



Grupo eumed.net / Universidad de Málaga y  
Red Académica Iberoamericana Local-Global  
Indexada en IN-Recs (95 de 136), en LATINDEX (33 DE 36), reconocida por el DICE, incorporada a la  
base de datos bibliográfica ISOC, en RePec, resumida en DIALNET y encuadrada en el Grupo C de la  
Clasificación Integrada de Revistas Científicas de España.

Vol 11.Nº32  
Junio 2018

[www.eumed.net/rev/delos](http://www.eumed.net/rev/delos)

## REVISIÓN DE BUENAS PRÁCTICAS EN EL SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE RESIDUOS: UN ANÁLISIS PARA LA IMPLEMENTACIÓN LOCAL

**Israel D. Herrera Granda<sup>1</sup>**  
[lllorente@utn.edu.ec](mailto:lllorente@utn.edu.ec)

**Erick P. Herrera Granda<sup>2</sup>**  
[erick.herrera@epn.edu.ec](mailto:erick.herrera@epn.edu.ec)

**Gerardo Collaguazo Galeano<sup>1</sup>**  
[gicollaguazo@utn.edu.ec](mailto:gicollaguazo@utn.edu.ec)

**Leandro L. Lorente Leyva<sup>1</sup>**  
[lllorente@utn.edu.ec](mailto:lllorente@utn.edu.ec)

**Ramiro V. Saraguro Piarpuezan<sup>1</sup>**  
[rvsaraguro@utn.edu.ec](mailto:rvsaraguro@utn.edu.ec)

**Ecuador**

### CONTENIDO

|  |    |
|--|----|
| Resumen .....  | 2  |
| Abstract .....   | 2  |
| 1. Introducción.....   | 3  |
| 2. Análisis de los sistemas de recolección de los RSM .....                                  | 4  |
| 2.1 Sistema de indicadores de generación de residuos y vertederos (SIGRSMV) .....            | 5  |
| 2.2 Implementación de un SIGRSMV .....   | 5  |
| 2.3 Planeación estratégica en la gestión de los RSM en países en vías de<br>desarrollo ..... | 7  |
| 2.4 Estrategias para reducir los costos operativos en la recolección de RSM.....             | 8  |
| 2.5 Generación de RSM en países en vías de desarrollo .....                                  | 9  |
| 2.6 Estudios de caracterización de RSM .....   | 11 |
| 2.7 Redes del sistema de recolección .....   | 12 |
| 2.7.1. Micro y macro-ruteo en el sistema de recolección .....                                | 13 |

<sup>1</sup> Profesores Investigadores de la Universidad Técnica del Norte - UTN, Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas, Ingeniería Industrial, Ecuador.

<sup>2</sup> Profesor Investigador de la Escuela Politécnica Nacional - EPN, Quito, Ecuador.

|      |   |    |
|------|---|----|
| 2.8  | Financiamiento de los sistemas de recolección de RSM .....              | 13 |
| 2.9  | Comparaciones financieras entre distintos sistemas de recolección ..... | 14 |
| 2.10 | Estructuras gubernamentales y legales.....                              | 14 |
| 2.11 | Administración de la fuerza de trabajo .....                            | 16 |
| 2.12 | Riesgos en operaciones de recolección .....                             | 16 |
| 2.13 | Impacto ambiental en operaciones de recolección .....                   | 17 |
| 2.14 | Reciclaje y tratamiento de los RSM.....                                 | 17 |
| 2.15 | Reaprovechamiento del papel .....                                       | 20 |
| 2.16 | Disposición de los RSM.....   | 20 |
| 2.17 | Gestión y selección de los vehículos.....                               | 21 |
| 2.18 | Mantenimiento del equipo de recolección .....                           | 21 |
|      | Conclusiones.....   | 21 |
|      | Recomendaciones y trabajos futuros.....                                 | 23 |
|      | Bibliografía.....   | 23 |

## RESUMEN

El presente trabajo consiste en la revisión de las diversas metodologías disponibles para mejorar la gestión de los sistemas de recolección de residuos sólidos municipales en países en vías de desarrollo, en concordancia con los lineamientos del Programa de las Naciones Unidas UN-HABITAT. Dada la simplicidad en la implementación de muchas de las buenas prácticas resulta factible su aplicación en países en vías de desarrollo. En este sentido, se analiza una posible implementación en la ciudad de Ibarra-Ecuador, para ello, se requiere del compromiso tanto de las instituciones encargadas de la gestión de los residuos municipales, instituciones gubernamentales, como de la comunidad que genera los estos residuos.

**Palabras clave:** Residuos Sólidos Municipales; Optimización; Logística Inversa; Enfoque holístico.

## ABSTRACT

The present work consists in a review of the different methodologies available to improve the management of municipal solid waste collection systems in developing countries, in accordance with the guidelines of the UN-HABITAT Program. Given the simplicity in the implementation of many good practices, its application in developing countries is feasible. In this sense, a possible implementation in the city of Ibarra-Ecuador is analyzed, but, for this requires the commitment of both the institutions responsible for the management of municipal waste, government institutions, and the community that generates these waste.

**Keywords:** Municipal Solid Waste; Optimization; Reverse Logistics; Holistic approach.

## 1. INTRODUCCIÓN

A nivel global existe un gran interés por desarrollar un enfoque holístico para la gestión integral de los residuos sólidos municipales (RSM), que considerando todo su ciclo de vida pueda prevenir y minimizar su desperdicio. Además, contribuye con el desarrollo sostenible de las poblaciones y la mitigación del cambio climático (Wilson et al., 2015). De acuerdo con este enfoque, las operaciones de recolección de RSM son de vital importancia para garantizar la adecuada gestión sanitaria de una población y por lo tanto deberían ser realizadas de manera óptima y sustentable.

En la Unión Europea (UE), se pronostica el crecimiento en la Producción Per Cápita (PPC) de RSM y la disminución de vertederos para su disposición final, como se muestra en la Figura 1. Esto afecta a la sustentabilidad del sistema de recolección de RSM y provoca preocupación en la comunidad científica, por dicha razón, se busca aumentar el porcentaje de recuperación de RSM a través de la recolección como una actividad relevante de la logística inversa de los residuos (Mazzanti et al., 2009), (HAN et al., 2015).

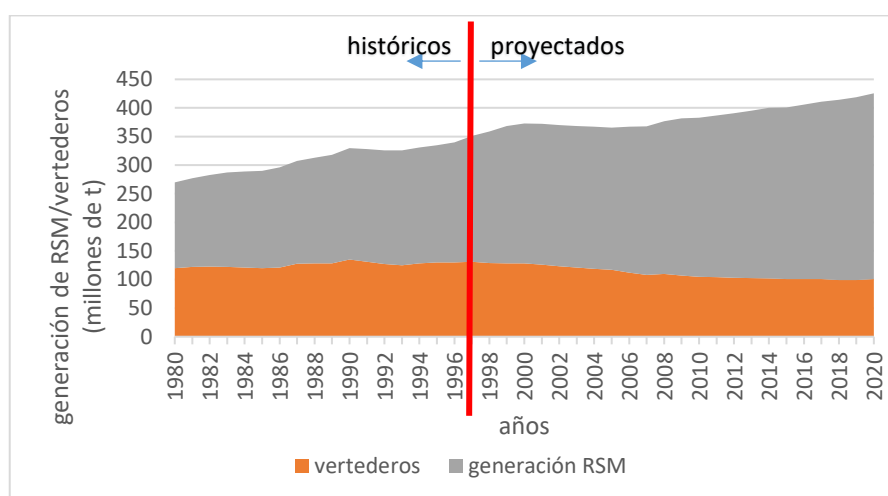


Figura 1. Proyección de la generación de RSM y vertederos en la UE (Mazzanti et al., 2009).

Ante esta problemática las acciones tomadas en la UE como campañas de concienciación en la población y programas para la disminución y recolección de residuos están comenzando a dar resultados a favor del ambiente. Así, si se compara el estudio de generación de RSM realizado por la Agencia Europea de Estadísticas (Eurostat) en el año 2010 y 2014 (Eurostat, 2010), (Eurostat, 2015), se evidencia un aumento en el porcentaje de materiales reciclados, pasando del 32% al 40%; una ligera disminución de los residuos usados como relleno; un ligero aumento de los materiales tratados en tierra y liberados en masas de agua pasando del 5% al 7%; y no se observa una variación significativa en la cantidad de materiales recuperados energéticamente por incineración. Esto conlleva a la disminución del material que se dispone en vertederos del 46% al

35%, lo cual contribuye al incremento de la vida útil de los vertederos en la UE, como se muestra en la Figura 2.

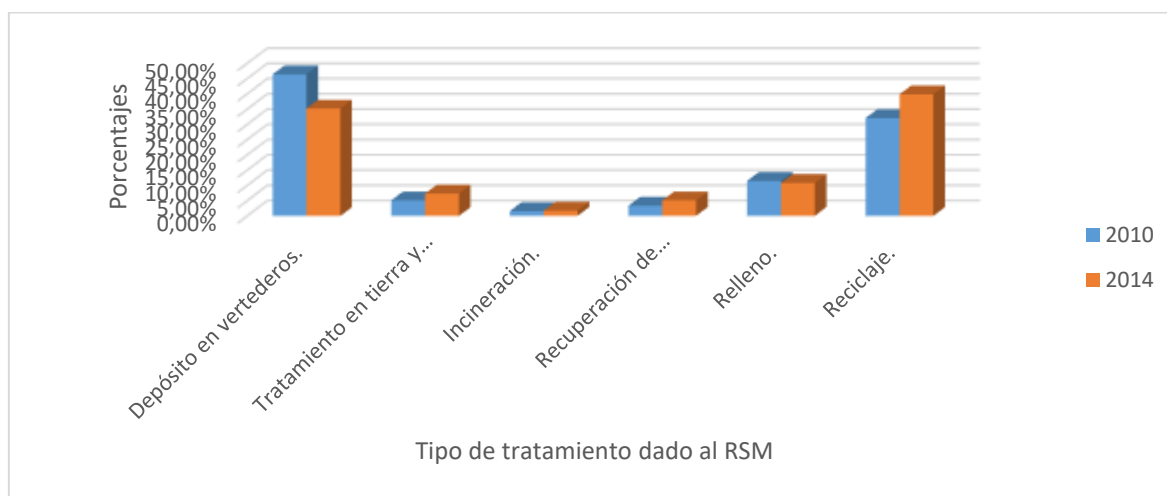


Figura 2. Residuos generados por la UE los años 2010 y 2014, tratamiento, y evolución (Eurostat, 2015)(Eurostat, 2014).

En la última década se han, implementado y documentado numerosas metodologías y técnicas orientadas a mejorar la gestión del sistema de recolección de RSM, tanto en países desarrollados como en países en vías de desarrollo(Wilson et al., 2015), (Eurostat, 2010), (Ahsan et al., 2013), (Matsumoto, 2011), (Mes, Schutten et al., 2014), (Wilson et al., 2015).por dicha razón, en el presente trabajo se hace un compendio de metodologías documentadas, agrupándolas dentro de un mismo conjunto que a continuación se denominarán buenas prácticas aplicadas en la gestión del sistema de recolección de RSM, con el objeto de que pueda ser un instrumento de consulta a nivel local tanto para instituciones académicas-investigativas como instituciones relacionadas con la gestión de los RSM.

## 2. ANÁLISIS DE LOS SISTEMAS DE RECOLECCIÓN DE LOS RSM

La recolección de los RSM puede ser estudiada como un sistema enfocado a coleccionar los residuos producidos por una población; si se desea abordar la temática desde un enfoque holístico, es necesario comprender la cadena de suministro que engloba el proceso de generación de RSM o logística de productos y servicios hacia adelante y dentro de esta, se debe también considerar un flujo inverso que se encarga de recolectar nuevamente los residuos generados en el flujo anterior, para que estos residuos no contaminen el ambiente, dicho flujo inverso puede ser estudiado como un proceso de logística inversa, como se muestra en la Figura 3.

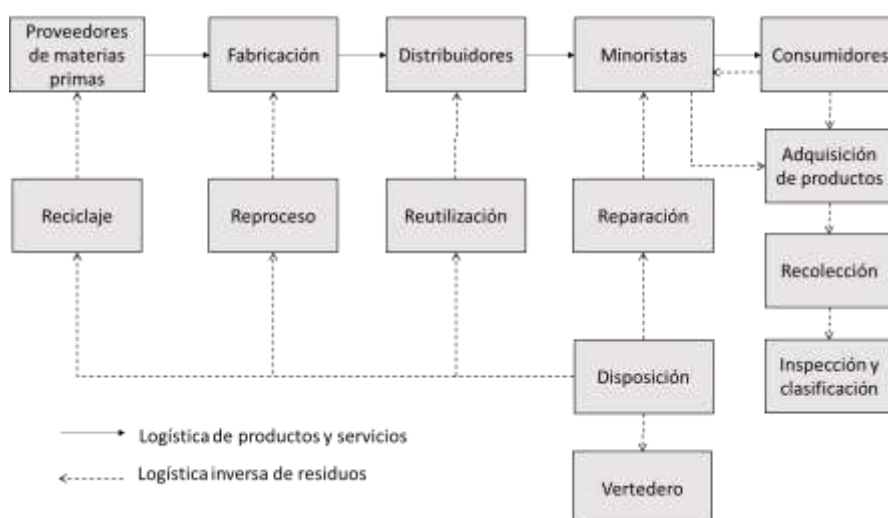


Figura 3. Flujo de las materias primas y de los residuos (Agrawal et al., 2015)

## 2.1 Sistema de indicadores de generación de residuos y vertederos (SIGRSMV)

Las políticas para el manejo de residuos de la UE estipulan que la disposición de los residuos directamente en vertederos debe ser la última opción ya que antes de ello, se debe priorizar la prevención de su generación, su reutilización, su reciclaje y otras formas de recuperación sobre los RSM (Eurostat, 2015). Para ello, la UE ha implementado un sistema de indicadores de generación de residuos y vertederos, cuya información es actualizada de forma periódica y puesta a disposición de la población mundial como indicadores entre los cuales podemos encontrar: porcentajes en la generación de residuos por categorías; generación anual de residuos peligrosos y no peligrosos: en toneladas y por categorías de residuos; uso anual de tratamientos sobre los residuos en la UE, como se mostró en la Figura 2; residuos depositados anualmente en vertederos: kg per cápita y por categorías de residuos, excluyendo los residuos minerales; entre otros.

Los anteriores indicadores permiten comparar el desempeño entre varios países de la UE; facilitan la planificación estratégica; y favorecen la correcta y oportuna toma de decisiones en la gestión del sistema de recolección de RSM a nivel global, minimizando el uso de los vertederos (Eurostat, 2014), (CEPIS, 1998), (MAPAMA, 2017). Sin embargo, esto sería difícil de realizar en los países de Latinoamérica y el Caribe (ALC) ya que en dichos países actualmente no se cuenta con un SIGRSMV u otro similar.

## 2.2 Implementación de un SIGRSMV

Tanto en los países de la UE monitoreados por Eurostat, como en los países miembros de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) se recopilan datos de generación de RSM mediante el pesaje de sus RSM los cuales se contabilizan en un SIGRSMV como se muestra en la Tabla 1. (Scheinberg et al., 2010), (Eurostat, 2015), (OCDE, 2017); sin

embargo, el flujo de otros residuos como los comerciales, industriales y de la demolición aún no está estandarizado ni siquiera entre los países desarrollados; además entre los países que cuentan con un SIGRSMV existen diferentes sistemas de notificación lo cual provoca problemas de interoperabilidad (Scheinberg et al., 2010), lo cual evidencia la necesidad de una estandarización entre los SIGSRMV implementados.

Tabla 1. Países que cuentan con un SIGRSMV y que pesan sus RSM

| Países miembros de la OCDE  | Países monitoreados por Eurostat  |
|---|---|
| Alemania, Australia, Austria, Bélgica, Canadá, Chile, Corea, Dinamarca, España, Estados Unidos, Eslovenia, Estonia, Finlandia, Francia, Grecia, Hungría, Irlanda, Islandia, Israel, Italia, Japón, Letonia, Luxemburgo, México, Noruega, Nueva Zelanda, Países Bajos, Polonia, Portugal, Reino Unido, República Checa, Suecia, Suiza, Turquía | Alemania, Francia, Rumania, Reino Unido, Polonia, Bulgaria, Suecia, Italia, Países Bajos, España, Finlandia, Grecia, Bélgica, Serbia, Austria, Republica Checa, Estonia, Dinamarca, Hungría, Portugal, Irlanda, Noruega, Macedonia, Eslovaquia, Luxemburgo, Lituania, Eslovenia, Bosnia y Herzegovina, Croacia, Letonia, Chipre, Malta, Kosovo, Islandia, Liechtenstein, Montenegro, Turquía, Albania |
| <b>Total: 34 países</b>   | <b>Total: 38 países</b>   |

Uno de los puntos fundamentales para garantizar un buen funcionamiento de un SIGRSMV es la trazabilidad de las materias primas de modo que se pueda garantizar precisión entre las materias primas contabilizadas físicamente con las cantidades reflejadas en dichos sistema, por ello, en la implementación es necesario pesar los vehículos cada vez que ingresen a los vertederos o a las estaciones de transferencia, teniendo cuidado en considerar los pesos de los ocupantes del camión y otros pesos diferentes a los de los residuos (Scheinberg et al., 2010). Además, el seguimiento de los traslados transfronterizos de materiales peligrosos es obligatorio según el convenio de Basilea (Scheinberg et al., 2010).

En las operaciones de pesaje pueden presentarse problemas como el pesaje doble, ya que generalmente los residuos se pesan al ingreso de las instalaciones de procesamiento de los RSM, como se muestra en la Figura 4, pero cuando estos se vuelven a pesar a la salida de la planta de procesamiento, existe el riesgo de que dichas salidas se contabilicen como nuevos residuos, lo cual incluso dificulta realizar una trazabilidad de los residuos desde su origen hasta su destino final, es importante que en los países en vías de desarrollo se incorporen sistemas de notificación interrelacionados que vayan más allá de las cantidades de generación de RSM y cuyos datos sean confiables (Scheinberg et al., 2010). Para ello en los países de (ALC), se podría aplicar un sistema de seguimiento a la trazabilidad por lotes. Para ello es necesario un arduo trabajo de campo para que en el sistema de notificación se logre incluir a los actores y los recursos de cada ciudad (Scheinberg et al., 2010).



Figura 4. Pesaje de los camiones recolectores de RSM al ingreso del vertedero (Scheinberg et al., 2010)

La inversión en sistemas de notificación por balanzas tiene su retorno a través de los ahorros en costos de operaciones, por ejemplo, citando el ejemplo de la UE el año 2014 produjo 10.244.437.215 t de residuos según el informe de Eurostat (Eurostat, 2014), si se desea bajar apenas un 1% del material depositado en los vertederos eso representa 102444372,2 t que dejan de ser recolectadas, si establecemos el precio promedio de recolectar una tonelada de residuos en \$30 como en el caso de Ecuador (OPS, 2010), entonces reducir el 1% de residuos dispuestos en vertederos representaría un ahorro en costos de recolección de \$3.073.331.164,50 con lo cual se podría financiar la inversión en un sistema SIGRSMV que ayude en la toma de decisiones para conseguir estas reducciones en residuos dispuestos en vertederos.

### **2.3 Planeación estratégica en la gestión de los RSM en países en vías de desarrollo**

El Banco Mundial cuenta con un Modelo de Planificación Estratégica para la Gestión de los Residuos Municipales (MPEGRM) orientado hacia la gestión flexible y sostenible de los RSM (World Bank, 2017), como se muestra en la Figura 5. En dicho modelo los aspectos de mayor relevancia son: la planeación de un sistema de pesaje y la medición acorde con la sociedad internacional de pesaje y medición (ISWM) (ISWM, 2017). Dicho modelo de planificación también está acorde con el departamento de desarrollo internacional (DFID) y sus respectivos programas de investigación, los cuales merecen una especial atención porque han sido conceptualizados en búsqueda de la eliminación de la pobreza mundial desde varios enfoques.

En las fases iniciales de la implementación del MPEGRM se ayudó a varias municipalidades a crear sus planes estratégicos y se crearon plantillas, guías e información útil que puede ser de ayuda a otros municipios que deseen implementar una planificación estratégica para la gestión de sus residuos. Este aspecto podría ser implementado en los países en vías de desarrollo.





Figura 5. Modelo para la planificación estratégica de la gestión de los residuos municipales (World Bank, 2017).

## 2.4 Estrategias para reducir los costos operativos en la recolección de RSM

Entre las estrategias para la reducción de los costos operativos de recolección de RSM en países en vías de desarrollo tenemos la reducción de las distancias totales recorridas por los vehículos de la flota vehicular; la optimización de los tiempos de los camiones; la administración del recurso humano y la fuerza de trabajo; la reducción de tiempos de carga de los camiones; la comparación financiera entre distintos sistemas de recolección; mejoras en reciclaje y tratamiento de residuos como la aplicación de logística inversa y verde; mejoras en la disposición final de los RSM; y mejoras en las instituciones encargadas de los RSM, como se resume en la Figura 6 (HUNABITAT, 2010), (Schmidt et al., 2016), (Chari et al., 2016).

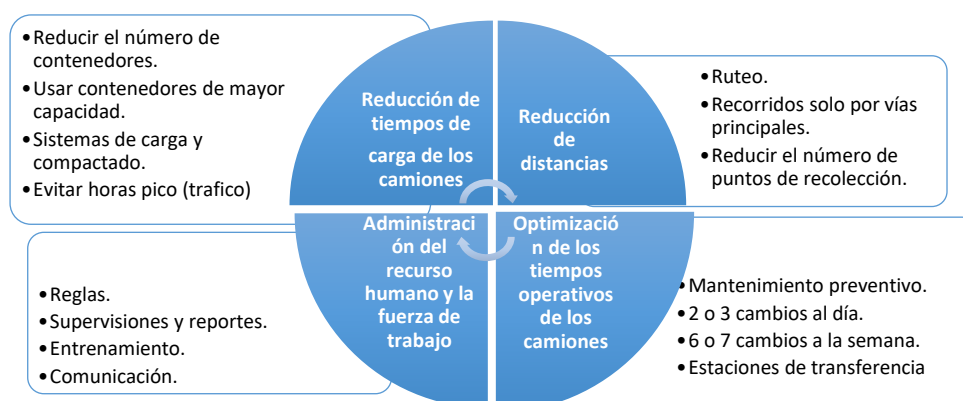


Figura 6. Estrategias para reducir costos en operaciones de recolección de RSM (Schmidt et al., 2016).



## 2.5 Generación de RSM en países en vías de desarrollo

La estimación de las cantidades de RSM generadas puede realizarse por muestreo en determinados puntos de una población, o pesando cada uno de los camiones llenos de RSM que ingresan a los vertederos. Sin embargo, la segunda opción ofrece mayor confiabilidad en los datos obtenidos, por ejemplo, en un estudio de Producción Per Cápita (PPC) realizado el año 2010 (Scheinberg et al., 2010) podemos notar que la PPC anual en Managua - Nicaragua estimando por muestreo es de 1,1 kg diarios, mientras que dicho valor en San Francisco - Estados Unidos pesando cada uno de los camiones llenos que ingresan a los vertederos es de 1,7 kg diarios, como se puede observar en la Tabla 2.

Tabla 2 Generación de RSM en ciudades en varias ciudades, año 2010 (Scheinberg et al., 2010)

| Ciudad, País                    | ¿Posee SIGRSMV y pesa sus RSM? | Miembro OCDE | Miembro Eurostat | Número de habitantes | PPC-kg anuales | PPC -kg diarios |
|---------------------------------|--------------------------------|--------------|------------------|----------------------|----------------|-----------------|
| Adelaide, Australia             | sí                             | x            |                  | 1089728              | 490            | 1,3             |
| Bamako, Mali                    |                                |              |                  | 1809106              | 256            | 0,7             |
| Belo Horizonte, Brasil          |                                |              |                  | 2452617              | 529            | 1,4             |
| Bengaluru, India                |                                |              |                  | 7800000              | 269            | 0,7             |
| Canete, Perú                    |                                |              |                  | 48892                | 246            | 0,7             |
| Curepipe, República de Mauricio |                                |              |                  | 83750                | 284            | 0,8             |
| Delhi, India                    |                                |              |                  | 13850507             | 184            | 0,5             |
| Dhaka, Bangladesh               |                                |              |                  | 7000000              | 167            | 0,5             |
| Ghorahi, Nepal                  |                                |              |                  | 59156                | 167            | 0,5             |
| Kunming, China                  |                                |              |                  | 3500000              | 286            | 0,8             |
| Lusaka, Zambia                  |                                |              |                  | 1500000              | 201            | 0,6             |
| Managua, Nicaragua              |                                |              |                  | 1002882              | 420            | 1,1             |
| Moshi, Tanzania                 |                                |              |                  | 183520               | 338            | 0,9             |
| Nairobi, Kenia                  |                                |              |                  | 4000000              | 219            | 0,6             |
| Quezon City, Filipinas          |                                |              |                  | 2861091              | 257            | 0,7             |
| Rotterdam, Países Bajos         | sí                             |              | x                | 582949               | 528            | 1,4             |
| San Francisco, Estados Unidos   | sí                             | x            |                  | 835364               | 609            | 1,7             |
| Sousse, Túnez                   |                                |              |                  | 173047               | 394            | 1,1             |
| Tompkins County, Estados Unidos | sí                             | x            |                  | 101136               | 577            | 1,6             |
| Varna, Bulgaria                 | sí                             |              | x                | 313983               | 435            | 1,2             |
| <b>PROMEDIO</b>                 |                                |              |                  | <b>2462386,4</b>     | <b>342,8</b>   | <b>0,9</b>      |
| <b>MEDIANA</b>                  |                                |              |                  | <b>1046305,0</b>     | <b>285,0</b>   | <b>0,8</b>      |

Un estudio levantado en el año 2010 en las principales ciudades de ALC muestra una correlación débil directa entre el Número de habitantes y la PPC en dichas ciudades, por lo tanto, resulta impreciso afirmar que en las principales ciudades de ALC entre más aumente el número de habitantes también aumenta su PPC, como se muestra en las Figuras 7 y 8. Para contar con análisis similares actualizado es necesario contar con el acceso a la información sobre generación de residuos en tiempo real e incluso en la web, para ello como se mencionó anteriormente, se podría implementar un SIGRSMV.

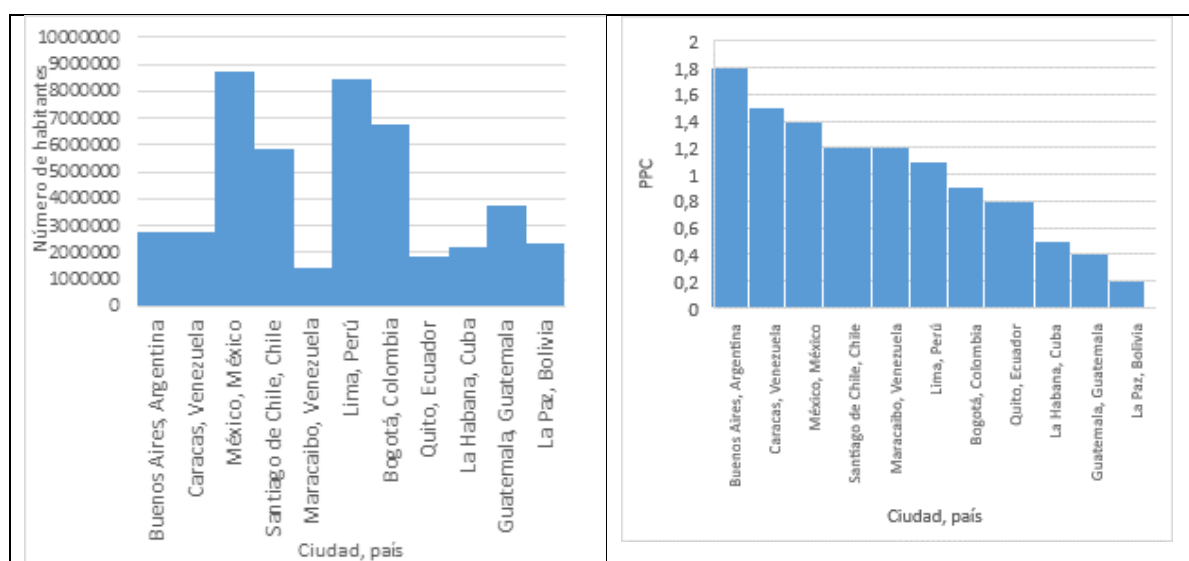


Figura 7. Generación de RSM en las principales ciudades de ALC en el año 2010

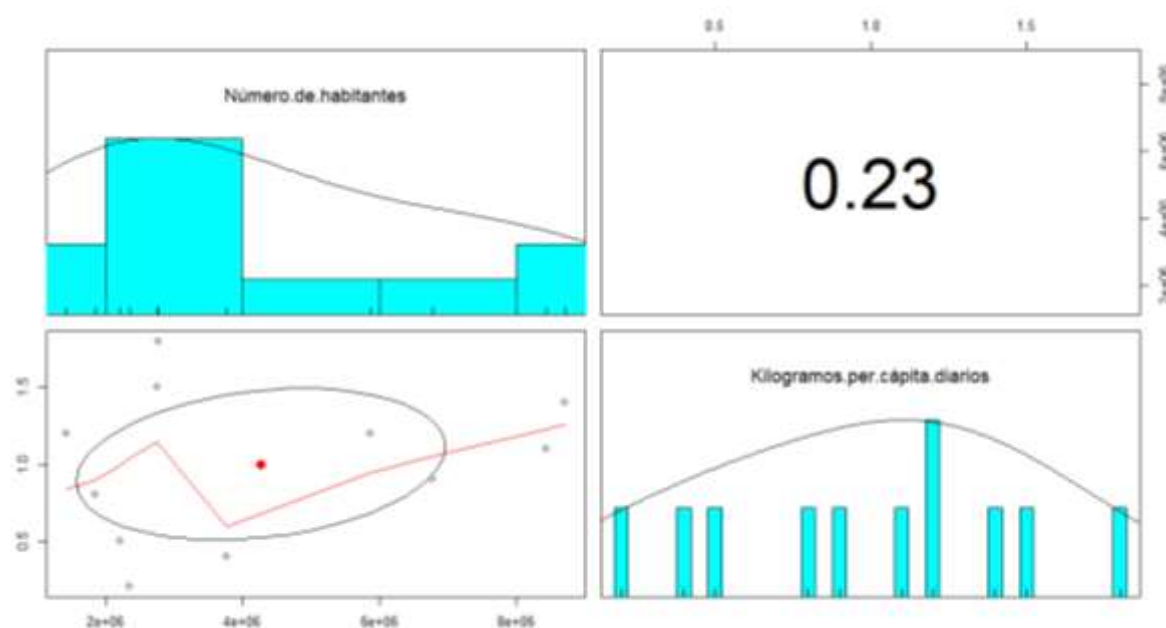


Figura 8: matriz de dispersión, histograma y correlación de la generación de RSM en ALC, año 2010

En la mayor cantidad de ciudades de ALC podemos notar que las PPC son mayores que en otras ciudades del mundo, sin embargo, su cantidad de habitantes no son mayores que en otras ciudades del mundo, por ejemplo, si comparamos el desempeño del año 2010 en las ciudades Santiago de Chile, Lima y Quito con el desempeño de Delhi podemos notar que aún existen posibilidades de mejora, como se observa en la Figura 9. También se puede notar que dicha PPC reportada tiene tendencia alcista, lo cual es preocupante para el ambiente.

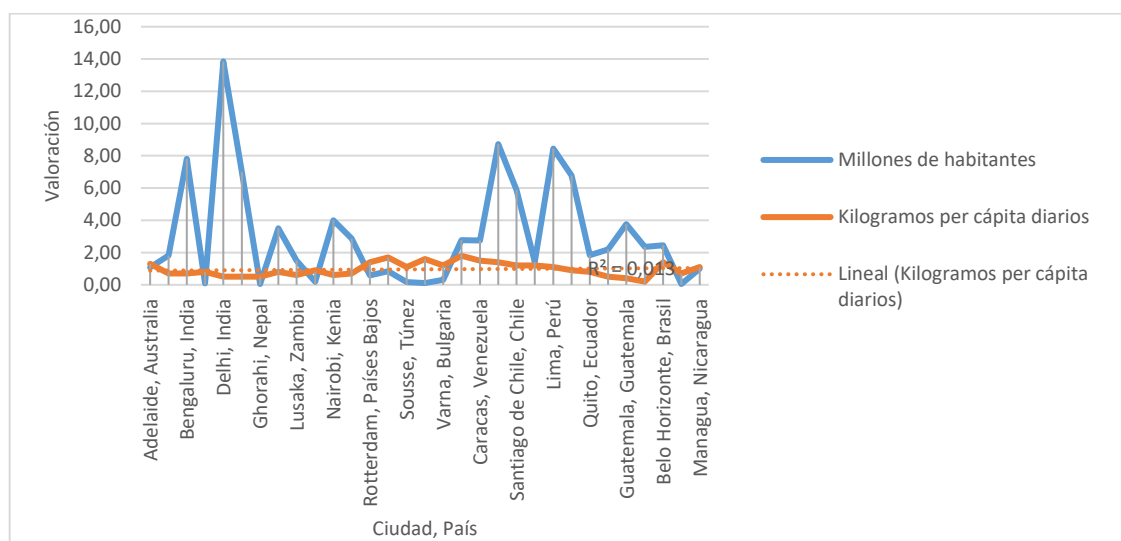


Figura 9. Generación de RSM en ALC y en otras ciudades año 2010, elaboración propia

## 2.6 Estudios de caracterización de RSM

Los estudios de caracterización realizados anteriormente en países de ALC no garantizan precisión ya que como se mencionó anteriormente, en los estudios de caracterización realizados de forma manual se depende de la perspectiva del técnico que realice el análisis dando cabida a la existencia de una incertidumbre en los resultados obtenidos (La Nación, 2013), por ello en muchos países desarrollados, se han aplicado diversas tecnologías para la clasificación y sus posteriores estudios de caracterización de los residuos mediante el uso de plantas automáticas de clasificación y tratamiento de residuos (SUSTENTA, 2015), además, actualmente se cuenta con diversas tecnologías específicas para el tratamiento de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos que mitigan el impacto ambiental (Gómez et al., 2015). Sin embargo, para la aplicación de las mencionadas tecnologías en países en vías de desarrollo, aparte de realizar estudios de costo y beneficio, también será necesario considerar el impacto ambiental y el impacto sobre la generación de empleos y fuentes de trabajo hacia los pobladores, para la adecuada toma de decisiones. Pese a lo anteriormente expuesto, los estudios de caracterización, nos permiten comparar la situación entre dichos países como se muestra en la Tabla 3, además se puede notar que en ALC los residuos de mayor generación excluyendo los materiales orgánicos son el cartón,

papel y los plásticos. Sobre estos materiales deberían montarse los nuevos proyectos de mejora en reciclaje y en logística inversa.

Tabla 3. Caracterización de RSM en los principales países de ALC (Sáez, 2014)

| País/Ciudad          | cartón y papel | meta l | vidrio | textiles | plásticos | orgánicos y putrescibles | Otros inertes | Año  |
|----------------------|----------------|--------|--------|----------|-----------|--------------------------|---------------|------|
| República Dominicana | 8              |        |        |          | 9         | 75                       |               | 2011 |
| Barbados             | 20             |        |        |          | 9         | 59                       | 12            | 2005 |
| Belice               | 5              | 5      | 5      |          | 5         | 60                       | 20            | 2005 |
| Costo Rica           | 20,7           | 2,1    | 2,3    | 4,1      | 17,7      | 49,8                     | 3,3           | 2005 |
| Perú                 | 7,5            | 2,3    | 3,4    | 1,5      | 4,3       | 54,5                     | 25,9          | 2005 |
| Caracas (ciudad)     | 22,3           | 2,9    | 4,5    | 4,1      | 11,7      | 41,3                     | 11,2          | 2005 |
| Asunción             | 10,2           | 1,3    | 3,5    | 1,2      | 4,2       | 58,2                     | 19,9          | 2005 |
| Ecuador              | 9,6            | 0,7    | 3,7    |          | 4,5       | 71,4                     |               | 2005 |
| Guatemala            | 13,9           | 1,8    | 3,2    | 0,9      | 8,1       | 63,3                     | 8,8           | 2005 |
| México               | 20,9           | 3,1    | 7,6    | 4,5      | 8,4       | 44                       | 11,5          | 2005 |

## 2.7 Redes del sistema de recolección

A nivel mundial se ha comprobado que la utilización de estaciones de transferencia, así como también la implementación de otras técnicas de gestión de las redes de recolección como el macro y micro-ruteo minimizan las distancias totales recorridas por la flota de camiones recolectores, principalmente en ciudades con más de un millón de habitantes, (Sakurai, 1980), (Sáez, 2014), (SEDESOL, 2000), (Betanzo et al., 2016). Las combinaciones de dichas metodologías han demostrado exitosamente optimizaciones en la red de recolección de RSM, como se muestra en la Figura 10.

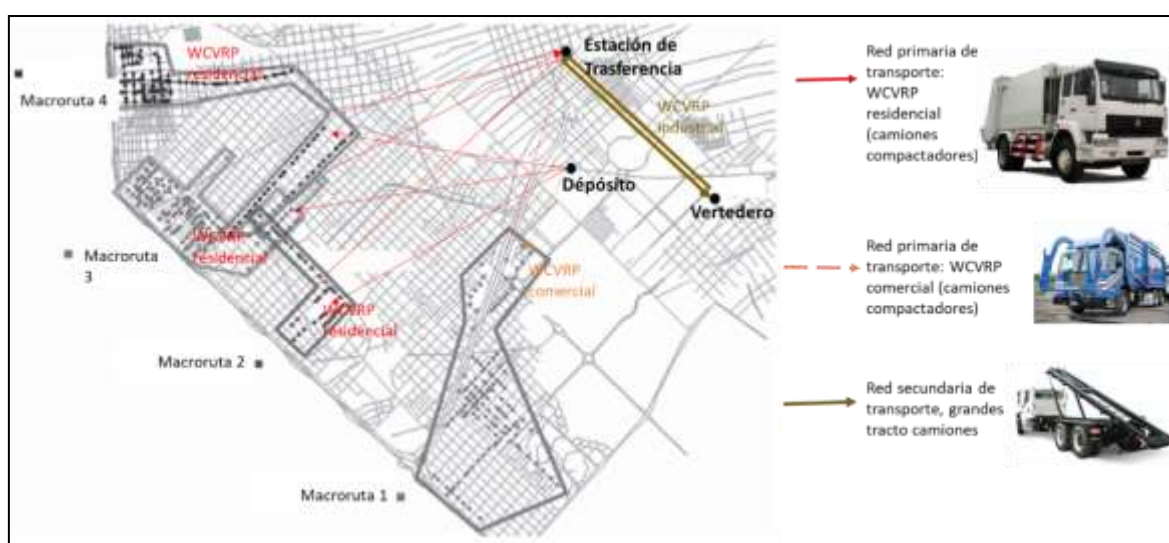


Figura 10. concepto de configuración óptima de la red de recolección de RSM, elaboración propia

### 2.7.1. Micro y macro-ruteo en el sistema de recolección

The diagram shows a 3x3 grid of streets. The vertical axis is labeled with 'Calle I' at the top, 'Calle II', 'Calle III', and 'Calle IV' at the bottom. A vertical double-headed arrow on the left indicates a distance of '300 m' between Calle I and Calle IV. The horizontal axis is labeled with 'Calle V', 'Calle VI', 'Calle VII', and 'Calle VIII' from left to right. A horizontal double-headed arrow at the bottom indicates a distance of '300 m' between Calle V and Calle VIII. Each of the nine intersections contains a square with arrows indicating a specific traffic flow pattern. Dashed lines are present on the right side of the grid, specifically between Calle II and Calle III, and between Calle VI and Calle VII.

## 2.8 Financiamiento de los sistemas de recolección de RSM

<http://www.eumed.net/rev/delos/32/index.html>

dependen del presupuesto que cada gobierno les asigne (CEPIS, 1998) o directamente provienen de ingresos tributarios municipales (CEPIS, 1998), en contraste con países desarrollados como Estados Unidos en el cual, dichas operaciones pueden estar delegadas hacia empresas privadas que buscan constantemente generar ganancias y sustentabilidad en sus operaciones (Sahoo et al., 2005), todo ello nos sugieren que en ALC aún es necesario evaluar la posibilidad de un cambio de enfoque administrativo en cuanto a las instituciones encargadas de la gestión de los RSM y de su orientación hacia los resultados.

## 2.9 Comparaciones financieras entre distintos sistemas de recolección

La comparación de los costos en el manejo de los residuos entre distintos países o municipalidades es clave para la planificación y para orientar la mejora en la gestión, lo cual constituye una herramienta cuantitativa que ayuda a comprender la situación actual de cada ciudad (Wilson et al., 2015), como se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4. Costos para el manejo de residuos en algunos países de ALC (OPS, 2010)

| País        | Barrido (\$/km) | Recolección (\$/t) | Transferencia (\$/t) | Disposición final (\$/t) |
|-------------|-----------------|--------------------|----------------------|--------------------------|
| Argentina   | 38,93           | 54,02              | 15,09                | 17,63                    |
| Bolivia     | 5,25            | 15,27              | -                    | 7,89                     |
| Brasil      | 28,05           | 42,46              | -                    | 31,48                    |
| Chile       | 31,68           | 23,34              | 4,63                 | 11,43                    |
| Colombia    | 9,41            | 34,12              | -                    | 23,31                    |
| Costa Rica  | -               | 22,65              | -                    | 18,81                    |
| Ecuador     | -               | 30,05              | -                    | 5,61                     |
| El Salvador | -               | 30,42              | -                    | 21,02                    |
| Guatemala   | 9,94            | 10,84              | -                    | -                        |
| Honduras    | 6,62            | 20,81              | -                    | 8,16                     |
| México      | -               | 26,39              | -                    | 10,56                    |
| Paraguay    | 4,92            | 6,59               | -                    | 5,88                     |
| Perú        | 26,35           | 15,02              | -                    | 5,98                     |
| Uruguay     | 16,73           | 47,85              | -                    | 9,19                     |

## 2.10 Estructuras gubernamentales y legales

En los países de Sudamérica es posible evidenciar que hasta el año 1998 en cada país existía por lo menos uno de los instrumentos legales para la gestión de los RSM (CEPIS, 1998). Lo cual es impensable para el funcionamiento del sistema de recolección, como se muestra en la Figura 12.

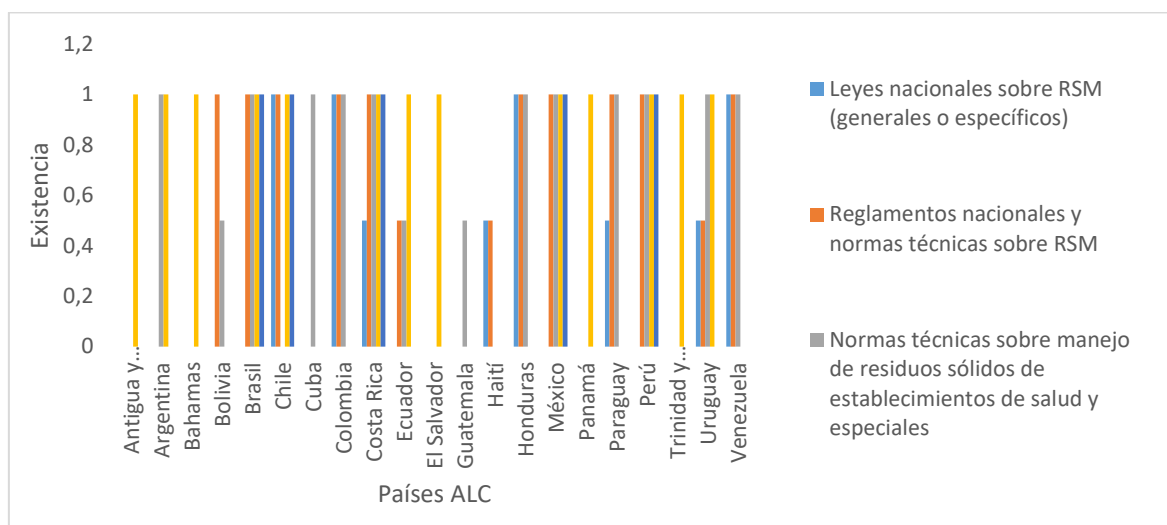


Figura 12. Instrumentos legales en países de ALC en el año 1998 ; 1=establecido, 2= en preparación (CEPIS, 1998).

En Ecuador hasta el año 1998 no se contaba con todos los instrumentos legales para la gestión de los RSM (CEPIS, 1998), sin embargo en la actualidad diferentes normativas vanguardistas orientadas hacia el buen vivir de las personas y del medio ambiente, de modo que se alcance con el objetivo de “contribuir con el medio ambiente y garantizar el derecho de los pobladores a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado”, contemplado dentro del plan nacional del buen vivir (PNBV) (SENPLADES, 2013). Entre las mencionadas normativas destacan el texto unificado de la legislación secundaria del ministerio del ambiente (TULSMA), libro VI, anexo 6 creada en año 2002 (MAE, 2017), y el Programa Nacional para la Gestión Integral de Desechos Sólidos (PNGIDS) (MAE, 2010). Como se muestra en la Figura 13.

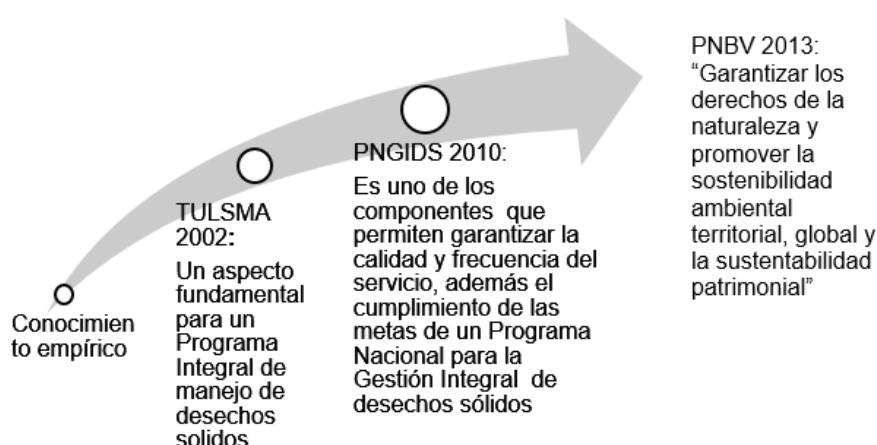


Figura 13. Normativas ambientales ecuatorianas sobre el manejo de RSM.



## 2.11 Administración de la fuerza de trabajo

La adecuada administración del capital humano es de suma importancia para hacer eficiente a un sistema de recolección, para ello se pueden utilizar herramientas administrativas sobre las operaciones de recolección como reglamentaciones, técnicas de supervisión, reportes, entrenamiento, capacitación, comunicación y coaching.

## 2.12 Riesgos en operaciones de recolección

Las operaciones de recolección de RSM implican riesgos potenciales a las personas que las ejecutan, por ello, estos deben ser cuantificados para poderlos minimizar (UNIVALLE, 2016). En la ciudad de Ibarra se realizó un estudio inicial para valorar los riesgos en las operaciones de recolección, para lo cual se analizó las actividades ejecutadas por cinco operarios recolectando RSM en camiones compactadores. Dicho análisis se basó en la metodología propuesta por Puente et al en el año 2001 (Puente, 2001). Mediante el cual fue posible notar en mayor medida la presencia de Riesgos eléctricos, falta de iluminación y ventilación en los operarios de las cuadrillas de recolección, riesgos debido al contacto con herramientas corto punzantes, inminente riesgo de caídas y puntos de ignición, riesgos biológicos, riesgos ergonómicos debidos a malas posturas y riesgos psicosociales debidos al trabajo a presión y la minuciosidad que requieren las tareas. Para mayor un detalle ver la Figura 14.

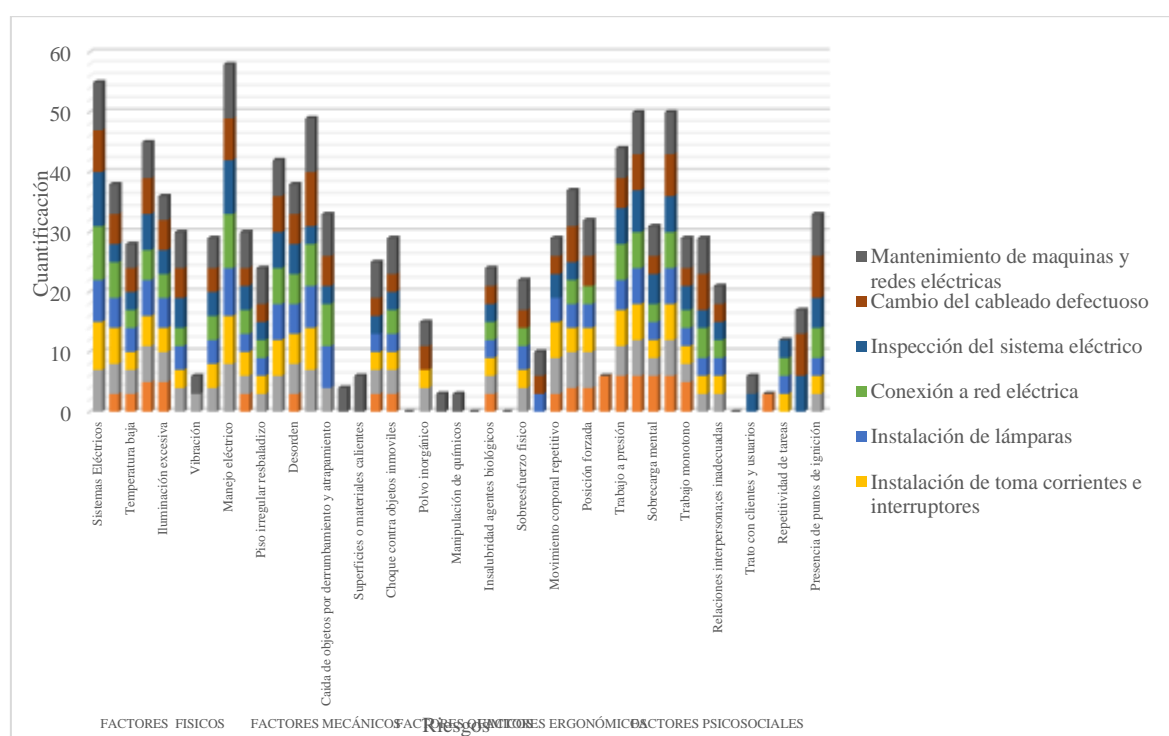


Figura 14. Valoración de riesgos en operaciones de recolección de RSM en la ciudad de Ibarra

### **2.13 Impacto ambiental en operaciones de recolección**

Para garantizar un desarrollo sostenible (SENPLADES, 2013), es importante cuantificar el Impacto Ambiental ocasionado en operaciones de recolección de RSM a través de un Estudio del Impacto ambiental (EIA) que permita prevenir y corregir los efectos adversos sobre el ambiente. Las operaciones de recolección de RSM implican posible contaminación ambiental sobre agua, atmósfera, suelo, y contaminación por ruido, como se muestra en la Figura 15. Además de afectar negativamente sobre aspectos estéticos del ambiente como por ejemplo contaminación del aire, de la biota existente y de aspectos de interés humano como valores educacionales, históricos y culturales. Por ello el método Batelle-Columbus (Conesa, 1993) podría ser implementado para efectuar un EIA ya que es cuantitativo y permite la comparación ponderada entre variables. Además, dicho método cuenta con gran aceptación a nivel de ALC.



Figura 15. Operaciones de recolección de RSM en la ciudad de Ibarra

### **2.14 Reciclaje y tratamiento de los RSM**

A nivel mundial se han aplicado diferentes metodologías y buenas prácticas para incentivar y mejorar el tratamiento de los RSM, como, por ejemplo: categorización de los residuos en la fuente de generación (Matsumoto, 2011), (Kist et al., 2016), implementación de talleres y foros de reciclaje (Gutberlet, 2015), compostaje doméstico (Bartelings et al., 1999), (Bradshaw & Ozores, 2002), cooperativismo en los entes recicladores (Gutberlet, 2015), (Medina, 2005), (King & Gutberlet, 2013), apertura de nuevos mercados para otros materiales de recolección (Gutberlet, 2015) (Liu et al., 2015), (Matsumoto, 2011), uso de internet e Internet de las cosas (IoT) y de las Nuevas Tecnologías de la Información y de la Comunicación (NTICS) en el reciclaje (Wang et al., 2018), elaboración de productos elaborados con materiales reciclados (Liu et al., 2015).

En el contexto local el reciclaje constituye una propuesta real para mejorar el aprovechamiento de los recursos, la limpieza del entorno y la generación de ingresos en diversos grupos vulnerables de la sociedad, especialmente en la ciudad de Ibarra-Ecuador, siendo los materiales mayormente colectados el hierro, acero, el cartón corrugado y el plástico PET. Lo cual fue determinado mediante un estudio sobre el reciclaje realizado en dicha ciudad (Herrera, 2017).

Para el mencionado estudio se tomó una muestra de 89 recicladores de una población total de 220 registrados, asumiendo un margen de error de hasta un 10% y un nivel de confianza de un 95%. Los principales resultados del mencionado estudio se muestran en la Figura 16.

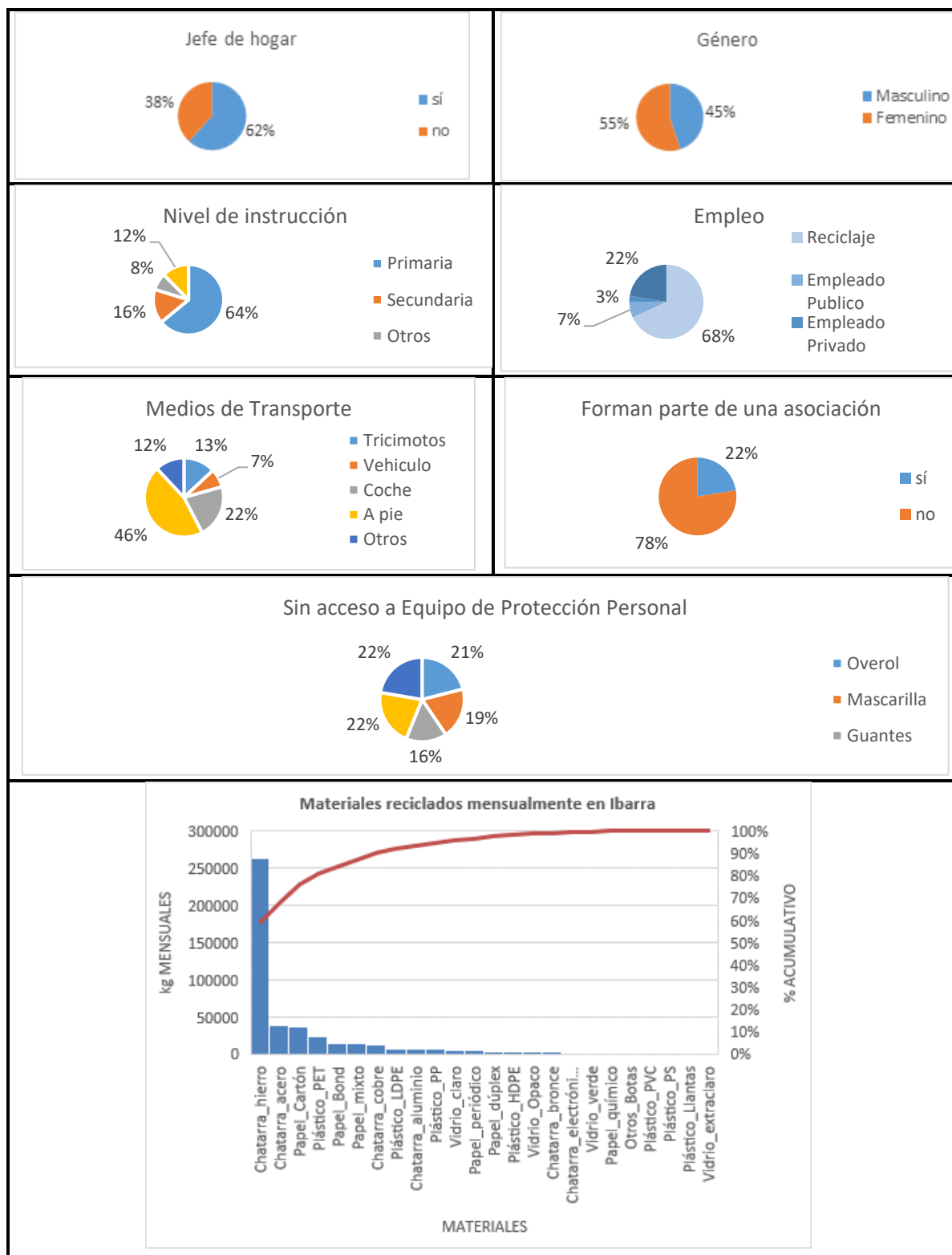


Figura 16. Caracterización de los recicladores de la ciudad de Ibarra

En dicho estudio se pudo evidenciar y comprobar la existencia de inadecuadas condiciones laborales en los recicladores, desatinada forma de almacenamiento de los residuos recolectados, presencia de trabajo infantil dentro de la recolección de desechos sólidos, gran cantidad de recicladores dentro y fuera de la ciudad de Ibarra, e impacto visual negativo hacia el medio ambiente.

En cuanto a aspectos de seguridad y salud ocupacional, se pudieron notar deficiencias en el uso y acceso a Equipos de Protección Personal (EPP). Los resultados sobre la asociatividad de los recicladores son inquietantes ya que se pudo notar que la mayor parte de recicladores no están asociados, por lo tanto, no se están aprovechando los beneficios que podrían gozar los recicladores al trabajar bajo asociatividad.

A partir del estudio realizado también fue posible definir los grupos de materiales recolectados para comercialización en la ciudad de Ibarra como se muestra en la Figura 17. Sin embargo, también fue posible notar que hay otros materiales que se generan en menores cantidades, pero a nivel local no existe un mercado que los comercialice como es el caso de los residuos para la agricultura, el caucho excluyendo las botas de caucho, la chatarra electrónica, el cuero, la madera, los textiles.

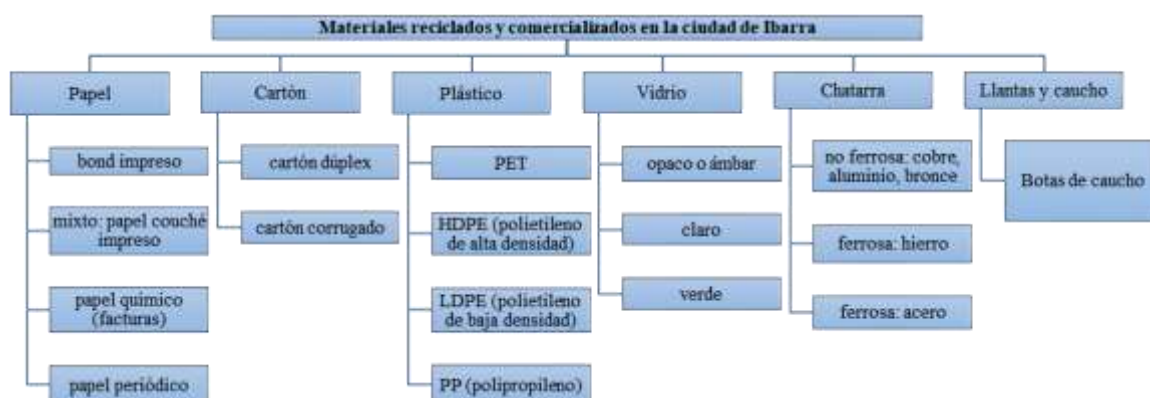


Figura 17. Materiales reciclados y comercializados en la ciudad de Ibarra

Localmente, el mercado de la chatarra, se pudo notar que una fuerte presencia de la chatarra ferrosa la cual se encuentra bastante normada ya que se comercializa directamente en varias empresas siderúrgicas nacionales. Por el contrario, la chatarra no ferrosa es aún un campo que no ha sido suficientemente explotado bajo estándares internacionales como lo recomienda el Instituto de Reciclaje de Chatarra (ISRI) (ISRI, 2018), es decir clasificando los la chatarra no ferrosa de color blanco, rojo amarillo y otros colores, lo cual daría apertura a nuevos mercados a nivel global en los cuales se podría comercializar dichos materiales, como se muestra en la Tabla 6; sin embargo para tal objetivo se deberán considerar la presencia de factores de riesgo adicionales como exposición a radiactividad, y explosiones.

Tabla 6. Características de chatarra no ferrosa según ISRI (ISRI, 2018)

| Especificación  | Blancos  | Rojo/Amarillo (más valiosos)   | Otros colores (residuos no aprovechables) |
|---|--|--|---|
| Tipos de materiales:                                    | Aluminio<br>Metal fundido a alta presión (Die Cast)<br>Metal inoxidable (Inox)<br>Plomo<br>Aluminio fundido (Cast Aluminium) | Cobre<br>Bronce<br>Latón (Brass)<br>Conductores de cobre con recubrimiento | Plástico<br>Caucho<br>Tierra              |
| % Estimado de presencia en lote de chatarra no ferrosa* | 70   | 25   | 5   |

Nota: \* ISRI Estima un rendimiento de +/- 90% en metales Blancos y Rojo/Amarillos, en un lote de inspección de 1m<sup>3</sup>

## 2.15 Reaprovechamiento del papel

En este aspecto es importante la colaboración entre las instituciones públicas y privadas para poder establecer y poner en funcionamiento una red de flujo de materiales que permita el reaprovechamiento completo del papel, en donde las actividades de reciclaje y de logística inversa contribuyen a cerrar el ciclo y hacerlo sustentable, como se muestra en la Figura18.

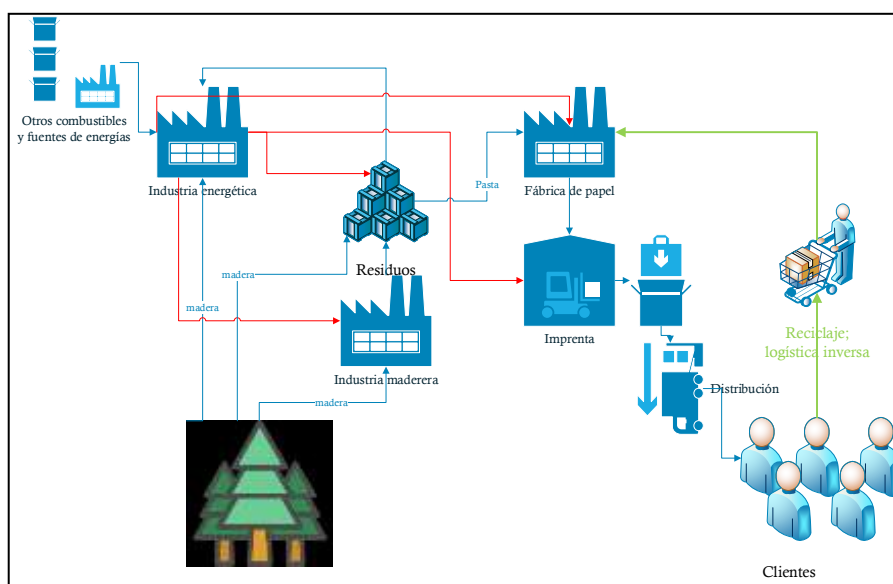


Figura 18. Ciclo de vida del papel (Coakley et al., 2010)

## 2.16 Disposición de los RSM

Es indispensable que los vertederos incorporen metodologías que aislen los residuos dispuestos para que estos no sean fuentes de contaminación de agua, atmósfera o suelo; sobre todo ante la existencia de residuos peligrosos se debe tener en cuenta la correcta selección de la maquinaria y equipamiento para las operaciones en el vertedero (HUNABITAT, 2010), (Conesa, 1993).

### 2.17 Gestión y selección de los vehículos.

El uso de camiones de mayor eficiencia en cuanto a capacidades de recolección, compactación, consumo de combustible y emisiones ambientales optimizan las operaciones de recolección, los costos, así como tiempos operativos en carga y descarga de RSM. En este apartado también se debe tomar en cuenta el impacto visual producido por el camión recolector durante las operaciones de recolección. En la ciudad de Ibarra se pudo observar que existen factores como el impacto visual y la emisión de gases al ambiente, lo cuales no han sido considerados en la selección de la flota vehicular destinada a realizar operaciones de recolección de RSM, y que pueden ser mejorados, como se muestra en la Figura 19.



Figura 19. Camiones recolectores con caja compactadora

### 2.18 Mantenimiento del equipo de recolección

Mediante la planificación del mantenimiento de los camiones recolectores se debe minimizar al máximo las averías ya que estas producen paradas y desaprovisionamiento del servicio de recolección, para una correcta ejecución del mantenimiento se necesita una sincronía entre las personas que realicen el mantenimiento, el entorno del servicio y las maquinarias (Mobley & Wikoff, 2008).

## CONCLUSIONES

1. En el presente trabajo se expusieron las diferentes metodologías documentadas a nivel mundial para mejorar el sistema de recolección de RSM abarcando herramientas informáticas para registrar el flujo de materiales, por otro lado están los estudios de caracterización y generación, los análisis de costos operativos, diversas metodologías para reducir costos en las rutas de recolección, herramientas para dirección estratégica del sistema de recolección de RSM, instrumentos legales disponibles en torno a la temática de la recolección de RSM, metodologías para medir la higiene y seguridad en operaciones implicadas y el impacto ambiental ocasionado en ellas, se analizaron

herramientas administrativas para el capital humano, por el lado de los equipos vehiculares se trató sobre su adecuada selección y mantenimiento, así como también se abordó cuantitativamente el tema del reciclaje por medio de un estudio local. En cada aspecto se compara las orientaciones internacionales con el ámbito local, lo cual nos llevó a determinar que Ecuador se encuentra muy rezagado si lo comparamos a nivel mundial.

2. Se pudo notar que, aunque actualmente se cuenta con aspectos legales y el PNBV, la mayoría de las metodologías mencionadas se han comenzado a aplicar o ya se ha comenzado a considerar su aplicación solo en las principales ciudades del país, sin embargo, existe limitación en asignación de recursos por parte del gobierno para implementarlas en todas las ciudades del país. Por lo tanto, será importante reflexionar sobre los beneficios de dichas implementaciones a nivel nacional, en los que se prime los beneficios de invertir en dichas metodologías tanto para la comunidad como para el medio ambiente.
3. Las operaciones de recolección de RSM en la ciudad de Ibarra presentan potenciales riesgos eléctricos, falta de iluminación y ventilación, riesgos por contacto con herramientas corto punzantes, riesgos de caídas y puntos de ignición, riesgos biológicos, riesgos ergonómicos y riesgos psicosociales debidos al trabajo a presión, por ello será importante asignar recursos como Equipos de Protección Personal y equipamiento especializado. Lo cual contribuirá a minimizar dichos riesgos, incrementar la eficiencia y disponibilidad en las operaciones de recolección de RSM e inclusive se contribuiría en hacer dichas operaciones más sustentables y reducir sus costos a largo plazo.
4. El estudio del reciclaje en la ciudad de Ibarra permitió determinar que las personas que laboran en actividades de reciclaje pertenecen a grupos vulnerables de la sociedad que requieren de apoyo por parte de instituciones gubernamentales y que trabajan informalmente para empresas sólidamente constituidas que comercializan los materiales reciclados en el mercado nacional.
5. A nivel local fue posible evidenciar la existencia de actividades de reciclaje lo cual contribuye a la disminución de la contaminación ambiental por residuos sólidos, particularmente en materiales que pueden ser comercializados y pueden generar réditos, sin embargo aún existen materiales que se generan pero que no son reciclados como los residuos para la agricultura, el caucho excluyendo las botas de caucho, la chatarra electrónica, el cuero, la madera, los textiles y la chatarra no ferrosa bajo estándares ISRI, es por ello que será importante crear proyectos en los cuales se vinculen instituciones gubernamentales, particulares, educativas y la sociedad en general para poder garantizar el adecuado manejo de dichos materiales con actividades de reciclaje que no generen impacto adverso al ambiente. Ya que su manejo adecuado, aunque no genere mayores réditos monetarios contribuye a la sustentabilidad del medio ambiente. Adicionalmente se pudo observar una carencia de un adecuado EIA sobre las operaciones de recolección de



RSM en la ciudad de Ibarra lo cual dificulta establecer una referencia cuantitativa de la situación actual y una posible comparación a nivel global.

## **RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS**

1. A través del presente trabajo fue posible detectar falencias en el sistema de recolección de RSM, las cuales fueron expuestas. Sin embargo, es necesario recomendar también la realización de estudios relacionados en el entorno local como por ejemplo un estudio de Impacto Ambiental EIA, lo cual contribuirá a profundizar en el estudio de la problemática abordada.
2. Se sugiere a las instituciones gubernamentales fomentar la formación de asociaciones de recicladores a las cuales se les brindaría capacitaciones a través de foros con el apoyo de las instituciones educativas superiores y también se les debe brindar el acceso a préstamos para que dichas asociaciones comercialicen directamente los materiales reciclados en el mercado nacional o cual aumentaría su nivel de ingresos, adicionalmente se podría trabajar conjuntamente para que dichas asociaciones extiendan sus servicios hacia los materiales que aún no están siendo reciclados, lo cual beneficiaría al ambiente y a la comunidad.
3. Se recomienda implementar en la ciudad de Ibarra un plan de mantenimiento preventivo y correctivo en las unidades de la flota vehicular destinadas para operaciones de recolección de RSM, específicamente se evidenció falta de planes de mantenimiento, bitácoras de mantenimiento, fichas técnicas, y desgaste desbalanceado en las unidades vehiculares debido a la mala planificación de rutas y cuadrillas de recolección, Para ello será importante apoyar a proyectos con instituciones locales dedicadas a la investigación y optimización de operaciones en transporte.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- Agrawal, S., Singh, R. K., & Murtaza, Q. (2015). A literature review and perspectives in reverse logistics. *Resources, Conservation and Recycling*, 97, 76–92.  
<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2015.02.009>
- Ahsan, A., Ismail, N., Rahman, M. M., Imteaz, M., Rahman, A., Mohammad, N., & Salleh, M. A. M. (2013). Municipal solid waste recycling in Malaysia: Present scenario and future prospects. *Fresenius Environmental Bulletin*, 22(12 A), 3654–3664.
- Bartelings, Heleen, & Sterner. (1999). Household Waste Management in a Swedish Municipality: Determinants of. *Thomas Environmental and Resource Economics Jun*, 13(4), 473–491.  
<https://doi.org/10.1023/A:1008214417099>

- Betanzo, E., Torres, M., Romero, J., & Obregón, S. (2016). Evaluación De Rutas De Recolección De Residuos Sólidos Urbanos Con Apoyo De Dispositivos De Rastreo Satelital: Análisis E Implicaciones. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 32(3), 323–337. <https://doi.org/10.20937/RICA.2016.32.03.07>
- Bradshaw, J., & Ozores, M. (2002). Recycle Florida Today and Florida, 12(September), 1–4.
- CEPIS. (1998). CEPIS/OPS - Diagnóstico de la situación del manejo de residuos municipales en América Latina y el Caribe. Retrieved from <http://www.bvsde.paho.org/eswww/fulltext/resisoli/dsm/dsmcap03.html>
- Chari, N., Venkatadri, U., & Diallo, C. (2016). Design of a reverse logistics network for recyclable collection in Nova Scotia using compaction trailers. *INFOR: Information Systems and Operational Research*, 54(1), 1–18. <https://doi.org/10.1080/03155986.2016.1149315>
- Coakley, T., Duffy, N., & Freiburger, S. (2010). Uso de la energía en el sector industria. *Manual Para EStudiantes*, 1–75. Retrieved from [http://www.iuses.eu/materiali/e/MANUALES\\_PARA\\_ESTUDIANTES/Manual\\_industria.pdf](http://www.iuses.eu/materiali/e/MANUALES_PARA_ESTUDIANTES/Manual_industria.pdf)
- Conesa, V. (1993). “Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental.” “Guía Metodológica Para La Evaluación Del Impacto Ambiental,” 1–61.
- Diario El Mercurio. (2013). Estación de transferencia de residuos. Retrieved January 1, 2017, from <http://www.elmercurio.com.ec/365796-estacion-de-transferencia-de-residuos/>
- Diario La Nación. (2013). Una visita al interior de la nueva planta de tratamiento de basura. Retrieved January 1, 2017, from <http://www.lanacion.com.ar/1542844-una-visita-al-interior-de-la-nueva-planta-de-tratamiento-de-basura>
- EMGIRS-EP: Empresa pública metropolitana de gestión integral de residuos solidos. (2014). Estación de Transferencia Sur. Retrieved January 1, 2017, from <http://www.emgirs.gob.ec/index.php/zentools/zentools-accordion>
- Eurostat. (2010). Waste indicators on generation and landfilling measuring sustainable development 2004-2010. Retrieved from [http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Archive:Waste\\_indicators\\_on\\_generation\\_and\\_landfilling\\_-\\_monitoring\\_sustainable\\_development](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Archive:Waste_indicators_on_generation_and_landfilling_-_monitoring_sustainable_development)
- Eurostat. (2014). Treatment of waste by waste category, hazardousness and waste operations. Retrieved from [http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=env\\_wastrt&lang=en](http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=env_wastrt&lang=en)
- Eurostat. (2015). Waste generation and landfilling indicators - Statistics Explained 2015. Retrieved from [http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Archive:Waste\\_generation\\_and\\_landfilling\\_indicators](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Archive:Waste_generation_and_landfilling_indicators)
- Gómez, P. P., Cutanda, B. L., & Muiña, A. L. (2015). Real Decreto 110/2015, de 20 de febrero, sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos: Análisis del nuevo modelo de responsabilidad ampliada del productor. *Diario La Ley*, (8508), 1.

- Gutberlet, J. (2015). Cooperative urban mining in Brazil: Collective practices in selective household waste collection and recycling. *Waste Management*, 45, 22–31.  
<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2015.06.023>
- HAN, H., & Cueto, E. P. (2015). Waste Collection Vehicle Routing Problem: A Literature Review. *PROMET - Traffic&Transportation*, 27(4), 345–358. <https://doi.org/10.7307/ptt.v27i4.1616>
- Herrera, I. (2017). Diagnóstico de la situación laboral y social de los entes recicladores de residuos sólidos municipales de Ibarra. In cecatere Ecuador convention cia. Ltda (ed.), *recuperación de destinos turísticos del Ecuador* (1st., p. 153). Ibarra: Universidad Técnica de Cotopaxi. Retrieved from [www.utc.edu.ec](http://www.utc.edu.ec)
- Herrera, I., Collaguazo, G., Lorente, L., Montero, Y., & Valencia, R. (2016). Revisión: Optimización de rutas de recolección de residuos sólidos municipales en países en vías de desarrollo. In Editorial Universidad Técnica del Norte (Ed.), *Tecnologías aplicadas a la ingeniería* (1st ed., p. 301). Ibarra. Retrieved from <https://issuu.com/utnuniversity/docs/ebook-tecnologias-aplicadas-a-la-in>
- HUNABITAT. (2010). Collection of municipal solid waste in developing countries. UN Habitat. <https://doi.org/10.1080/00207233.2013.853407>
- International Society of Weighing & Measurement. (2017). Home - ISWM. Retrieved from <http://www.iswm.org/>
- ISRI. (2018). ISRI - Instituto de reciclaje de chatarra Industries Inc. Retrieved March 29, 2018, from <http://www.isri.org/home>
- King, M. F., & Gutberlet, J. (2013). Contribution of cooperative sector recycling to greenhouse gas emissions reduction: A case study of Ribeir??o Pires, Brazil. *Waste Management*, 33(12), 2771–2780. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2013.07.031>
- Kist, E., Poletto, R., Marcelino, C., & De Souza, R. (2016). Estudio de la gestión de residuos sólidos urbanos en Cornelius - PR : recogida y eliminación, 35(No 5), 1–12.
- Liu, T., Wu, Y., Tian, X., & Gong, Y. (2015). Urban household solid waste generation and collection in Beijing, China. *Resources, Conservation and Recycling*, 104, 31–37. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2015.09.004>
- Matsumoto, S. (2011). Waste separation at home: Are Japanese municipal curbside recycling policies efficient? *Resources, Conservation and Recycling*, 55(3), 325–334. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2010.10.005>
- Mazzanti, M., & Zoboli, R. (2009). Municipal Waste Kuznets curves: Evidence on socio-economic drivers and policy effectiveness from the EU. *Environmental and Resource Economics*, 44(2), 203–230. <https://doi.org/10.1007/s10640-009-9280-x>
- Medina, M. (2005). Co-operatives benefit waste recyclers. *Appropriate Technology*, 32(3), 53–58. Retrieved from <https://search.proquest.com/openview/76fcfee2bbbf995af548cd0e194b99a0/1?pq-origsite=gscholar&cbl=25518>

- Mes, M., Schutten, M., & Rivera, A. P. (2014). Inventory routing for dynamic waste collection. *Waste Management*, 34(9), 1564–1576. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2014.05.011>
- MAPAMA: Ministerio de agricultura y pesca alimentacion y medio ambiente del Gobierno de España. (2017). RESIDUOS.
- MAE: Ministerio del ambiente. (2010). Programa 'PNGIDS' Ecuador. Retrieved from <http://www.ambiente.gob.ec/programa-pngids-ecuador/>
- MAE: Ministerio del ambiente de Ecuador. (2017). Programa PNGIDS Ecuador. Retrieved January 1, 2017, from <http://www.ambiente.gob.ec/programa-pngids-ecuador/>
- Mobley, R. K., & Wikoff, D. J. (2008). MAINTENANCE ENGINEERING HANDBOOK. (McGraw Hill, Ed.) (seventh ed). McGraw Hill. <https://doi.org/DOL: 10.1036/0071546464>
- Wilson, D., Rodic, L., & Modak, P. (2015). Perspectiva mundial de la gestión de residuos Resumen para los responsables de la toma de decisiones Perspectiva mundial de la gestión de residuos. Viena. Retrieved from [http://web.unep.org/ietc/sites/unep.org.ietc/files/GWMO\\_summary\\_Spanish\\_1.pdf](http://web.unep.org/ietc/sites/unep.org.ietc/files/GWMO_summary_Spanish_1.pdf)
- OPS. (2010). Informe de la evaluación Regional del Manejo de Residuos Sólidos de America Latina y el Caribe. Vasa.
- Puente, M. (2001). Higiene y seguridad en el trabajo. (Universidad Técnica del Norte, Ed.) (1era.). Ibarra.
- Sáez, A. U. G. . J. A. (2014). Manejo de residuos sólidos en América Latina y el Caribe. *Omnia*, 20(3).
- Sahoo, S., Kim, S., Kim, B. I., Kraas, B., & Popov, A. (2005). Routing optimization for Waste Management. *Interfaces*, 35(1), 24–36. <https://doi.org/10.1287/inte.1040.0109>
- Sakurai, K. (1980). Diseño de las Rutas de Recolección de Residuos Sólidos. División de Protección de La Salud Ambiental. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias Del Ambiente, 32–34. Retrieved from <http://www.bvsde.paho.org/eswww/fulltext/curso/disenio/disenio.html>
- Scheinberg, A., D.C. Wilson., & Rodic, L. (2010). Solid Waste Management in the world's cities water and sanitation in the world's cities. Solid waste management in municipal alities (UN HABITAT, Vol. 3). Washington, D.C.
- Schmidt Félix, Zurbrügg Christian, Z. I. (2016). Gestión municipal de residuos sólidos en países en vías de desarrollo - École Polytechnique Fédérale de Lausanne | Coursera. Retrieved from <https://www.coursera.org/learn/solid-waste-management>
- SEDESOL. (2000). Manual para el diseño de rutas de recoleccion de residuos sólidos municipales, 50.
- SENPLADES. (2013). Plan Nacional Buen Vivir.pdf. Retrieved from [www.planificacion.gob.ec%5Cnsemplades@semplades.gob.ec%5Cnwww.buenvivir.gob.ec%5Cnwww.buenvivir.gob.ec](http://www.planificacion.gob.ec%5Cnsemplades@semplades.gob.ec%5Cnwww.buenvivir.gob.ec%5Cnwww.buenvivir.gob.ec)
- SUSTENTA. (2015). Retrieved from <http://www.sustenta.org.mx/3/2015/08/>

- Toth, P., & Vigo, D. (2014). Vehicle Routing Problem, Methods, and Application.
- UNIVALLE: Universidad del Valle. (2016). Factores De Riesgo Ocupacional. Retrieved from <http://saludocupacional.univalle.edu.co/factoresderiesgoocupacionales.htm>
- Wang, H., Han, H., Liu, T., Tian, X., Xu, M., Wu, Y., ... Zuo, T. (2018). "Internet +" recyclable resources: A new recycling mode in China. *Resources, Conservation and Recycling*, 134(January), 44–47. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.03.006>
- Wilson, D., Rodic, L., Modak, P., Soos, R., Velis, C., Carpintero, A., ... Simonett, O. (2015). *Global Waste Management Outlook 2015*. (UNEP, Ed.) (1st. Editi). Austria: United Nations Environment Programme. Retrieved from [http://www.eawag.ch/fileadmin/Domain1/Abteilungen/sandec/E-Learning/Moocs/Solid\\_Waste/Key\\_resources/Global\\_Waste\\_Outlook\\_2015.pdf](http://www.eawag.ch/fileadmin/Domain1/Abteilungen/sandec/E-Learning/Moocs/Solid_Waste/Key_resources/Global_Waste_Outlook_2015.pdf)
- World Bank. (2017). *Municipal Waste Management Planning*. Retrieved from <http://www.wastekeysheets.net/>