A comparative analysis of mathematical programming and econometric approaches", Financia! Accounting y Management, 16(3), 201-221.
- Worthington, A., & Dollery, B. (2000a). An empirical survey of frontier efficiency measurement techniques in local government. Local government studies, 26.
- Worthington, A. y Dollery, B. (2000b) Measuring efficiency in local governments' planning and function Public Productivity and Management Review 23(4):pp. 468-485
- Worthington, A. C., y Dollery, B. E. (2001). Measuring efficiency in local government: an analysis of New South Wales municipalities' domestic waste management function. Policy Studies Journal, 29(2), 232-249.

Fuentes de Información:

Registro Nacional de Municipalidades (RENAMU)

<http://inei.inei.gob.pe/microdatos/>

Sistema de Información para la Gestión de Residuos Sólidos – SIGERSOL (MINAM):

<http://sigersol.minam.gob.pe/>

Consulta Amigable (MEF)

<http://apps5.mineco.gob.pe/transparencia/mensual/>