

VALORACIÓN ECONÓMICA Y SOCIAL DEL RECICLADO DE RESIDUOS SÓLIDOS

EL CASO DE LOS RESIDUOS POSTERREMOTO DE 2016 EN LA PROVINCIA DE MANABÍ, ECUADOR



• Ariel Mera Moreira • Elvira Rodríguez Ríos

VALORACIÓN ECONÓMICA Y SOCIAL DEL RECICLADO DE RESIDUOS SÓLIDOS

EL CASO DE LOS RESIDUOS
POSTERREMOTO DE 2016 EN LA
PROVINCIA DE MANABÍ, ECUADOR

Ariel Mera Moreira • Elvira Rodríguez Ríos



2024

Agradecimientos

Quisiéramos expresar nuestro más sincero agradecimiento a todas aquellas personas e instituciones que han contribuido de manera significativa a la realización de este proyecto de investigación. En primer lugar, deseamos agradecer al tribunal de grado por su valiosa propuesta de publicar este libro. Su apoyo y reconocimiento son el motor que impulsa este importante paso en nuestras carreras.

A la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, extendemos nuestro profundo agradecimiento por brindar la apertura y la aprobación necesarias para que este libro sea publicado. Su respaldo y compromiso con el conocimiento son fundamentales para su éxito.

Al Dr. Benjamín García Páez, queremos expresar nuestra gratitud por su generosa contribución al realizar el prólogo de este libro y por brindarnos sus valiosas sugerencias. Su experiencia y sabiduría han enriquecido enormemente el contenido de este trabajo investigativo.

A todos los Gobiernos Autónomos Descentralizados que colaboraron proporcionando información crucial sobre la gestión de residuos durante el terremoto de abril de 2016 en Ecuador, les estamos profundamente agradecidos. Su participación fue fundamental para la elaboración de este trabajo.

A los centros de acopio y recicladores que generosamente contribuyeron en la recuperación de materiales y colaboraron con nuestra

VALORACIÓN ECONÓMICA Y SOCIAL DEL RECICLADO DE RESIDUOS SÓLIDOS

EL CASO DE LOS RESIDUOS POSTERREMOTO DE 2016 EN LA PROVINCIA DE MANABÍ, ECUADOR

Autores

© Ariel Mera Moreira

© Elvira Rodríguez Ríos

Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí

[ISBN: 978-9942-7258-1-3](https://doi.org/10.24018/978-9942-7258-1-3)

Primera edición: agosto de 2024

Publicación arbitrada por Editorial Digráfica S.A.

Revisores:

Alí Javier Suárez Brito, PhD.

Universidad del Zulia, Venezuela

Armando Urdaneta Montiel, PhD.

Universidad Metropolitana del Ecuador

Coordinador Editorial:

MSc. Bladimir Jaramillo Escobar

Edición, diseño e impresión

Editorial Digráfica S.A.

Clemente Ballén, 2414 y Lizardo García

www.digrafica.net

editorial@digrafica.com.ec

Guayaquil - Ecuador

Queda prohibida toda reproducción de la obra o partes de la misma por cualquier medio sin autorización previa de los dueños del copyright.

Acerca de los autores

encuesta, les extendemos nuestro más sincero agradecimiento. Su dedicación y compromiso con la sostenibilidad ambiental son inspiradores.

A cada persona e institución mencionada, les agradecemos de corazón por su invaluable colaboración y apoyo en este camino. Sin ustedes, este logro no habría sido posible. Su generosidad y compromiso son un ejemplo a seguir. ¡Gracias!

Ariel Mera Moreira

Economista por la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, su dedicación y excelencia académica lo hicieron merecedor de una beca otorgada por la SENESCYT para completar su grado. Su búsqueda constante de conocimiento lo llevó a obtener dos másteres de prestigio internacional. El primero, en Economía, Finanzas y Computación, lo realizó en la Universidad Internacional de Andalucía, mediante una beca otorgada por el Grupo La Rábida. El segundo máster, en Finanzas y Banca, lo cursó en la Universidad Pablo de Olavide, mediante una beca del Asociación Universitaria Iberoamericana de Postgrado (AUIP). Durante su formación, se desempeñó como ayudante de investigación y asistente de cátedra en asignaturas fundamentales como Microeconomía, Investigación y Econometría, demostrando su compromiso con la educación y su habilidad para transmitir conocimientos. En la actualidad, ejerce su experiencia y conocimientos en el ámbito de las inversiones, trabajando en una gestora de Inversión dedicada a la gestión y comercialización de promociones inmobiliarias.

Elvira Rodríguez Ríos

Doctora en Economía por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Master of Science en Economía y economista por la Universidad Rusa de la Amistad de Los Pueblos (RDUN). Recibió reconocimiento académico como mejor graduada “con notas sobresalientes” en su grado de economista y se graduó con honores como doctora, PhD, en Economía. Su formación académica ha sido consolidada con estancias como investigadora visitante en la Facultad de Ciencias Económicas de la UNAM, en los años 2016, 2018 y

2919. Desde 1988 hasta la actualidad es profesora de la carrera de Economía en la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí (ULEAM), en donde, además, se desempeñó como directora del Departamento Central de Investigación por tres periodos consecutivos. Desde el año 2017 es profesora a medio tiempo de la Universidad Técnica de Manabí. Ha publicado varios artículos en revistas de impacto mundial entre ellos: *Valuing bushmeat for people living at a subsistence level: The case of Cuniculus paca meat in Flavio Alfaro, Manabí, Ecuador*; *A method for the evaluation of bushmeat as a livelihood for rural subsistence communities in Ecuador*; *Appropriate management of earthquake generated waste: Lessons from the 2016 earthquake in Ecuador*; *Artisanal fishery in Ecuador. A case study of Manta city and its economic policies to improve competitiveness of the sector* en el que es coautora; *Reopening and economic recovery of small and medium-sized businesses post-earthquake 2016: the case of Portoviejo, Manabí, Ecuador*; entre otros.

Contenido

PRÓLOGO	9
RESUMEN	13
ABSTRACT	16
INTRODUCCIÓN.....	18

CAPÍTULO I

EFECTOS DEL TERREMOTO DE ABRIL 2016 EN ECUADOR.....	24
1.1. Recuento de los impactos del terremoto del 2016.....	24
1.2. Generación y gestión de los residuos sólidos del terremoto del 2016.....	29
1.3. Eliminación y gestión de los residuos sólidos del desastre	44
1.4. Reciclaje y reúso de materiales recuperados de los residuos posterremoto 2016	49

CAPÍTULO II

ECONOMÍA DEL RECICLADO	58
2.1. La Economía Circular.....	58
2.2. Externalidad producida por los residuos sólidos	59
2.3. Costos de Producción.....	61
2.4. El valor económico	66
2.5. El valor social.....	68
2.6. La industria del reciclado en el Ecuador	69
Bibliografía.....	77

CAPÍTULO III**METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN83**

3.1. Área de estudio	83
3.2. Descripción de variables.....	83
3.3. Especificación de modelos econométricos	85
3.4. Validación de los modelos econométricos	89
3.5. Levantamiento de información	89
Bibliografía.....	95

CAPÍTULO IV**EVALUACIÓN ECONÓMICA Y SOCIAL DEL RECICLADO96**

4.1. Modelo de costo total (CT)	96
4.2. Modelo del valor económico (V_e)	106
4.3. Modelo del valor social (V_s)	116
4.4. Discusión de resultados	123
Bibliografía.....	125

CAPÍTULO V**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES128**

5.1. Conclusiones	128
5.2. Recomendaciones	131
Bibliografía.....	134

ANEXOS135**PRÓLOGO**

El libro *“Valoración económica y social del reciclado de residuos sólidos, el caso de los residuos posterremoto del 2016 en la provincia de Manabí, Ecuador”* que nos obsequian los economistas Elvira Rodríguez Ríos y Ariel Mera Moreira está predestinado a volverse una obra de interés social no solo debido a la creciente frecuencia de eventos sísmicos en “la mitad del mundo”, sino porque suma a otras publicaciones hechas por investigadores en disciplinas, técnicas y sociales que, en su conjunto, inducen la toma consciencia de la necesidad de ajustar el estilo de vida y conducir en forma racional las actividades económicas sustantivas.

El texto principal del libro consta de cinco capítulos. En el primero, los autores narran el sismo desde los estragos inevitables de su ocurrencia, el drama de la población circundante al epicentro que carece de una cultura antisísmica básica. Además, se hace referencia a las pautas conductuales de distintos niveles de gobierno que caen en confusión y desorden —profundizando la devastación en el corto plazo—, debido a la falta de un plan integral para atender los daños económicos y sociales originados por el sismo y la ausencia de un protocolo para asistir a las familias afectadas y gestionar adecuadamente los escombros.

En el segundo capítulo, los autores endosan el reciente principio de *Economía Circular* no solo para sustentar sus motivaciones de investigación por evaluar el costo-beneficio económico y social intrínseco de una estrategia para el manejo de residuos sólidos, sino también para proveer un ejercicio que aporte elementos claves para la administración de futuros eventos. En particular, el esfuerzo de-

sarrollado por ellos se inscribe en una de las fases invocadas por tal principio: el del reciclado, es decir, la transformación de residuos en diferentes o similares materiales que puedan ser usados en la oferta de productos futuros.

Además de esto, se considera otro elemento analítico del poderoso planteamiento de Economía Circular: remoción, reducción y reuso de residuos sólidos. Todo ello, relacionado específicamente con los residuos generados por uno de los más devastadores terremotos acontecidos en Ecuador, el del 16 de abril de 2016, cuyo costo humano fuera de 663 fallecidos y miles de heridos. Otro propósito de esta sección es tratar la sempiterna problemática inherente a este tipo de fenómenos: ¿qué hacer con los millones de metros cúbicos de basura ordinaria y de tratamiento especial?

En el tercer capítulo, los autores se abocan a la difícil configuración de una base de datos, no solo porque estos apenas estaban siendo recopilados y por la natural discrepancia estadística de las fuentes oficiales, sino también porque su contribución se ve restringida espacialmente por la naturaleza del evento sísmico. Pero, como buenos investigadores, los autores saben que sin datos el análisis económico no puede ir a ningún lado, por lo que se apoyan en el mecanismo de la entrevista de familias afectadas, técnicos y profesionistas a cargo de brigadas de reconstrucción. Así, finalmente, logran el cometido y estiman los modelos econométricos necesarios para validar la hipótesis de investigación.

En el cuarto capítulo, precisamente, los autores proceden a la estimación de los modelos especificados, es decir, a la obtención de valores paramétricos de los modelos de costo total, valor económico y valor social de los residuos por el terremoto de 2016.

En el quinto capítulo, se analizan y discuten los resultados obtenidos, cuyo valor analítico puede valorarse como elementos de estrategia para el diseño y mejora de políticas públicas en el ámbito sísmico. Sin embargo, las recomendaciones de los autores van más allá de aportar evidencias empíricas y se mira hacia el porvenir, que es, como dicen los poetas, lo único que siempre nos queda después de experiencias trágicas.

El Ecuador, como otros países en el mundo, está asentado sobre platos tectónicos que hacen que su estructura terrestre sea cambiante y móvil por poderosas fuerzas subterráneas, motivo por el cual sus habitantes tienen que adaptarse como sociedad, familia y personas, a ese tipo de repentinos movimientos violentos de su superficie terrestre que lamentablemente causan un gran daño. Los autores parecieran también decirnos que, si en el Ecuador realmente se aspira a instalar gobernanza, el diseño e inversión en un protocolo de manejo posterremoto no puede estar ausente.

Finalmente, la lectura de la obra que presentan estos dos distinguidos economistas ecuatorianos consta 153 páginas, incluyendo las notas técnico-metodológicas en apéndices, bibliografía y anexos; prácticamente no tiene desperdicio alguno. ¿Cuáles son las razones para afirmar esto?: es una investigación académica que se ejecuta conforme al método científico; un ejercicio que no solo hace la valoración integral de los costos humanos y materiales que provoca el sismo referido, sino que invoca las políticas derivadas de muchas experiencias externas y, lo más importante, recupera aquellas medidas organizacionales como la formada por los recolectores, las cuales funcionaron en etapas críticas mitigando así el impacto en las grandes ciudades manabitas y esmeraldeñas, en torno al epicentro: Manta, Portoviejo y Pedernales.

Desde el naturalmente agraciado país, en esta obra se suscribe que el principio de la circularidad no evita los impredecibles sismos, pero sí cómo se pueden tomar medidas preventivas para economías y sociedades más sustentables en consonancia con él.

Profesor Benjamín García Páez

Ex investigador Prometeo SENECYT (2014-2015) y Clare-Hall
Fellow of Cambridge University

Ciudad Universitaria, UNAM, marzo 21, 2023

RESUMEN

El reciclado es considerado una herramienta de desarrollo productivo y socioambiental porque permite recuperar los residuos sólidos para su reutilización. Los residuos generan una externalidad negativa por los efectos adversos que surgen de la descomposición de estos materiales que afectan a la sociedad. El terremoto de abril del 2016 incrementó la cantidad de residuos debido al colapso de la infraestructura, destrucción de activos, afectación de sistemas productivos, basura generada por donaciones de bienes de consumo, entre otros. Con esto, la externalidad negativa aumenta significativamente su impacto social.

El reciclaje es considerado como el mecanismo que permite internalizar la externalidad y, de esta manera, mitigar los efectos negativos que generan los residuos sólidos en situaciones de desastre. En economía, es importante corregir los fallos de mercados para lograr la eficiencia de los sistemas económicos. Para esto, la valoración económica y social es fundamental, puesto que aún no existen estudios en el Ecuador relacionados con los costos y beneficios que se obtienen del reciclado.

El presente trabajo tiene como objetivo valorar económica y socialmente el reciclado de los residuos sólidos del terremoto de abril 2016 en la provincia de Manabí. Esta valoración se basa en la gestión pública como factor primordial en el cálculo del valor social, dado que la evacuación de los residuos hacia los sitios de disposición final es responsabilidad de los gobiernos autónomos descentralizados municipales (GAD). Esto se debe a que los municipios incurren en costos y gastos derivados de los presupuestos municipales por el proceso de recolección, transporte y disposición de los desechos sólidos. Si bien es cierto que los ciudadanos pagan una ta-

rifa mensual por la recolección de residuos en los centros urbanos y rurales, también es cierto que esta es insuficiente para cubrir todos los costos operativos de la gestión.

Si no se recicla, la vida útil de los vertederos municipales sería más corta, debido a la mayor cantidad de residuos que tendrían que almacenar diariamente. En consecuencia, los costos de recolección, transportación, almacenamiento y evacuación de desechos sólidos serían mucho mayores, lo que provocaría un incremento en los presupuestos municipales, situación que se agrava con el desastre. Si bien durante muchos años ha sido considerado como uno de los trabajos más marginados, la labor de los recicladores también forma parte fundamental para lograr la eficiencia en los sistemas económicos de las ciudades. Ellos no solo generan beneficios privados, sino que contribuyen a reducir los costos operativos del GAD, generando un beneficio socioambiental. Lo anterior demuestra la importancia del reciclaje y los beneficios que se obtuvieron por el proceso de recuperación posterior al evento sísmico del 2016.

Ahora bien, en esta investigación se aplicaron tres modelos econométricos para valorar económica y socialmente al reciclado de residuos sólidos, a saber: costo total, valor económico y valor social. Los datos se obtienen de un censo aplicado a las recicladoras (centros de acopio) que participaron en la compra y venta de materiales posterior al terremoto de la provincia de Manabí. Para obtener la información sobre el valor social se realizó una entrevista a los funcionarios municipales encargados de la gestión de residuos sólidos durante el terremoto para conocer los protocolos de manejo, así como los ingresos y costos correspondientes a la recolección de basura.

Los resultados revelan que el reciclado internaliza la externalidad generada por los residuos en situaciones de desastre. Ello permite

concluir que el reciclado tiene una fuerte incidencia en la eficiencia de la gestión de residuos postsismo, debido a que el beneficio que obtiene la sociedad es superior al beneficio privado percibido por los recuperadores de materiales reciclables.

ABSTRACT

Recycling is considered a tool for productive and socio-environmental development because it allows solid waste to be recovered for reuse. Waste generates a negative externality due to the adverse effects that arise from the decomposition of these materials that affect society. The April 2016 earthquake increased the amount of waste due to the collapse of infrastructure, destruction of assets, impact on productive systems, garbage generated by donations of consumer goods, among others. With this, the negative externality significantly increases its social impact.

Recycling is considered as the mechanism that allows internalizing the externality and, in this way, mitigating the negative effects generated by solid waste in disaster situations. In economics, it is important to correct market failures to achieve the efficiency of economic systems. For this, the economic and social assessment is essential, since there are still no studies in Ecuador related to the costs and benefits obtained from recycling.

The objective of this work is to economically and socially value the recycling of solid waste from the April 2016 earthquake in the province of Manabí. This assessment is based on public management as a primary factor in the calculation of social value, given that the evacuation of waste to final disposal sites is the responsibility of the municipal decentralized autonomous governments (GAD). This is because municipalities incur costs and expenses derived from municipal budgets for the process of collecting, transporting and disposing of solid waste. While it is true that citizens pay a monthly fee for waste collection in urban and rural centers, it is also true that this is insufficient to cover all the operational costs of management.

If it is not recycled, the useful life of municipal landfills would be shorter, due to the greater amount of waste they would have to store daily. Consequently, the costs of collection, transportation, storage and evacuation of solid waste would be much higher, which would cause an increase in municipal budgets, a situation that worsens with the disaster. Although for many years it has been considered one of the most marginalized jobs, the work of recyclers is also a fundamental part of achieving efficiency in the economic systems of cities. They not only generate private benefits, but also contribute to reducing the GAD's operating costs, generating a socio-environmental benefit. The above demonstrates the importance of recycling and the benefits obtained from the recovery process after the 2016 seismic event.

Now, in this research three econometric models were applied to economically and socially value solid waste recycling, namely: total cost, economic value and social value. The data are obtained from a census applied to the recyclers (collection centers) that participated in the purchase and sale of materials after the earthquake in the province of Manabí. To obtain information on the social value, an interview was conducted with the municipal officials in charge of solid waste management during the earthquake to learn about the management protocols, as well as the income and costs corresponding to garbage collection.

The results reveal that recycling internalizes the externality generated by waste in disaster situations. This allows us to conclude that recycling has a strong impact on the efficiency of post-ism waste management, because the benefit obtained by society is greater than the private benefit perceived by the recoverers of recyclable materials.

INTRODUCCIÓN

Los residuos sólidos siempre se han considerado como un problema bajo un enfoque económico y social. En efecto, la evacuación de estos hacia los sitios de disposición final genera costos operativos que deben ser asumidos por la sociedad. Los residuos generan una externalidad que afecta principalmente a los ciudadanos y al medio ambiente. Estos se constituyen como un fallo de mercado, pues provocan un desequilibrio en la eficiencia de los GAD municipales para garantizar el bienestar de la población, pues, aunque se gestiona diariamente un proceso de barrido, recolección y disposición final, esto no es suficiente para alcanzar la eficiencia que requiere este servicio básico.

Con el crecimiento de la población, la demanda de productos en las ciudades cada día es mayor. Esto trae como consecuencia una excesiva acumulación de desechos derivada del consumo de las personas. Este exceso de desechos fue aún más significativo después del desastre. De hecho, en la zona mayormente afectada de la provincia de Manabí, la cantidad de desechos se incrementó en 35% (27.750 toneladas de residuos sólidos en el primer mes posterremoto). Estos residuos provenían del colapso de edificaciones, carreteras y puentes, destrucción de vehículos, equipos, materia prima, repuestos, suministros e insumos, así como también de la pérdida de productos finales y mercaderías.

En términos generales, cuanto mayor es la cantidad de residuos, mayor será la afectación al bienestar de la sociedad y, consecuentemente, mayor será el costo social. Sin embargo, este costo podría reducirse con el reciclado para generar beneficios y mejoras de la calidad de vida. Además, el reciclado genera ganancias privadas de las que se apropia el reciclador, quien obtiene ingresos de la activi-

dad económica de recuperación de materiales. Los beneficios sociales y privados tienen como contrapartida los costos. El reciclador asume costos por almacenamiento, mano de obra, transporte y servicios básicos; mientras que la sociedad asume el pago de una tasa de recolección de residuos. Por igual, los GAD municipales asumen costos derivados de la recolección, transporte, funcionamiento y mantenimiento de los sitios de disposición temporal y final.

Lo anterior plantea la implementación de un plan de gestión eficiente de los residuos en condiciones normales y de calamidad. Según Brown y Milke (2016), este plan debe incluir un programa de reciclaje de desechos en situaciones de desastres. Asimismo, es preciso que forme parte de una planificación *ex ante* en beneficio de la gestión correspondiente (Crowley, 2017). En otras palabras, los arreglos para una gestión eficaz deben estar en la etapa previa a la crisis (Lettieri *et al.*, 2009).

En línea con la economía circular, el reciclado se postula como una alternativa para alcanzar la eficiencia de la gestión de residuos de desastres mediante la recuperación de materiales (Gabrielli *et al.*, 2018). Por la situación desencadenada por el terremoto y la oferta existente de materiales reciclables, los centros de acopio en Manabí alcanzaron a recuperar, en promedio mensual, 13.301 toneladas en el primer mes posdesastre *versus* 3.755 toneladas recuperadas en el mes previo al sismo de abril de 2016. Esta recuperación de materiales trajo consigo una disminución de la capacidad de los sitios de disposición temporal y final, produciendo un ahorro en los costos operativos de los gobiernos autónomos descentralizados (GAD) municipales por concepto de disposición de los desechos sólidos.

En esta investigación se realiza una valoración económica y social del reciclado de los residuos sólidos posterremoto 2016, con base

en la información obtenida de una encuesta al total de los centros de acopio existentes en Manabí y de una entrevista a los funcionarios responsables de la gestión de residuos de los GAD. Para el procesamiento y análisis de la información se utiliza la metodología propuesta por Rodríguez-Ríos y García-Páez (2020) que consiste en tres modelos econométricos de regresión lineal que analizan el costo total y beneficio económico (privado y social).

La hipótesis susceptible de comprobación en el estudio correspondiente es que el reciclado constituye un mecanismo generador de beneficios tanto económico como social y, por ende, la recuperación de material reciclable del desastre de 2016 en Manabí (Ecuador) se convirtió en un mecanismo de internalización de la externalidad que genera los desechos sólidos. Ello amerita la formulación de dos objetivos: 1. Valorar económica y socialmente el reciclado de los residuos sólidos en la provincia de Manabí; y, 2. Demostrar que el reciclado es un mecanismo eficiente para internalizar la externalidad producida por los desechos sólidos en condiciones de desastre. Como complemento, se analiza la estructura de costos del reciclado de residuos sólidos posterremoto 2016.

Los resultados muestran que las tres variables dependientes de cada modelo econométrico sí tiene una relación significativa con el efecto ocasionado por el terremoto. El costo total, valor económico y social demuestran cantidades representativas del reciclado. Se constató que, en el primer mes del terremoto, en promedio, el costo total de las recicladoras fue de USD 1.586.796,46; el valor económico de USD 347.915,00 y el valor social de USD 1.698.584,00.

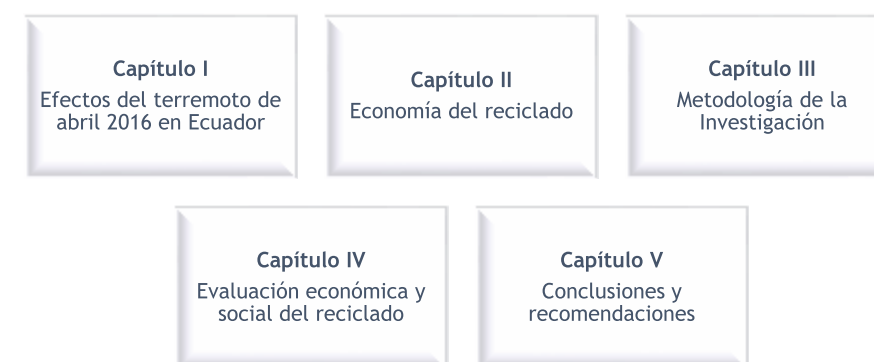
En otras palabras, el beneficio recibido por la sociedad cuando se internaliza la externalidad generada por los residuos posterremoto es superior al obtenido por los recicladores. Además de esto, la

información obtenida de la encuesta demuestra que, en el primer mes después del terremoto, en la provincia de Manabí se ahorró un estimado de 13.660 metros cúbicos en los sitios de disposición final por la recuperación de materiales por parte de los recicladores.

El libro consta de cinco capítulos interrelacionados, anteceditos por una introducción (Figura 1.1).

Figura 1.1

Estructura del documento



Elaboración propia

Capítulo 1. Efectos del terremoto de abril de 2016 en Ecuador. Aquí se describen los efectos derivados del terremoto de abril de 2016, mostrándose la afectación y daños generales en la provincia de Manabí. Además, se incluye la generación y gestión de los residuos sólidos, lo cual implica el análisis del rol de los GAD municipales para la evacuación y disposición de escombros. Por otro lado, se trata el tema de la recuperación y reúso, mostrando las cantidades de material recuperado por los recicladores en el primer mes luego del sismo.

Capítulo 2. Economía del reciclado. Se resumen las perspectivas teóricas de la economía del reciclado y se considera a la economía circular como fundamentación de teoría económica, pues se asume que su objetivo es generar sostenibilidad y prosperidad a partir de la reducción, reúso y reciclaje de residuos. Además de esto, se presenta el enfoque de los fallos de mercado, dado que los residuos sólidos generan una externalidad negativa que afecta a las personas. En el análisis se demuestra que el reciclado es el mejor mecanismo para internalizar la externalidad que generan los residuos en situaciones de desastre. Por último, se incluye la teoría del costo total, valor económico y social. De la revisión se desprende que el costo total viene dado desde una perspectiva económica y no contable. El valor económico es el beneficio neto después de cubrir el costo total que asume el reciclador al recuperar los materiales para reciclarlos. Las decisiones de realizar esta actividad económica de recuperación de materiales que toman los recicladores de base contienen un beneficio a terceros, lo que en economía se conoce como “externalidad positiva”.

El valor privado del reciclado solo incluye el beneficio que se obtiene a nivel de los recuperadores, lo que se considera insuficiente para un análisis del valor del reciclado a nivel de toda la sociedad, por lo que se adicionan valores que asume la sociedad a través de las asignaciones presupuestarias municipales para la gestión de los residuos sólidos. El valor privado más el valor de la gestión de residuos da lugar al valor social del reciclado.

Capítulo 3. Metodología de la investigación. Se presentan los procesos ejecutados para recopilar los datos a fin de comprobar la hipótesis y lograr los objetivos formulados previamente. Esta sección se considera muy sustancial porque proporciona la información esencial para elaborar la base de datos que servía para estimar los modelos

econométricos. Como complemento, se definen las variables económicas a utilizar en la modelización y se muestra la especificación de estos modelos con sus correspondientes pruebas de validez. Asimismo, se detalla la unidad de análisis, así como las principales fuentes de información utilizadas.

Capítulo 4. Evaluación económica y social del reciclado. Se presentan los resultados de la estimación del modelo de costo total, valor económico y social del reciclado de residuos posterremoto 2016. Además, se incluye el estadístico descriptivo de las variables y las especificaciones alternativas de los modelos con la evaluación de estos mediante los criterios de Schwarz y Akaike. Se analiza la significatividad conjunta y se determina las variables regresoras que más se relacionan con el costo total, valor económico y social. Se realizan las pruebas diagnósticas de regresión lineal en los tres modelos con el objetivo de validarlos y demostrar que el reciclado si internaliza el fallo de mercado.

Capítulo 5. Conclusiones y recomendaciones. En esta sección se presenta la valoración económica y social de los residuos sólidos del terremoto de abril del 2016 en la provincia de Manabí. En otras palabras, se incluye el análisis económico de los resultados que evidencia que los datos reales del costo total, valor económico y social del reciclado de residuos son muy similares con la predicción final de los tres modelos econométricos. Ello permite comprobar la hipótesis planteada previamente en estudio.

CAPÍTULO I

EFECTOS DEL TERREMOTO DE ABRIL 2016 EN ECUADOR

1.1. Recuento de los impactos del terremoto del 2016

El 16 de abril de 2016, a las 18:55 horas, un terremoto sacudió el Ecuador. El sismo afectó a seis provincias de la costa pacífica ecuatoriana: Esmeraldas, Manabí, Santa Elena, Guayas, Santo Domingo de Los Tsáchilas y Los Ríos. Sin embargo, la provincia de Manabí fue la más afectada. Los cantones de Manabí más afectados concentran más de 1.5 millones de personas, es decir, alrededor del 10% de la población total del país.

Tras el terremoto, 758 socorristas internacionales (de Bolivia, Colombia, México, Venezuela, Panamá, Perú, Francia, España y otros) y 25.732 miembros de brigadas de salvamento y seguridad atendieron la emergencia (Secretaría de Gestión de Riesgos [SGR], 65, 16 de mayo de 2016). Su prioridad era rescatar a los sobrevivientes, recuperar los cuerpos de los fallecidos y la subsistencia de las familias afectadas. Más de 1.500 trabajadores médicos participaron activamente en el trabajo de recuperación y socorro en casos de desastre (SGR, 65, 16 de mayo de 2016).

Las pérdidas humanas se derivaron de los daños de las viviendas, afectación a la infraestructura de salud, educativa, comercial y productiva. Además, el sismo afectó al transporte y el sistema de dis-

tribución de energía eléctrica, así como también el abastecimiento de agua y el servicio de telecomunicaciones. A causa del terremoto, 663 personas fallecieron, 6.274 resultaron heridas y 113 personas lograron sobrevivir (SGR, 65, 16 de mayo de 2016).

Asimismo, el sismo desplazó a 33.757 personas como resultado del colapso de edificios e infraestructura (SGR, 60, 06 de mayo de 2016). Más de 8.444 familias permanecieron en albergues temporales producto de las evacuaciones posteriores al terremoto (SGR, 60, 06 de mayo de 2016) y se entregaron 737.787 kits (productos comestibles y productos de aseo personal) en las primeras cuatro semanas posteriores al desastre (SGR, 71, 19 de mayo de 2016). A mediados de octubre de 2016, unas 16.000 personas seguían alojadas en albergues (Oficina de Coordinación de Asuntos Humanitarios de las Naciones Unidas [OCHA], 13 de octubre de 2016). Los últimos cinco albergues cerraron 13 meses después de haber ocurrido el sismo (23 de mayo del 2017), con lo que oficialmente quedaron cerrados todos los sitios que albergaban a los damnificados del terremoto.

El terremoto golpeó severamente la infraestructura sanitaria del país que incluye centros de salud y hospitales primarios, generales y de servicios especializados. En efecto, según la Organización Panamericana de la Salud (PAHO por sus siglas en Inglés) y la Organización Mundial de la Salud (WHO por sus siglas en inglés) (2016), 14 centros de salud y 10 hospitales resultaron afectados; de estos, ocho hospitales y 10 centros de salud estaban en la provincia de Manabí. En la ciudad de Portoviejo, que es la capital de la provincia, resultaron afectados un hospital y cuatro centros de salud.

A pesar de los daños en la infraestructura de salud, fue posible brindar atención médica en veinticuatro unidades móviles (SGR, 38, 23 de abril de 2016), carpas o mediante servicios que fueron reubica-

dos en otras instalaciones. Al 4 de mayo de 2016, el Ministerio de Salud Pública (MSP) había registrado 190.364 atenciones médicas (SGR, 58, 4 de mayo de 2016). En las primeras 72 horas, recibieron atención médica 6.274 personas (SGR, 65, 16 de mayo de 2016). En Manabí, fueron 5.029 atenciones médicas. A partir de este período, se implementó un plan de intervención y control de enfermedades transmitidas por vectores.

En cuanto a la infraestructura educativa impactada por el terremoto, más de 808 escuelas fueron destruidas y 249.598 estudiantes resultaron afectados (SGR, 65, 16 de mayo de 2016). En las instalaciones que fueron afectadas por el terremoto, el año escolar 2016-2017, comenzó tres semanas después de la fecha prevista. Los estudiantes fueron trasladados a otras instituciones educativas consideradas seguras, duplicando la jornada laboral. Al mismo tiempo, se inició la construcción de unidades educativas provisionales para atender la situación de desastre. Por su parte, El Ministerio de Educación informó que, más del 70% del total de establecimientos educativos ubicados en la zona del desastre (principalmente en Pedernales, Portoviejo y Manta), resultaron gravemente dañados, agrietados o destruidos. Esto se extendió a dos de las cuatro universidades públicas ubicadas en la provincia de Manabí.

Otras infraestructuras afectadas incluyeron redes telefónicas, estaciones de radio, museos y fábricas. En la provincia de Manabí, sufrieron daños 403 instalaciones productivas: industrias pesqueras, puertos pesqueros, granjas avícolas y porcinas, entre otras. Además, el sismo afectó 8.367 hectáreas de camaroneras en Manabí (SGR, 64, 11 de mayo de 2016).

El sismo provocó daños considerables en las carreteras construidas: en 31 vías estatales que representan el 49,8% del total de vías afectadas,

21 vías provinciales en Esmeraldas y Manabí (46,0% de la afectación), un puente en Guayaquil (2,3%) y siete puentes estatales (1,9%). La provincia de Manabí fue la más golpeada, con 52,9 km afectados, lo que corresponde a más del 70% del total de daños.

Asimismo, el sismo afectó 177,4 km de la red vial administrada por el gobierno provincial de Manabí en nueve tramos viales. Los cierres de carreteras no duraron más de 24 horas. De los 279 puentes evaluados por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO), siete resultaron afectados. El puente Los Caras (el más largo del país, 1.980 metros de longitud) que une la ciudad de Bahía de Caráquez con San Vicente, registró el desgarramiento del neopreno que cubre los aisladores sísmicos.

El terremoto también dañó los aeropuertos. Las afectaciones más significativas se registraron en el Aeropuerto Eloy Alfaro de Manta. La torre de control sufrió daños que la inutilizaron. Adicionalmente, hubo impactos en el edificio administrativo, terminal de pasajeros, sistema de telecomunicaciones y sistema meteorológico. En esta situación se instaló una torre de control móvil y una estructura de emergencia que incluía los procesos necesarios de embarque y desembarque para operar los viajes comerciales y de ayuda humanitaria.

El puerto marítimo de Manta, el más grande de Ecuador, no resultó con daños estructurales en sus muelles, pero el sismo sí afectó un kilómetro y medio de su vía principal de acceso y hundió 80 centímetros de la vía de acceso a uno de los dos muelles. Además, el desastre afectó al puente Bailey que conecta con uno de los dos muelles internacionales. El puerto suspendió sus operaciones por dos días y redirigió las naves al puerto de Guayaquil para dar seguridad. El 18 de mayo de 2016, el puerto marítimo de Manta estaba

operando en un 70% (SGR, 69, 19 de mayo de 2016), mientras que la infraestructura portuaria estaba en reconstrucción.

Luego del terremoto, hubo pérdida del servicio de telecomunicaciones en varias provincias. En la provincia de Manabí, los cantones afectados fueron: Jama (0 - 30%), seguido de Sucre, Manta, Rocafuerte, Portoviejo, Olmedo y Bolívar (31-60%), y Pedernales, Flavio Alfaro, San Vicente, Chone, Flavio Alfaro, Pichincha, Puerto López, Montecristi, Paján y 24 de mayo (61-90%). Al 10 de mayo de 2016, la operación del servicio móvil avanzado (voz, texto, datos) era del 96%.

La fuerza del terremoto del 16 de abril de 2016, destrozó el sistema de distribución y conducción de agua en la zona del desastre. La mayoría de los cantones de Manabí no tenía suministro de agua, por lo que la Secretaría Nacional del Agua (SENAGUA) instaló 33 plantas compactas de agua para abastecer de agua a la población afectada (SGR, 71, 19 de mayo de 2016). Un mes después del terremoto, SENAGUA (SGR, 65, 16 de mayo de 2016) continuó con sus esfuerzos de ayuda para abastecer de agua en la zona de desastre.

La distribución de agua potable a las personas afectadas siguió siendo una prioridad. Se distribuyó agua en camiones cisterna para abastecer las necesidades de las más de 38.360 personas de la población manabita afectada por el sismo (SGR, 65, 16 de mayo de 2016), incluidos los residentes de los albergues temporales en los campamentos, habitantes de la ciudad, centros de salud y hospitales. En la ciudad de Portoviejo, la Secretaría Nacional del Agua del Ecuador (SENAGUA) y la empresa pública municipal de agua potable, en conjunto, dotaron de agua potable a través de camiones cisterna (SGR, 60, 06 de mayo de 2016).

En los primeros 19 días posteriores al sismo, los afectados de los cantones Pedernales, Flavio Alfaro, Jama y de la parroquia Eloy Alfaro del cantón Chone recibieron ocho toneladas de agua embotellada. La Secretaría Nacional del Agua definió puntos de monitoreo para el control de la calidad del agua en las redes de distribución del sistema de agua potable.

Los daños reportados incluyeron el colapso del sistema de distribución eléctrica que alimentaba la energía a los hogares e industrias, debido a fallas en los postes, ruptura del cableado eléctrico y explosión de los transformadores. Las subestaciones de distribución Bahía de Caráquez, Crucita y Playa Prieta estuvieron fuera de servicio por más de 24 horas. La mayoría del total de 294.935 usuarios que se vieron afectados por la pérdida de energía eléctrica, eran de la provincia de Manabí. Las ciudades de Pedernales (epicentro sísmico) y Jama fueron las más afectadas por cuantiosos daños en las líneas de baja y media tensión de las redes de distribución. El daño a la red eléctrica en Manta fue de aproximadamente el 95%, en Chone la afectación llegó al 85% y en Portoviejo al 65% (Comité para la Reconstrucción y Reactivación productiva, 2016).

Finalmente, los daños y pérdidas derivados del terremoto se estimaron en más de USD 3 mil millones (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo de Ecuador [SENPLADES], 2016), lo que representó aproximadamente el 3% del producto interno bruto de Ecuador en el año 2016.

1.2. Generación y gestión de los residuos sólidos del terremoto del 2016

Según el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) (2016), se produjo destrucción de gran cantidad de activos en los cantones

más afectados: Pedernales, Manta, Portoviejo, Sucre, San Vicente, Chone, Jaramijó, Montecristi y Jama en la provincia de Manabí y Muisne en la provincia de Esmeraldas (Tabla 1.1).

Tabla 1.1
Activos afectados por el sismo en 10 cantones

Activo	Agricultura	Manufactura	Comercio	Alojamiento y comida	Total Activos
Edificios e instalaciones	39.946.645	27.732.353	57.651.632	24.743.191	150.073.821
Maquinarias y equipos	22.966.688	22.066.005	9.671.660	1.675.533	56.379.886
Vehículos	1.737.266	447.807	3.228.288	173.319	5.587.080
Mobiliarios	1.106.981	643.010	4.003.030	1.887.513	7.640.538
Materia prima	5.510.414	8.805.457	3.823.846	143.551	18.283.268
Total de daños en activos	3.728.274	6.202.971	56.318.606	157.461	66.407.312
Porcentaje de daños por sector con relación al valor de activos pre-sismo.	3,6%	2,4%	11,8%	22,3%	5,0%

Nota: expresado en dólares americanos
Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Censos, 2016.

En estos 10 cantones de Manabí, el monto estimado por colapso de instalaciones y edificios fue de USD 150.073.821. En maquinarias y equipos destruidos, fue de USD 56.379.886, vehículos afectados por USD 5.587.080, bienes muebles por USD 7.640.538, materia prima USD 18.283.268, productos terminados por USD 66.407.312 y también 202,11 km de vías reparadas con una inversión estimada de 178,7 millones de dólares (Instituto Nacional de estadística y censo,

2016). En efecto, el terremoto causó daños en edificios y viviendas de tal magnitud que más de 140.000 personas quedaron sin hogar. El desmonte de estas edificaciones dañadas generó enormes cantidades de residuos, especialmente en los cantones Portoviejo, Pedernales, Manta, Sucre, San Vicente y Jama.

Los edificios experimentaron fallas estructurales totales o parciales. El Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI, 2017) evaluó 67.695 edificios afectados por el sismo. De ese total, solo 19.273 de las edificaciones golpeadas por el sismo fueron consideradas seguras y 25.986 fueron declaradas de uso inseguro o restringido. En Manabí, según el MIDUVI, 22.436 edificios fueron clasificados como inseguros y fueron seleccionados para la demolición¹ (Tabla 1.2).

Tabla 1.2
Edificaciones dañadas en Manabí tras el terremoto de Ecuador (2016)

Estado del edificio	Total
Completamente dañado (colapsado)	22.436
Parcialmente dañado	25.986
Sin daños	19.273
Total	67.695

Fuente: MIDUVI, 2017.

En resumen, 67.695 edificaciones fueron afectadas por el terremoto de abril de 2016. Colapsaron las estructuras educativas, de salud y productivas de ciudades como Manta, Bahía de Caráquez, Pedernales y Portoviejo. Asimismo, fueron destruidas por el sismo las estructuras arqueológicas e históricas, junto con varias de propiedad privada y gubernamental. En Portoviejo, el GAD municipal estimó

1. Según OCHA (13 de octubre de 2016) 36.149 viviendas fueron calificadas por el MIDUVI como totalmente destruidas en Manabí y Esmeraldas.

que 481 viviendas (Gobierno autónomo Descentralizado [GAD] del cantón Portoviejo, (2016a) y 715 locales comerciales (Ministerio de transporte y obras públicas [MTOP], 2017) colapsaron o sufrieron daños severos. Algunos edificios emblemáticos sufrieron daños significativos, incluido el edificio de la Municipalidad de la ciudad de Portoviejo, el Palacio de Justicia, el Centro Comercial Municipal, la Catedral de Portoviejo, el Cementerio General de Portoviejo y el Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (IESS), Edificio de la Sociedad de Lucha contra el Cáncer (Solca), los mercados de alimentos, Hotel El Gato, Hotel Ceibo Real, Hotel Ceibo Dorado, Hotel Quito, Hotel El Ejecutivo, Edificio Pillín, Edificio capitán Santana, Edificio de la Cafetería Jean Pierre, Edificio de la Clínica San Antonio (Figura 1.2).

Figura 1.2

Edificio colapsado de la Clínica San Antonio



Fuente: Villacrés citado en Lindao Cabezas, 2018.

Igualmente, sufrieron daños el Edificio Mario Loor, Edificio calzado Mariner, Edificio Pedro Ramírez, Edificio Servipagos, Hotel

New York, Hotel El Emperador, Hotel El Gato, Edificio Farmacia Comercio, Edificio Cooperativa del Magisterio Manabita (Figura 1.3), los bloques multifamiliares de Los Olivos, Edificio de Secretaría Nacional del Agua (Senagua), Centro de Rehabilitación Social El Rodeo, la Edificación del Tradicional Almacén San Agustín y el Hotel Cabrera colapsó totalmente, entre las principales. Tres estructuras masivas se derribaron en Portoviejo entre julio y agosto de 2016, haciendo uso del método de implosión, el icónico Edificio del Centro Comercial Municipal (Figura 1.4), el Edificio Mutualista Pichincha y El edificio Álava.

Figura 1.3

Edificio colapsado de la Cooperativa del Magisterio Manabita



Fuente: Aguiar y Mielles, 2018.

En Portoviejo, se zonificó por cuadrante todas las zonas afectadas por el terremoto, para de esta manera realizar el trabajo de las cuadrillas. Inicialmente, los residuos sólidos comunes y peligrosos recolectados se vertían en el botadero municipal. Hasta ese momento, el sistema de disposición final utilizado era de cielo abierto contro-

lado, en una quebrada o creando terrazas, mientras se realizaban los estudios para la construcción de una celda emergente (GAD, 2017). Como consecuencia del sismo, esta disposición final de residuos llegó hacerse sin ningún control hasta marzo de 2017, cuando se creó la celda emergente con el propósito de ampliar el tiempo de vida útil del vertedero.

Figura 1.4

Centro Comercial de Portoviejo posterremoto (2016)



Fuente: El Diario, 27 de julio del 2016.

La capacidad de la celda emergente es de 108.000 metros cúbicos dividida en dos mitades con nueve metros de profundidad. En 2017, se llenaron tres metros de profundidad, luego se llenaron nueve metros más. Por lo que se amplió la celda con dos terrazas hacia arriba y hacia la derecha, con el propósito de ampliar la vida útil del botadero hasta 2021. El costo del cierre técnico del botadero a cielo abierto controlado y la construcción de la celda emergente fue de USD 3.100.000,00.

En los primeros cinco días, el transporte de los residuos sólidos del terremoto se facilitó con la utilización diaria de entre 50 y 70 volquetas propiedad del ejército, Consejo Provincial, MTOP y del GAD municipal. En los primeros 15 días, el botadero a cielo abierto recibía entre 250 y 280 toneladas diarias de desechos comunes y una tonelada diaria de desechos infecciosos del terremoto.

Desde el inicio de la emergencia, los escombros se depositaron en el sitio temporal autorizado del Parque Las vegas en las riberas del Río Portoviejo. Se colocaron aproximadamente 1.500 metros cúbicos de residuos, de los cuales el 5% aproximadamente fue recuperado². A los ocho días, se hizo la evaluación del impacto ambiental generado y se estableció un plazo de 15 días para su reubicación. El 2 de mayo de 2016, el Ministerio de Ambiente del Ecuador (MAE)³ autorizó como lugar de disposición final de escombros y otros residuos a la “Solita”, con una capacidad de 300.000 metros cúbicos. Los escombros pasaban por un proceso de traslado, recuperación (por recicladores autorizados), trituración y compactación (Figura 1.5).

Según las autoridades, la mayor dificultad en la emergencia fue la interferencia de los recicladores de bases en el proceso de recolección, por lo que decidieron regular su participación. El GAD de Portoviejo entregó carné de identificación y establecieron horarios para la recuperación de materiales reciclable, en cuyo caso, la Policía Municipal era la encargada de realizar los respectivos controles de ingreso a los sitios de disposición de los residuos.

² En la recuperación participaron aproximadamente 150 recicladores de base (chamberos) no autorizados por el GAD Municipal.

³ El MAE a partir del 05 de junio del 2021 pasó a ser el Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica, después de haberse producido la fusión con la Secretaría Nacional del Agua (SENAGUA).

Figura 1.5*Sitio La Solita en Portoviejo (2016)*

Fuente: GAD del cantón Portoviejo, 2016b.

Asimismo, Montecristi resultó afectado con la destrucción de algunas de sus edificaciones emblemáticas, tales como: la Basílica Menor Católica de la Virgen de Monserrat, Registro Civil, Hotel Montecristi Real, Hotel Orlando (en Colorado), entre otros. Los escombros generados por el colapso de edificaciones en Montecristi fueron depositados en el botadero a cielo abierto existente, mientras que los desechos comunes fueron enviados al vertedero municipal de Manta, dentro del acuerdo de la mancomunidad Costa Limpia conformada por los municipios de los cantones de Jaramijó, Manta y Montecristi que, en este período, cumplía con las últimas actividades antes de iniciar su proceso de liquidación.

En Pedernales, se destruyeron viviendas, locales comerciales, restaurantes, cabañas, hostales y hoteles. De 74 establecimientos de alojamiento que existían, 43 (81%) colapsaron, según catastro post-terremoto 16A realizado por el Ministerio de Turismo (2016). Establecimientos de hospedaje como el Hotel Mr. John, Playas, Hotel Cabañas Catedral del Mar, Hotel Royal, Hotel Yam Yam y Cabañas Yam Yam, Hotel Bolívar, Hotel internacional, Hostal Ebenezer, entre otros fueron los más destruidos.

El Hotel Playas, uno de los más antiguos (38 años), con capacidad para 120 huéspedes, cuyas instalaciones se distribuían en cuatro pisos, sufrió el hundimiento de su primer piso (entrevista al propietario señor Jesús Zambrano, 17 de mayo 2017). El Hotel Cabañas Catedral del Mar resultó con daños severos en las habitaciones, en discoteca y muros del cerramiento. El Hotel Royal colapsó totalmente (Figura 1.6). En Manabí, se cuantificaron 73 hoteles y hosterías colapsadas y 116 con estructuras que quedaron inservibles.

Así pues, el Hotel Royal funcionaba en un edificio de cinco pisos en el Malecón de Pedernales y quedó totalmente destruido. Para la disposición de los escombros y demás residuos generados por el sismo, en Pedernales, inicialmente, se abrió un lugar de disposición ubicado en la vía Cojimíes. Posteriormente, se realizó el respectivo cierre técnico y el MAE autorizó un sitio con mayor capacidad en la vía Jama con una extensión de alrededor de una hectárea.

Figura 1.6*Escombros del Hotel Royal en Pedernales (2016)*

Fuente: Vicente Costales. El Comercio, 20 de abril de 2016.

Alrededor de tres meses tardó el GAD de Pedernales para retirar todos los residuos del sismo. La dificultad que presentó para su proceso de gestión fue la falta de vehículos recolectores, ya que el municipio disponía de solo dos que se encontraban en mal estado. Por ello, el MAE entregó un vehículo al municipio para facilitar el transporte de todos los escombros.

En Manta, se destruyeron grandes edificaciones y viviendas. Entre los edificios que colapsaron se pueden mencionar: Hospital del Instituto del Seguro Social, Edificio Felipe Navarrete, Torre Nerea, Clínica Manta, Condominio Multifamiliar Tohalí. Además, se destruyeron el bloque de la Facultad de Ciencias Administrativas, el Edificio de Posgrado y del Rectorado, Secretaria General y Museo en la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí (ULEAM) (Figura 1.7). Igualmente, la infraestructura de las facultades de Ciencias Económicas y de Informática resultaron con afectaciones parciales.

Figura 1.7

Edificio de Secretaria General de la ULEAM antes y después del terremoto



Fuente: Aguiar *et al.*, 2017.

Según el Departamento de Turismo del GAD de Manta, el terremoto afectó en su totalidad a 22 establecimientos de hospedaje: Hotel Lun Fun, Hotel Las Rocas, Hotel Las Gaviotas, Hotel Panorama Inn,

Hostal Vista Alegre, Cabaña Vista Al Mar, Hostal Los Mantas, Hotel Oro y Mar, Hotel Pacífico, entre otros. Para la disposición de los residuos generados, se dispuso un botadero temporal en el sitio “La Poza”, donde se colocaron los escombros removidos de la zona cero de la Parroquia Tarqui durante los primeros 15 días posteriores al terremoto de 2016. Este sitio fue clausurado el 2 de mayo de 2016 por no cumplir con las normas básicas ambientales. El municipio de Manta retiró los escombros de La Poza y los transportó al valle de Los Gavilanes (Figura 1.8).

Figura 1.8

Localización del sitio Los Gavilanes en Manta



Foto de: Marcelo Guamán y Ricardo Campusano, estudiantes de economía, ULEAM, 2017.

Este basurero de disposición final es una quebrada ubicada en el sector Jesús Nazareth, con una extensión de 26 ha. y como espacio de relleno tiene una capacidad de almacenamiento de residuos de 2.600.000 m³. Los residuos ordinarios de la ciudad de Manta fueron

transportados al botadero municipal (relleno sanitario). Finalmente, por oposición de una gran parte de la población de Los Gavilanes, se autorizó continuar con el vertido de los escombros en una celda creada dentro del relleno sanitario de la ciudad, ubicado en vía a San Juan.

En Bahía de Caráquez del cantón Sucre, derrumbaron edificios de hoteles como el Hotel Italia, La Piedra, Hotel Buena Vista y Edificio Almirante que fue demolido haciendo uso de explosivos (implosión). También resultaron seriamente dañadas edificaciones como el museo de Bahía de Caráquez, Hotel La Herradura, Hospital Miguel Hilario Alcívar, Edificio del Banco Central, entre otras.

En San Vicente, en la parroquia Canoa, 110 establecimientos de hospedaje resultaron afectados, entre ellos: Hotel Royal Pacific, Hotel Shait, Hotel JetBless (colapsó totalmente), entre otras edificaciones. Negrete (2017) refiere una encuesta que demuestra que el 26% de la población en el cantón San Vicente perdió su vivienda por efectos del terremoto. En Jama, se destruyeron siete hoteles, entre los que destacan la Hostería El Cisne, cuya edificación fue demolida totalmente.

En todo caso, el terremoto generó gran cantidad de residuos sólidos adicionales. Las ciudades manabitas experimentaron un aumento en la generación de residuos de aproximadamente 25%, pues, en el primer mes del desastre de 2016, se recolectaron alrededor de 790 toneladas diarias en cuatro cantones de Manabí, distribuidas como sigue en la Tabla 1.3. Como se observa, los cantones más próximos al epicentro, donde fue mayor el nivel de destrucción de la infraestructura física pública y privada, la cantidad de los residuos fue mayor, tal es el caso de los cantones Sucre y Pedernales.

Tabla 1.3
Edificaciones dañadas en Manabí tras el terremoto de 2016

Cantón	Residuos recolectados		
	Antes del sismo (toneladas.)	Después del sismo (toneladas)	Incremento (%)
Manta	290	345	18,97
Sucre	28	45	60,71
Portoviejo	280	350	25,00
Pedernales	35	50	42,86
Total	633	790	24.80

Fuente: MAE, 13 de mayo de 2016.

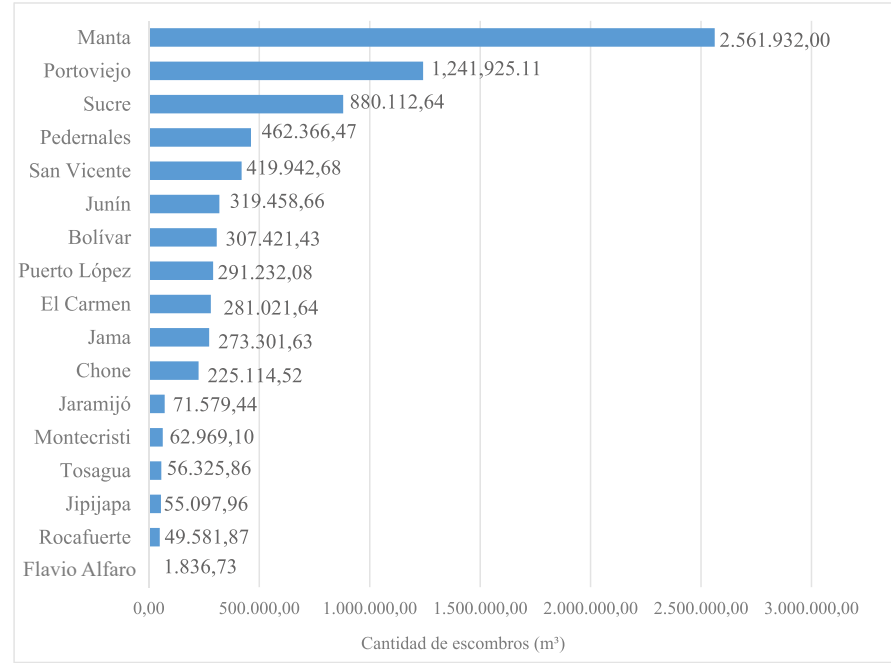
De acuerdo con el protocolo de demolición y retiro de escombros, la gestión de residuos estuvo a cargo de las autoridades del gobierno central y de los gobiernos autónomos descentralizados (GAD). El Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI) evaluó las edificaciones destruidas, mientras que los propietarios aprobaron el plan de demolición y la municipalidad autorizó las demoliciones. Finalmente, el Ministerio de Transporte y Obras Públicas ejecutó las demoliciones. Por su lado, el MAE fue el responsable de autorizar los sitios de disposición final (escombreras) del material de construcciones y demoliciones (C&D).

En este proceso de recuperación de materiales en la emergencia, el Comité Nacional de Operaciones de Emergencia (COE), a través de la mesa 9, “Manejo de residuos” ofreció asesoramiento técnico a los municipios de los cantones afectados para la gestión de residuos. Además, entre otras iniciativas, entregó tachos y contenedores, coordinó con los gestores ambientales la recuperación de botellas PET y chatarra, dictó charlas sobre el manejo de residuos

y el diseño e implementación de centros de acopio temporal para lo albergues.

Según el MTOP, en 2016 y 2017, se realizó la demolición y disposición de escombros del desastre en Manabí. En este período, se demolieron 11.472 viviendas y edificios. En conjunto, los escombros generados se estimaron en más de 11.400.000 metros cúbicos, de los cuales, en Manabí, se demolieron 10.397 edificaciones y se generaron 7.561.219,81 metros cúbicos de escombros (MTOP, 2017). La información sobre las cantidades de residuos de edificios se muestra en la Figura 1.9.

Figura 1.9
Residuos de construcción generados por el terremoto en la provincia de Manabí, Ecuador (2016)



Fuente: Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2017.

Los cantones manabitas que más escombros generaron fueron Manta (33,9%), Portoviejo (16,42%), Sucre (11,6%) y Pedernales (6,12%). La mayoría de los edificios dañados en Manabí eran antiguos, contruidos en ladrillos aglomerados con mortero de cemento en las paredes, mientras que otras edificaciones tenían mampostería como componente principal de la construcción. Así, la generación de hormigón como escombros fue bastante menor. Otros materiales de construcción presentes fueron ladrillo, piedra, madera, metal, cemento, aluminio, acero, tierra, etcétera. Se desconoce la cantidad de cada tipo de material de escombros generado por el sismo en Manabí por falta de registro.

La generación excesiva de residuos por efectos del sismo en la provincia de Manabí obligó a las autoridades a trasladar estos desechos hacia sitios provisionales establecidos, dado que los lugares de disposición final que existían no eran suficientes para trasladar toda la cantidad de residuos generados. Se estima que aproximadamente 750.000 metros cúbicos diarios fueron trasladados hacia las escombreras establecidas por el Ministerio del Ambiente en: Manta, Sucre, Montecristi, Portoviejo, Jama, Rocafuerte, Pedernales, Bolívar y Jaramijó (MAE, 13 de mayo de 2016).

El sismo provocó un costo social adicional porque los costos de operatividad, tratamiento, almacenamiento y disposición final de desechos no eran los mismos que en condiciones normales, puesto que el volumen de estos aumentó progresivamente debido a los efectos del terremoto. La gestión rápida de residuos posterremoto no sería posible sin la labor de los recicladores porque, independiente de si son formales o informales, lograron disminuir el costo social total que provocó el desastre de abril de 2016.

1.3. Eliminación y gestión de los residuos sólidos del desastre

Como ya se mencionó, el terremoto de 2016 causó daños en edificios y viviendas de tal magnitud que más de 140.000 personas quedaron sin hogar. El desmontaje de estas edificaciones dañadas generó enormes cantidades de residuos especialmente en los cantones Portoviejo, Manta, Pedernales, Sucre, San Vicente y Jama. Ante esta situación, la gestión de residuos fue una de las tareas más críticas relacionadas con la recuperación después del desastre. Inmediatamente después del terremoto, fue casi imposible estar seguro de la capacidad, costo y tiempo de limpieza necesarios.

En una respuesta de emergencia, los escombros tienden a desecharse en sitios no oficiales. De hecho, aún se desconoce las cantidades vertidas en sitios no autorizados en el área afectada. Las autoridades coordinaron el manejo de residuos en los albergues y capacitaron a las personas en medidas de protección durante el proceso de demolición de las edificaciones evaluadas y declaradas como “no habitable”. Los municipios identificaron sitios que podían ser rellenados con los escombros de la mampostería de los edificios demolidos (SGR, 63, 10 de mayo de 2016).

El manejo de la gran cantidad de residuos generados por el terremoto fue un verdadero desafío para las autoridades responsables, dada la inadecuada infraestructura técnica y financiera. No obstante, los escombros generados por el sismo fueron removidos en dos fases: i) limpieza inicial para operaciones de rescate y ii) remoción para la recuperación de áreas afectadas.

Es importante considerar que cuando ocurrió el terremoto, la gestión de residuos sólidos no era prioridad en la mayoría de los cantones y no existían planes de gestión en caso de desastre. Por ello,

el manejo de los residuos en las áreas afectadas se convirtió en un gran problema en cuanto a la disposición de la basura en vertederos a cielo abierto que presentaban altos riesgos de contaminación.

El Ministerio del Ambiente, en coordinación con el Ministerio de Salud, Ministerio de Inclusión Económica y Social, Ministerio de Transporte y Obras Públicas, Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos, Ministerio Coordinador de Desarrollo Social y Fuerzas Armadas, realizaron acciones puntuales para apoyar la labor de los gobiernos locales en los procesos de recolección, clasificación de los residuos ordinarios, disposición adecuada de los residuos sanitarios y ubicación de sitios adecuados para el depósito de escombros. El personal técnico del Ministerio de Transporte y Obras Públicas de Ecuador o el personal de la empresa contratada para la demolición y transporte de los escombros, determinó la cantidad generada y las recolectó en sitios de almacenamiento temporal o final, según el caso.

Poco después del terremoto, un programa de reciclaje eficiente era técnicamente inviable. Por ello, las autoridades se vieron obligadas a enviar 750.000 metros cúbicos diarios de escombros de construcción a nueve botaderos ubicados en las ciudades de Portoviejo, Manta, Bahía de Caráquez, y en los cantones de Rocafuerte, Pedernales, Jaramijó, Montecristi, Bolívar y Jama. Cabe destacar que estos escombros estaban contaminados con bifenilos policlorados, asbesto, plomo, restos humanos y animales, entre otros.

La cantidad de residuos generados por el conjunto de las localidades afectadas aumentó en casi un 50%. Con el propósito de encontrar la manera eficiente de gestionar los residuos sólidos del desastre, el Ministerio del Ambiente del Ecuador (MAE), en conjunto con los municipios de los cantones afectados por el sismo, imple-

mentaron los planes correspondientes para el manejo de escombros siguiendo ciertas normas ambientales. Se determinaron los sitios de disposición de residuos ordinarios y peligrosos.

Además, se implementó un plan para la reducción de los residuos ordinarios, especialmente las botellas de agua de plástico recolectadas en contenedores individuales colocados en albergues y zonas de mayor concentración de personas. Este material fue trasladado por gestores ambientales fuera de las zonas de desastre para evitar su acumulación y contaminación, coordinando en el sitio que los vehículos, a su regreso, luego de entregar la ayuda humanitaria, trasladen las botellas plásticas y cartones a lugares seguros donde puedan ser reciclados. Por el contrario, los residuos peligrosos se dispusieron en botaderos regulares existente antes del sismo.

Los coordinadores de gestión de residuos de desastres solían ordenar a los voluntarios y personal que trabaja en áreas de desastre que los residuos producidos durante su turno regresen en sus mochilas y vehículos, de manera de colaborar con su manejo adecuado en las áreas atendidas.

El Ministerio de Seguridad y Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI) redactó el protocolo para el proceso de demolición y remoción de escombros. Paralelamente, en las zonas afectadas, las entidades nacionales y los gobiernos provinciales iniciaron la limpieza de sitios y caminos. Varias empresas constructoras privadas de otras provincias del Ecuador, apoyaron estas actividades.

El 26 de abril de 2016, se creó el Comité para la Reconstrucción y Reactivación Productiva del Empleo en las zonas afectadas por el terremoto. Este ente reasignó funciones: el Ministerio de Coordinación y Seguridad, asumió la responsabilidad del eje de emergencia;

y el MTOP, se encargó de la remoción de escombros. Con el asesoramiento del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), el comité revisó el documento de Protocolo para el Proceso de Demolición y Remoción de Escombros que entró en vigencia a partir del 30 de mayo de 2016, 45 días después de sucedido el sismo.

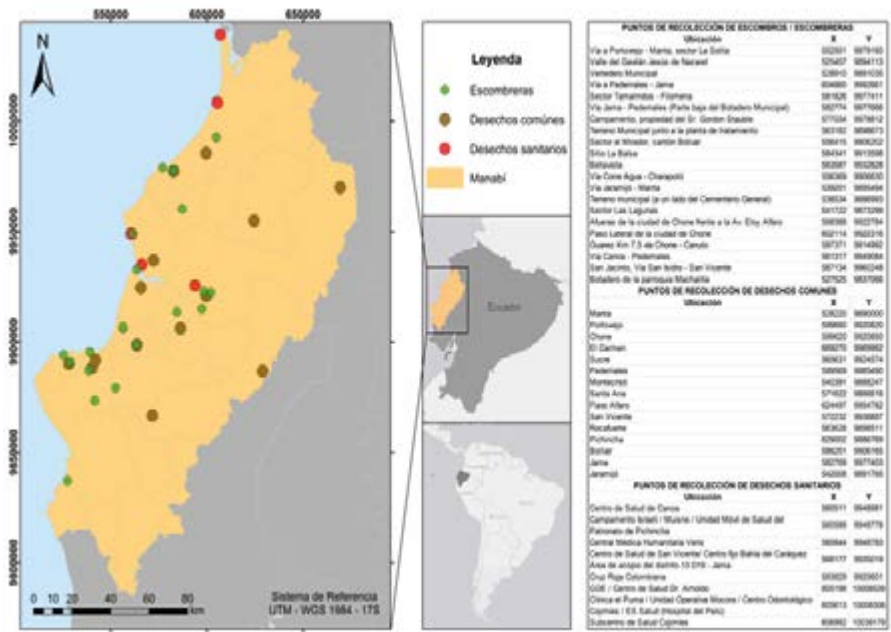
Según el protocolo, la contratación de la demolición de las edificaciones afectadas y la remoción de escombros estuvo a cargo del MTOP (Bermúdez-Arboleda, 2018). Los técnicos especialistas del MAE determinaron los lugares para disposición de residuos del desastre y habilitaron los veintinueve sitios aprobados (Figura 1.10). Uno por uno, estos rellenos sanitarios fueron inhabilitados y actualmente todos están cerrados.

Se retiraron los escombros y residuos de edificios destruidos y demolidos, así como también de vías y amplias zonas donde hizo falta habilitar los accesos para el tránsito de vehículos y personas. Además de la recolección de los desechos comunes y sanitarios, en este proceso no se realizó clasificación alguna de los residuos que fueron dispuestos en botaderos designados por el MAE y en botaderos municipales o sitios provisionales, según el caso.

Con el asesoramiento del PNUD, las autoridades locales de las zonas arruinadas implementaron un programa de empleo de emergencia para iniciar, cuanto antes, el proceso de reconstrucción. El PNUD comenzó en una comunidad rural costera de la provincia de Manabí, con la participación de treinta familias. Se ejecutaron dos proyectos de retiro de desechos de desastres en dos parroquias rurales (Las Gilces y Riochico) de Manabí. Las actividades se centraron en la gestión de escombros y la reconstrucción de la infraestructura comunitaria para la reactivación de la economía local. Los expertos del PNUD contaban con experiencia en capacitación en la

gestión de escombros y la reparación de infraestructura dañada en comunidades de otros países afectados por desastres.

Figura 1.10
Sitios de disposición final de escombros del sismo en Manabí de 2016



Fuente: Subsecretaría de Gestión de Riesgo, Informe 60, 06 de mayo, 2016.

La gestión de residuos incluyó la inspección y evaluación de los edificios y viviendas dañadas. Un segundo proceso consistió en la obtención de permisos de los propietarios de las estructuras a demoler y del Gobierno Municipal (GAD) correspondiente. Estas actividades se retrasaron porque los propietarios se opusieron a la demolición de sus inmuebles y el GAD, sin la autorización del propietario, no podía emitir los respectivos permisos individuales de demolición. Además, en ciertos casos, se entregó a las brigadas de remoción de escombros equipos de protección individual y una caja de herramientas de primera necesidad.

No cabe duda de que las decisiones fueron tomadas sobre la marcha para resolver los problemas inmediatos en la gestión de una mayor cantidad de residuos *versus* los volúmenes generados y gestionados en condiciones de normalidad. Esto produjo un fallo de mercado que transfirió un costo social a la sociedad incrementado por una ineficiencia en la gestión de los desechos del evento sísmico, lo cual se constituye en uno de los factores que explica la baja tasa de reciclaje de estos desechos.

1.4. Reciclaje y reúso de materiales recuperados de los residuos posterremoto 2016

Según Kellenberg (2013), el total de residuos comercializados en el mundo es de aproximadamente 200 millones de toneladas por año. Entendemos el impacto de esta cifra cuando la comparamos con el total de escombros generados por los ataques terroristas en los Estados Unidos el 11 de septiembre de 2001 (1.6 millones de toneladas) y por el gran terremoto del este de Japón en 2011 (26.7 millones de toneladas). Más importante aún, el volumen de comercio de residuos ha aumentado en un 67% en los últimos cinco años.

En Ecuador, aunque no existe datos exactos de las toneladas de escombros generados, el Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO) estima que fueron más de 11.400.000 metros cúbicos (MTO, 2017). La recuperación de escombros en Manabí se ejecutó mediante la recolección por parte de los contratistas del MTO, los propietarios que demolían y vendían a recuperadores de materiales, los GAD recolectaban a través de sus trabajadores municipales asignados a esta tarea (en las calles de las zonas afectadas) y mediante recicladores informales autorizados (en los vertederos); y los recicladores informales (en las calles en zonas afectadas sin

autorización alguna). En ningún caso, se llevó registro sobre el volumen específico de cada tipo de residuo generado, transportado, dispuesto, recuperado o reutilizado. Sin embargo, se recogieron algunos datos de los centros de acopio y chatarra sobre materiales como aluminio, chatarra y diversos tipos de papel, cartón y otros materiales de desecho.

Una parte de los desechos del terremoto se recicló y reutilizó en la fase de limpieza, lo que generó importantes beneficios económicos a través de la creación de empleo. Personal técnico del MTOP —o de sus contratistas— determinó la cantidad de escombros generados, gestionó su recolección en sitios de almacenamiento temporal y realizó los arreglos correspondientes para su disposición o reciclaje. Algunos de los materiales recolectados no fueron reutilizados, pues estaban contaminado con restos de metales pesados o aceites de transformadores, entre otras sustancias que podrían afectar a la salud humana (MAE, 13 de mayo de 2016).

La Tabla 1.4 muestra los desechos recuperados en el primer mes posterior al terremoto en Manabí (Encuesta, 2019-2020).. Los materiales recuperados fueron principalmente chatarra (50,32%), plástico de tereftalato de polietileno (PET) (24,01%) y cartón (11,16%). La recuperación de los desechos relacionados con el desastre se logró de tres maneras: (1) la recolección en los vertederos municipales de los cantones de Manabí por parte de recicladores informales en basureros, (2) la recolección por parte de recicladores informales de las aceras y la basura acumulada en las calles, y (3) recolección de los residuos sólidos por parte de los trabajadores municipales, quienes recogieron el material en las rutas regulares de recolección.

Tabla 1.4*Materiales recuperados en Manabí después del terremoto de 2016*

Materiales	Kg/mes	Porcentaje
Chatarra	6.693.462,40	50,32
Tereftalato de Polietileno (PET)	3.193.639,60	24,01
Cartón	1.484.173,10	11,16
Polietileno de alta densidad (HDPE)	496.595,35	3,73
Plástico sillas y mesas	469.800,00	3,53
Papel	260.464,97	1,96
Vidrio	199.406,85	1,50
Baterías de vehículos	93.303,87	0,70
Polietileno de baja densidad (PEBD)	89.819,80	0,68
Plástico de Línea Hogar	45.370,00	0,34
Aluminio Perfil	38.000,61	0,29
Metal (Cobre)	37.905,60	0,28
Acero	31.530,43	0,24
Aluminio Mixto	29.449,82	0,22
Radiadores Cobre-Aluminio	22.994,57	0,17
Zuelas de Zapatos y Botas	21.900,00	0,16
Aluminio Duro	19.168,42	0,14
Radiadores Cobre-Bronce	18.281,56	0,14
Policloruro de Vinilo (PVC)	16.320,00	0,12
Metal (Bronce)	15.984,64	0,12
Plomo	6.029,16	0,05
Aluminio Olla	5.674,41	0,04
Aluminio Caneca	4.165,43	0,03
Aerosol	3.850,00	0,03
Calamina	1.847,25	0,01
Radiadores Aluminio	1.435,38	0,01
Total	13.300.573,22	100

Nota: en el material vidrio se incluyen varios colores: verde, blanco, café y mixto

Fuente: Encuesta, 2019-2020.

En los primeros días posteriores al terremoto, se organizaron recicladores individuales en la fuente para separar y recuperar material de desecho. También se recuperaron materiales de desecho en sitios de disposición temporal y final. En ciertos casos, las empresas de otras provincias del Ecuador compraron edificios dañados a sus propietarios antes de la demolición para generar el reciclado de chatarra. Los recicladores recuperaron una parte de los residuos ordinarios en el vertedero municipal, incluyendo el cartón, papel (PET), polietileno de alta densidad (HDPE), polietileno de baja densidad (PEBD) y aluminio perfil.

La mayoría de los materiales recuperados se vendió en las recicladoras más pequeñas de las ciudades de Manabí, ya que hay pocas microempresas dedicadas al reciclaje. Las recicladoras vendían a los centros de reciclaje filiales (microempresas) en la provincia y, luego, estas vendían a las plantas industriales de ciudades como Quito o Guayaquil. El resto de los residuos no recuperados se trituraron y compactaron en cada relleno sanitario de cada cantón.

El material recuperado se separó y clasificó, reutilizando parte de los materiales y destinando otros a reprocesamiento industrial. Entre estos destacaban el acero, bronce, cobre, baterías, residuos plásticos domiciliarios, aluminio, chatarra, equipos electrónicos y otros materiales estrechamente relacionados. En concreto, además del reciclado, se desarrolló un proceso de reutilización que permitía que los materiales se vendieran a un precio pactado entre el reciclador y el comprador. Principalmente, los bienes reutilizados fueron: lavadoras, estufas/hornos, planchas, licuadoras y tostadoras, así como puertas, ventanas, zinc de techos y fregaderos. Es importante mencionar que hubo materiales de construcción que no se reutilizaron, tal es el caso de ladrillos, escombros de piedra y madera.

Asimismo, a causa del sismo algunos materiales se dañaron severamente y no fue posible reutilizarlos. Sin embargo, la reutilización posterremoto logró una cantidad mayor (82.145,27 kg) con respecto a la cantidad reutilizada antes del terremoto (13.155,22 kg). Esto muestra que, a pesar de los daños ocasionado por el sismo, se observa un incremento significativo en la reutilización de materiales. El beneficio de reciclar los desechos de desastres radica en su valor de uso en la reconstrucción, mientras que también genera importantes ingresos para los recicladores y sus familias durante el período de recuperación económica.

Bibliografía

Aguiar, R., Andrango, K., Araujo, A., Aroca, J., Arostegui, M., Burbano, A., Bustamante, L., Calderón, D., Cando, D., Cevallos, A., Chamorro, M., Chipantiza, K., Criollo, D., Erazo, J., Estacio, S., Gaibor, K., Guacho, J., Hidalgo, J., Luján, D., ... Calderón, H. (2017). Structural behavior of buildings affected by the 2016 earthquake in Manta. First part. *Revista Ciencia*, 19(3), 363-387.

Aguiar, R., y Míles, Y. (2018). Análisis de los edificios que colapsaron en Portoviejo durante el terremoto del 16 de abril de 2016. *Revista Internacional De Ingeniería de estructuras*, 21(3). <https://doi.org/10.24133/riie.v21i3.601>.

Bermúdez-Arboleda, N. (2018). La remoción de escombros y la experiencia del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo luego del terremoto del 16 de abril: hacia una nueva normalidad. En A. Carrión, I. Giunta, A. Mancero, G. Jiménez (Eds.), *Posterremoto, gestión de Riesgos y cooperación internacional*, (pp. 131-156). IAEN. <https://editorial.iaen.edu.ec/wp-content/uploads/2018/08/Posterremoto.pdf>.

Comité para la Reconstrucción y Reactivación Productiva (2016). Plan Reconstruye Ecuador. Informe Trimestral de Gestión (mayo -agosto de 2016). https://www.reconstruyeecuador.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/10/Informe-Asamblea_SeTec-Reconstrucci%C3%B3n_20160830.pdf.

El Comercio (20 de abril de 2016). 42 hoteles colapsaron por el terremoto en Pedernales, Manta y Portoviejo. <https://www.elcomercio.com/actualidad/negocios/hoteles-colapsaron-terremoto-manabi.html>

GAD del cantón Portoviejo (2017). Procedimiento para la operación, control y mantenimiento de la celda emergente para la disposición final de desechos comunes. Departamento de Gestión Ambiental del Municipio de Portoviejo.

GAD del cantón Portoviejo (2016a). Informe sobre edificaciones con daños estructurales y no estructurales en la zona cero de la ciudad de Portoviejo. Departamento de Desarrollo Territorial del Municipio de Portoviejo.

GAD del cantón Portoviejo (2016b). Sitio la Solita. Departamento de Higiene del Municipio de Portoviejo.

INEC (2016). Cuaderno de trabajo No. 3: Estimando costos de un desastre. El costo en el sector productivo del terremoto de abril de 2016 en Ecuador: Una aproximación metodológica. INEC.

Kellenberg, D. (2013). Trading wastes. *Journal of Environmental Economics and Management*, 64, 68–87.

Lindao Cabezas, M. G. (2018). *Estudio de las causas de demolición de edificios afectados por el sismo del 16 de abril del 2016 en Portoviejo*, tesis de grado, Universidad Católica Santiago de Guayaquil, Ecuador.

MAE (13 de octubre de 2016). MAE supervisa correcto manejo de desechos a causa de terremoto. <https://www.ambiente.gob.ec/mae-supervisa-correcto-manejo-de-desechos-a-causa-de-terremoto/>

MIDUVI (2017). *Registro de hogares para reconstrucción de vivienda 2016-2017*. Programas Bonos para la construcción de vivienda nueva en terreno propio y bono de mejoramiento de vivienda.

MTOP (2017). *Demoliciones 2016 y 2017*. Ministerio de Transporte y Obras Públicas de Ecuador.

OCHA (13 de octubre de 2016). Ecuador Terremoto. 16 de abril 2016. Informe a seis meses. https://www.humanitarianresponse.info/sites/www.humanitarianresponse.info/files/documents/files/ocha_20161015_informe_6_meses.pdf

PAHO/WHO (2016). Earthquake in Ecuador. Situation Report, April 4-21. https://www3.paho.org/disasters/dmdocuments/Earthquake%20in%20Ecuador%20PAHO_SitRep_21APR16.pdf

SENPLADES (2016). *Evaluación de los Costos de Reconstrucción. Sismo en Ecuador abril 2016*. www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/04/Evaluacion-de-los-Costos-de-Reconstruccion-Libro-Completo.pdf

SGR (04 de mayo de 2016). Informe de situación No. 58. <https://www.gestionderiesgos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/05/INFORME-58-DEL-04-05-16-18H30.pdf>

SGR (10 de mayo de 2016). Informe de situación No. 63. <https://www.gestionderiesgos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/05/INFORME-63-DEL-10-05.pdf>

SGR (11 de mayo de 2016). Informe de situación No. 64. <https://www.gestionderiesgos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/05/Informe-de-Situaci%C3%B3n-64-11052016-%E2%80%9318H001.pdf>

SGR (16 de mayo de 2016). Informe de situación No. 65. <https://www.gestionderiesgos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/05/Informe-de-Situaci%C3%B3n-65-16052016-%E2%80%9318H001.pdf>

[loads/2016/05/Informe-de-situaci%C3%B3n-n%C2%B065-especial-16-05-20161.pdf](https://www.gestionderiesgos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/05/Informe-de-situaci%C3%B3n-n%C2%B065-especial-16-05-20161.pdf)

SGR (19 de mayo de 2016). Informe de situación No. 69. <https://www.gestionderiesgos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/05/Informe-de-Situaci%C3%B3n-69-%E2%80%9319052016-%E2%80%9312H30.pdf>

SGR (19 de mayo de 2016). Informe de situación No. 71. <https://www.gestionderiesgos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/05/INFORME-n71-SISMO-78-20302.pdf>

SGR (23 de abril de 2016). Informe de situación No. 38. <https://xdoc.mx/documents/informe-de-situacion-no-38-23-04-2016-5dd-d876eb16eb>

SGR (06 de mayo de 2016). Informe de situación No. 60. <https://www.gestionderiesgos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/05/INFORME-60-DEL-06-05-19H002.pdf>

CAPÍTULO II

ECONOMÍA DEL RECICLADO

2.1. La Economía Circular

La Economía Circular (EC) es un concepto con un gran potencial para transformar las prácticas de producción y consumo (Clube y Tennant, 2022). Consiste en el diseño e implementación de estrategias, prácticas, políticas y tecnologías (Stefanakis y Nikolaou, 2021) para lograr la reducción, reutilización, reciclaje, rediseño, refabricación, reconstrucción, restauración y recuperación de los residuos sólidos, procurando que el funcionamiento cotidiano de los actores económicos y sociales promuevan simultáneamente el desarrollo económico, conservación de la naturaleza y equidad social (Svensson *et al.*, 2018; Stefanakis y Nikolaou, 2021). Se considera tres conceptos centrales: (i) beneficio económico; (ii) beneficios ambientales a través de la implementación de las “3R”: reducir, reutilizar, reciclar; y, (iii) equidad social (Kirchherr *et al.*, 2017).

En el presente trabajo se considera el reciclado, cuyo proceso incorpora la recuperación y la reutilización de materiales que han sido desechados, así como la refabricación de parte de estos residuos. El reciclado, recuperación, reutilización y refabricación constituyen estrategias de la Economía Circular (EC). Esta estrategia de extensión busca prolongar la vida productiva de los bienes y sus partes (Ekins *et al.*, 2019). Los materiales se transforman a través de varias fases de uso. La capacidad de extender la vida útil de los recursos como un medio para crear valor y reducir la

destrucción de valor debe ser articulada por la EC (Blomsma y Brennan, 2017).

El reciclado constituye un principio fundamental de la teoría de la Economía Circular, la cual tiene como objetivo generar la sostenibilidad y prosperidad económica, reducir los problemas de contaminación y crear un sistema medio ambiental eficiente con base a la reducción, reúso y reciclado de los residuos (Prieto *et al.*, 2017). En conclusión, un mayor reciclaje y refabricación de materiales es clave en una EC (McCarthy *et al.*, 2018). Por lo tanto, aumentar la proporción de los materiales reciclados es uno de los principales requisitos de la EC (Ekins *et al.*, 2019). De ahí que el abordaje de la valoración económica y social del reciclado en el presente trabajo es relevante.

2.2. Externalidad producida por los residuos sólidos

Un terremoto provoca grandes cantidades de residuos sólidos (escombros, aluminio, cartón, plástico, entre otros), lo que se constituye un fallo de mercado. Esto se debe a que se genera un costo social por su excesiva acumulación, produciendo afectaciones humanas y ambientales. Para enfrentar esta externalidad, los municipios deben incurrir en costos operativos de gestión de residuos. Antes esta situación, la intervención del gobierno nacional es prioritaria para generar estrategias e incentivos que tengan como finalidad reducirlos e internalizar el fallo de mercado.

El impuesto es una de las estrategias más sostenible para internalizar la externalidad (costos) provocada por los residuos sólidos en los sistemas económicos. Aunque los gobiernos municipales cobran a la ciudadanía una tasa diferenciada para minimizar los riesgos adversos que generan la producción de residuos, los valores recaudados por este impuesto resultan muchas veces insufi-

cientes para cubrir todos los costos operativos que se incurren en los procesos de gestión. La recaudación tributaria juega un papel importante para desarrollar la ejecución del presupuesto de los gobiernos municipales (Morán *et al.*, 2018). Sin embargo, en Ecuador, los presupuestos asignados para los sistemas de recolección son deficitarios, es decir, su tasa no permite una recaudación municipal en función de la generación de residuos dentro de los hogares (Aguirre y Ortega, 2022).

Otro método para internalizar la externalidad de desechos es la implementación del reciclaje, ya que es una alternativa de gestión para corregir los fallos de mercado que permite determinar la cantidad eficiente de recuperación. En teoría económica, el costo marginal de reducción (CMR) es generado por la actividad del reciclado y, a medida que aumenta el reciclado de residuos sólidos, este costo marginal de reducción empezará a aumentar y, por ende, otorgará un beneficio para la sociedad (Pindyck y Rubinfeld, 2013). El costo social (CS) comprende el daño que provoca al medio ambiente y a la integridad de los ciudadanos la generación excesiva de residuos. Es probable que el costo social marginal aumente, debido en parte a que el costo privado marginal es creciente (costo de existir residuos en el ambiente) y porque los costos del vertido de desechos aumentan (Pindyck y Rubinfeld, 2013).

La cantidad eficiente de residuos se encuentra en el punto en donde el coste marginal del reciclado es igual a el coste social marginal del vertido (Pindyck y Rubinfeld, 2013), pues cuando se recicla, la curva de costo privado de residuos empieza a disminuir y la curva del costo marginal de reducción empieza a aumentar, esto se debe al efecto del fomento de la actividad del reciclado que provoca que cantidades de residuos se reciclen y esto, a la vez, produce que la capacidad de disposición utilizada en los vertidos

sea menor, por lo tanto, producirá un beneficio social generado por la internalización (reciclado).

En condiciones normales, el ingreso percibido mediante la implementación del impuesto resulta ser insuficiente para cubrir los costos para gestionar los desechos sólidos. En situación de desastre, este déficit presupuestario aumenta al generarse grandes volúmenes de desechos adicionales. En el caso del presente estudio, el impuesto municipal por concepto de barrido y recolección de basura no cubrió ni el 50% de los costos del manejo y gestión de los residuos sólidos generados por el terremoto de abril del 2016 (Entrevista GAD Municipales, 2019).

El terremoto ocasionó un problema en la gestión de residuos, por lo tanto, la implementación de un impuesto no es el método más eficiente. Antes ello, el reciclado es una estrategia de recuperación económica y ambiental que permite reducir la consecuencia del fallo de mercado que producen los residuos sólidos. Primero, porque reduce costos operativos municipales; segundo, porque genera un incentivo económico productivo a los recicladores; y, tercero, porque reduce el costo social y ambiental.

2.3. Costos de Producción

En microeconomía, la función de producción está relacionada implícitamente con la función de costos, ya que la multiplicación de cada factor de la producción por su respectivo precio representa un costo para el productor. El costo total se define como la sumatoria de todos los costos de los factores utilizados en un determinado nivel de producción de bienes o servicios. Los costos pueden ser definidos a corto y largo plazo. En el largo plazo, se hace referencia a aquella condición en la que todos los factores de la producción

son variables, es decir, que ninguno permanece fijo dentro de un horizonte de tiempo. Por el contrario, en el corto plazo, existen costos variables y al menos uno de los factores de la producción debe permanecer fijo (Cervantes, 2014).

Los costos fijos incluyen el pago por concepto de servicios básicos, gastos en mantenimiento activos, seguro y, quizá, un número mínimo de trabajadores (aquellos empleados que no están vinculados directamente con la producción). Los costos variables aumentan (disminuyen) cuando aumenta (disminuye) la producción. Comprende los gastos en sueldos, salarios y materias primas. Parkin y Loría (2010), agregan la conceptualización del costo marginal y medio. El costo medio total (CTM) hace referencia al costo total que se incurre por unidad de producción; mientras que el costo marginal (CM), se refiere al incremento que experimenta el costo total por el aumento de la producción en una unidad. Los costos medios que son fijos presentan una disminución cuando se incrementa la producción, mientras que los costos medios que son variables se incrementan cuando se aumenta las unidades de producción (Varian, 2006). En teoría de costo de producción, el análisis marginal y medio es muy importante, ya que a través de ellos es posible tomar decisiones que permitan diseñar estrategias adecuadas para maximizar la producción.

Según Rincón y Villareal (2010), los costos se pueden establecer en tres elementos principales que son: la materia prima directa (MPD), la mano de obra directa (MOD) y los costos indirectos de fabricación (CIF). La materia prima directa es el material que guarda relación directa con el producto final. La mano de obra directa es la fuerza laboral que está físicamente relacionada con el proceso de fabricación del producto, mientras que los costos indirectos de fabricación son todos los costos que no se pueden asociar directamente

con el producto o es complejo asociarlo con precisión, pero que son importantes de analizar porque incluye la mano de obra y materia prima indirecta.

Por otro lado, el costo externo marginal (CEM) hace referencia al costo impuesto externamente cuando las industrias producen una unidad más (Pindyck y Rubinfeld, 2013). El CEM tiene pendiente positiva: si se incrementa la producción de bienes, también se genera mayores cantidades de residuos que posteriormente desencadena daños a terceras personas por la contaminación y los perjuicios de los desechos. Para Parkin y Loría (2010), cuando se produce una unidad adicional de un bien o servicio que genera un costo que se transfiere a terceras personas, constituye un efecto negativo del proceso de producción. Si bien es cierto que el productor afronta el costo privado cuando produce, también es cierto que cuando vende su producción genera un beneficio para él mismo (tipo privado). Esto no pasa con los agentes que son externos, pues ellos afrontan el costo social que demanda el productor sin obtener un beneficio de igual valor.

El costo marginal social (CMS) es la suma del costo privado marginal y del costo externo marginal. Es decir, el CMS es aquel costo en el que incurre toda la sociedad (tanto productores como todas aquellas personas externas). Provoca una ineficiencia para la sociedad. Para lograr la eficiencia, la cantidad de reciclado de material de desecho debe igualar el costo social marginal de la eliminación de los desechos y el costo marginal del reciclado, es decir, $CSM = CMR$.

Según estimaciones de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), el monto destinado a la gestión de residuos en los países miembros asciende a cerca de un tercio de los recursos financieros que destina el sector público para el abatimien-

to y control de la contaminación (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT], 2017). La gestión de residuos es un proceso de poca capacidad, ya que existen controles históricos de estructuras de costos en los procesos operativos que han sido insuficientes para determinar el éxito de programas vinculados a la recuperación de materiales realizados por los gobiernos municipales (Salazar, 2020).

La cooperación intermunicipal (CIM) es una alternativa de gobernanza para los GAD municipales que tradicionalmente han gestionado sus desechos de forma independiente y quieren mejorar su rendimiento de gestión o reducir sus costos de operación (Nina y Berdeja., 2021). Los académicos han estudiado la CIM como una solución para generar economía de escalas y reducir costos financieros derivados de la gestión de residuos municipales. En este marco de cooperación, los municipios participan activamente en el intercambio de información y la capacitación conjunta para mejorar su desempeño en la gestión de basura.

La recuperación de materiales no solo contribuye a alargar la vida útil de los vertederos o de evitar el deterioro de la salud o del ambiente, sino que también reduce el presupuesto que generalmente las autoridades asignan a la gestión de residuos de las localidades (Mendoza *et al.*, 2020). Por consiguiente, la recolección y transporte de residuos demandan costos operativos: transporte, mano de obra, capacitación y protocolos, mantenimiento y reparación de camiones, costo de disposición final, materiales y suministros, depreciación de edificios, equipos y camiones, combustibles, entre otros (Entrevista GAD Municipales, 2019).

En el proceso de recolección, transporte y disposición de los desechos es importante el uso de overoles, mascarillas, guantes, carreti-

llas, machetes, escobas, palas, entre otros insumos. La adquisición de estos materiales genera un costo fijo para los GAD municipales, son herramientas necesarias para realizar la actividad laboral de los recolectores de residuos sólidos. A esto se suman otros costos fijos correspondientes a los servicios básicos en la infraestructura administrativa y la depreciación de las maquinarias, vehículos y equipos (Entrevista GAD Municipales, 2020). En Ecuador, para la gestión eficiente de residuos ordinarios se autoriza a las municipalidades a establecer un sistema tarifario que se ajuste a la realidad económica y las necesidades de cada cantón, con base a los costos operativos y a las inversiones futuras necesarias para una gestión integral de desechos (Ministerio del Ambiente [MAE], 2020).

La gestión eficiente de la basura es uno de los principales problemas que enfrentan las ciudades del Ecuador, debido a la producción excesiva de residuos que son derivados de la explosión demográfica (Zevallos, 2021). Dadas las carencias de infraestructura para la recolección y el tratamiento de los desechos generados en países de Latinoamérica, la recuperación de materiales reciclables se constituye en un requerimiento de gran importancia en la reducción de los residuos enviados a los vertederos. Sin embargo, la recuperación de materiales reciclables mayormente se lleva a cabo en regiones mediante esquemas informales y procesos carentes de capacitación y tecnología. La importancia del reciclado se sustenta en que, entre mayor sea la cantidad de materiales reciclados, menor será la cantidad de materiales desechados y, por ende, los efectos perjudiciales desencadenados por la generación de residuos serán inferiores (Bermeo-Paucar *et al.*, 2018).

Los recicladores de base cumplen un papel fundamental en la cadena del reciclado, por cuanto tienen el primer contacto con los residuos para posteriormente llevarlos y venderlos en los centros de

acopios. Jiménez (2019) indica que los centros de acopios o recicladoras son los lugares de almacenamiento temporales de residuos sólidos en donde el reciclador de base proporciona los materiales a estos centros, con el objetivo de obtener ingresos. La operatividad de las recicladoras ocasionan costos operativos de mano de obra directa encargada de la clasificación y limpieza de residuos reciclables, alquiler de instalaciones, servicios básicos, alquiler de transporte para el traslado de los materiales hacia las grandes industrias del reciclado o a los centros mayoristas, suministro de limpieza, equipos como básculas, embaladora, compactadoras y, lo más importante, las herramientas utilizadas por los trabajadores de los centros de acopio: overoles, guantes, mascarillas, gafas, sombreros, alambre, sacos, piola, entre otros (Encuesta, 2019-2020).

2.4. El valor económico

El valor económico está relacionado directamente con el beneficio económico. En teoría económica, el beneficio representa la diferencia entre ingresos totales y costos totales, es decir, es la variable que permite medir el nivel de producción maximizador de los beneficios. Según Pindyck y Rubinfeld (2013), los beneficios son negativos cuando el ingreso es insuficiente para cubrir tanto los costos fijos como los costos variables. Por el contrario, cuando existe un incremento del nivel de producción, el ingreso aumenta más rápido que los costos, por ende, los beneficios terminan siendo positivos.

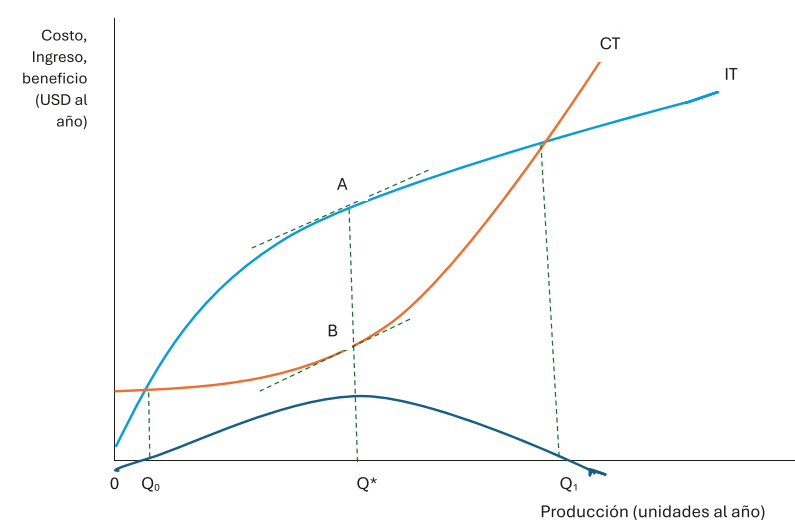
Parkin y Loría (2010) mencionan que la producción se relaciona directamente con los costos, ya que a partir de la curva de costos e ingresos del productor se puede determinar la producción que maximiza el valor económico. La curva de ingreso (total y marginal) determinan la relación entre los niveles de producción y del ingreso total. La maximización del beneficio implica que la función de ofer-

ta de una industria competitiva tiende a ser creciente al precio del bien, mientras que la función de demanda debe ser una función de tipo decreciente (Varian, 2006). La maximización de los beneficios es el objetivo económico principal que tiene el productor para de esta manera aumentar el valor de las empresas.

El beneficio económico está en función de la cantidad (Q), el ingreso total (IT) y del costo total (CT) (Rodríguez-Ríos y García-Páez, 2020). Lo anterior implica que el ingreso es una variable determinante del valor económico de la producción. Los ingresos se incrementan hasta que la producción alcanza el nivel óptimo, es decir Q^* , en donde el costo e ingreso marginal son iguales. Cuando los niveles de producción son superiores a Q^* el costo total aumenta más deprisa que el ingreso, por ende, los beneficios disminuyen (Figura 2.1). De esta manera, se deduce que el beneficio se maximiza en el punto en el que un incremento adicional de la producción no altera la utilidad (Pindyck y Rubinfeld, 2013).

Figura 2.1

Ingresos, costos y beneficios



La recuperación de materiales por parte de los recicladores está vinculada directamente con la teoría del valor económico. La formalización de los operadores ecológicos (recicladores) es el primer paso para un modelo de sostenibilidad, en el cual se otorguen deberes y derechos que puedan dar soporte a su trabajo (Ferronato *et al.*, 2019). El éxito de cualquier programa de reciclaje radica en el comportamiento y la actitud que tienen las personas hacia los desechos, es decir, es crucial reconocer quién recicla, por qué reciclar y cómo reciclar (Soni *et al.*, 2022). Los recicladores informales son los que mayormente contribuyen al reciclaje empleando técnicas relativamente primitivas. Las medidas de salud precarias los exponen a una variedad de contaminantes, problemas respiratorios y dermatológicos, lesiones, infecciones y otros problemas de salud graves que contribuyen a la baja esperanza de vida (Yang *et al.*, 2018).

2.5. El valor social

Según Parkin y Loría (2010), el beneficio marginal privado se refiere a aquel beneficio que recibe el consumidor por una unidad adicional de un bien o servicio, mientras que un beneficio marginal externo se refiere al adquirido por una persona distinta al consumidor por una unidad adicional de un servicio o producto. Por su parte, Pindyck y Rubinfeld (2013) indican que el beneficio social marginal (BSM) se obtiene al sumar el beneficio externo marginal y el beneficio privado marginal. El reciclaje de residuos genera un valor social porque el aumento de la recuperación de material desechado reduce el volumen enviado a los vertederos, por lo tanto, se alarga su vida útil y se genera un beneficio social (Medina-Mijangos *et al.*, 2021).

La externalidad negativa que es provocada por los residuos sólidos se puede internalizar con el mecanismo del reciclado, en razón de

que esta actividad genera beneficios a terceras personas. Cuando existe una mayor recuperación de material se genera un beneficio privado a los recicladores y a la sociedad. Además, produce un ahorro en el presupuesto asignado por los GAD al manejo y gestión de desechos sólidos (Gallegos-Garzón, 2021).

El beneficio marginal social es aquel que disfruta la sociedad y viene dado por el beneficio que obtiene el reciclador más el beneficio marginal que disfrutan los demás. La cantidad eficiente ocurre cuando el beneficio marginal social se iguala al costo marginal social (Parkin y Loría, 2010). En este sentido, el nivel eficiente del reciclado será en el punto en que el beneficio social marginal de la recuperación de materiales reciclable es igual al costo marginal incurrido en esa recuperación.

Los residuos sólidos generados pueden ser manejados de manera efectiva solo si participan los ciudadanos, recicladores y autoridades municipales (Soni *et al.*, 2022; Machacuay-Meza, 2021). Su gestión en situaciones de desastres puede tener beneficios no solo económicos y ambientales, sino también sociales si se planifica con eficacia (Sakai *et al.*, 2019). La eliminación y el tratamiento rápidos de los residuos sólidos generados durante los terremotos son esenciales para la rápida recuperación y reconstrucción de la localidad afectada (Tabata *et al.*, 2019).

2.6. La industria del reciclado en el Ecuador

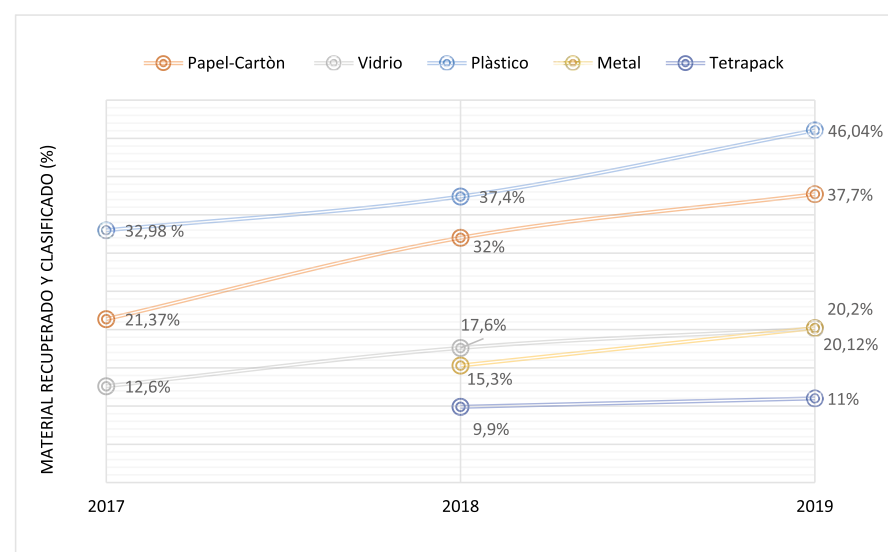
Para el Instituto Nacional de Estadística y Censos (2020), Ecuador experimenta un incremento de la cantidad de residuos de algún tipo que fueron separados y clasificados (Figura 2.2), lo que incide en un incremento de la cantidad de material recuperado y reciclado. En situaciones normales, en 2019, se clasificó el 40,09% de resi-

duos orgánicos. Los residuos inorgánicos que más se clasifican en el país corresponden a materiales como plásticos (46,04%), papel y cartón (37,70%), vidrio (20,12%) metal (20,20%) y tetrapack (11%).

En contraste, de los hogares urbanos (61,68%) que no clasifica los residuos sólidos, 35,09% señala que la principal razón para no hacerlo es no disponer de contenedores específicos, mientras 20,34% señala que no les interesa o no lo creen necesario. En los hogares rurales, la principal razón para no clasificar los residuos también es la falta de contenedores (31,17%), seguida por el desconocimiento sobre como clasificar la basura (27,55%) (IRR, 2015).

Figura 2.2

Residuos inorgánicos clasificados en hogares ecuatorianos, 2017-2019



Fuente: INEC, 2020.

La clasificación de basura conlleva la generación de residuos reciclables y, por ende, un incremento del costo de producción. El costo total depende de las cantidades recuperadas, en tanto si los centros

de acopios compran más materiales a los recicladores de base, entonces el costo variable empieza a aumentar. Las cantidades vienen dadas principalmente por el plástico, metales, cartón y papel.

Las empresas Enkador, Arca-Intercia, Recisa, Recypet y Reciplásticos, son la que actualmente tienen mayor participación en el mercado nacional de la recuperación de plásticos, logrando un porcentaje de participación del 80%. Enkador S. A. recupera alrededor de 14.000 toneladas de botellas al año. Recolecta diariamente un estimado de 1.400.000 botellas con la participación de alrededor de 1.400 personas en la recolección y acopio. El 95% de su producción es destinada a la exportación de diversos hilos, filamentos sintéticos de poliéster y nailon, usado en la industria textil de países como Reino Unido, Estados Unidos y China.

Por otro lado, la empresa Intercia, en sociedad con Arca Continental, recupera 1.000 toneladas de botellas plásticas al mes y busca incrementar el porcentaje del reciclado de este material. La inversión de Arca Continental bordeaba los 30 millones para la creación de una planta de reciclado y producción del tereftalato de polietileno (PET por sus siglas en inglés).

La recuperación del plástico se representa principalmente por el Tereftalato de polietileno (PET). El PET es uno de los materiales utilizado por las industrias embotelladoras de bebidas. Se caracteriza por poseer un nivel elevado de pureza, alta resistencia y tenacidad, presentando de esta manera propiedades de transparencia y resistencia química. Este polímero⁴ no se estira y no es afectado por gases atmosféricos ni ningún tipo de ácidos, dado que es resistente al calor y absorbe baja cantidades de agua. Su punto de fusión es

⁴ Sustancia compuesta en la que se entremezclan varias moléculas de monómeros con la finalidad de crear moléculas de mayor peso.

elevado, lo que facilita su planchado y es resistente al ataque de bacterias y hongos (García, 2017).

Si bien es cierto el PET, es uno de los materiales recuperados que mayormente se conoce por los grupos sociales, también es cierto que no es único, pues existen seis tipos de plásticos reciclables adicionales, como son: el HDPE (polietileno de alta densidad), el PVC (policloruro de vinilo), el PEBD (polietileno de baja densidad), el PP (polipropileno), el PS (Poliestireno), y otros (mezclas de otros plásticos).

En Ecuador, las principales empresas que directamente necesitan cartón y papel como materia prima para sus procesos de producción son: Papelera Nacional, Grupo Surpapel, Incasa y Cartopel. En el mercado de papel y cartón del país, las empresas Cartopel y Papelera Nacional con su empresa Intercia, tienen una participación de cerca del 55%, el Grupo Surpapel e Incasa con alrededor del 22% y 15%, respectivamente. En los últimos años, Surpapel ha iniciado procesos de compra de este material en todo el país, a través de su empresa filial Repapers, lo que está generando un importante incremento en su participación en este mercado (IRR, 2015).

Por cada tonelada de cartón y papel reciclado se consiguen alrededor de 900 kilogramos de material reciclado, liberando más de dos metros cúbicos de desechos en los vertederos lo que alarga su vida útil. Además, permite ahorrar 140 litros de petróleo y 50 mil litros de agua, evita la emisión de 900 kg de dióxido de carbono. Lo relevante es que es una de las industrias que más empleo genera en las localidades. La industria de cartón y papel en el país ha realizado inversiones de capital de manera significativa, dado que se registra una inversión en este sector de aproximadamente 150 millones de dólares entre los períodos del 2012 al 2014 (IRR, 2015).

Según cifras de la balanza comercial y de demanda de papel y cartón para el año 2014, estas industrias requerían un aproximado de 28.571 toneladas mensuales, es decir, 342.852 toneladas al año. De este total, alrededor de 182.857 (53,3%) toneladas anuales de cartón y papel son recuperadas en el país, de las cuales el 75% son cartón y el 25% restante papel (IRR, 2015). En términos de operatividad, existe un gran déficit para la industria —con un valor anual de 62,5% de materiales— que genera un nicho que se puede aprovechar a través de la generación de propuestas para la inclusión económica y social de los recicladores a nivel nacional.

Según sus características, los metales están clasificados en ferrosos y no ferrosos. Los ferrosos son aquellos que provienen del hierro y del acero, los cuales al trozarse y desecharse son denominados chatarra. Esta chatarra se deriva de la obsolescencia de bienes de inversión y de consumo, tales como: maquinarias, automóviles, electrodomésticos, lata, entre otros. El hierro y el acero pueden ser reciclados una vez que su uso inicial ha cumplido con su vida útil, lo que puede repetirse de forma ilimitada sin perder su calidad.

La industria del reciclado de la chatarra ferrosa en Ecuador ha tenido un crecimiento sostenido a lo largo de los años, luego de que empresas como Andec, Novacero y Adelca realizaran grandes inversiones en sus procesos de fundiciones, lo que contribuyó a un incremento de la demanda del reciclado. Desde 2012 hasta 2014, se registraba una inversión de capital mayor a los cien millones de dólares en la industria chatarrera del país, generando de esta manera una importante cadena de intermediación, en la cuales destacan grupos como: Rimesa, Cersa, Recynter, entre otros.

En el sector de la chatarra se han generado redes de almacenamiento de reciclado desde la recuperación de materiales hasta que llegan

a las industrias, como es el caso de Adelca y Novacero, que cuentan con programas de fortalecimiento y cooperación con recicladores individuales. Novacero ha desarrollado el proyecto Novared basado en una red piramidal conformada por treintaidós micro y pequeños empresarios que han sido capacitados. Estos tienen alrededor de trescientas bodegas en todo el país, donde, a su vez, seleccionan y capacitan cerca de dos mil recicladores, quienes comercializan la chatarra y otro tipo de materiales reciclables.

Por su parte, Adelca ha desarrollado proyectos con el propósito de generar y fortalecer un sistema denominado club de recicladores, cuyo objetivo es fidelizar y mejorar las condiciones de vida de los miembros del club. Los recicladores de base se comprometen a entregar a un proveedor mayorista y reciben de la empresa precios justos y competitivos, asistencia técnica para acondicionar los centros de acopios e incentivos para recuperar mayor cantidad de material reciclable. La empresa se encarga de clasificar, cortar y compactar la chatarra.

Además, el acero es uno de los materiales más demandado por el sector que se dedica a las fundiciones. Podría afirmarse que es el material más reciclado del mundo, incluso más que el plástico, el vidrio, y el aluminio juntos. Existen otro tipo de metales recuperados como aluminio, cobre, bronce, plomo, radiadores, entre otros.

En América Latina, hasta 2015, se estima que existe alrededor de cuatro millones de personas que basan su sustento económico en la recuperación de desechos sólidos potencialmente reciclables. Aunque en Ecuador no existe información oficial referente al número de recicladores de base, se estima que existe un aproximado de 20 mil recicladores, de los cuales 1000 se encuentran asociados a la red nacional de recicladores (Renarec), es decir, que la mayoría de acto-

res de este sector económico realizan su actividad en un sistema de informalidad (IRR, 2015).

En 2015, el Ministerio del Ambiente del Ecuador implementó el programa para la Gestión Integral de Residuos Sólidos (GIRS) (Figura 2.3) como prioridad nacional para potenciar los procesos productivos y económicos del país, vinculada al programa de la nueva matriz productiva del Ecuador. Se constituyó una red GIRS conformada por un total de 3.283 empresas que generan una producción bruta de USD 222 millones y un valor agregado de USD 148 millones.

Figura 2.3

Cadena de reciclaje GIRS



Fuente: Iniciativa Regional para el reciclaje (IRR), 2015.

Dentro de los eslabones de la GIRS, el correspondiente a “transporte” acumula la mayor cantidad de actores con 2.350 empresas aproximadamente, seguido del eslabón de “acopio” con 540 empresas; y “aprovechamiento/ transformación” con 196 empresas.

En la actualidad, Ecuador cuenta con una balanza comercial de residuos sólidos, donde chatarra, caucho, papel, cartón y plástico son los principales materiales recuperados por los recicladores. En el período 2009-2013, los materiales reciclables que registraron mayor cifra en las exportaciones fueron: chatarra, cartón y papel con un porcentaje de participación del 88,7% y 9,5%, respectivamente (MAE, 2015).

Además, se puede identificar un aumento en toneladas de residuos potencialmente reciclable que han entrado en un proceso de recuperación y transformación en el período 2012-2014. Este es el caso de la chatarra que pasó de 333.333 toneladas en 2012 a 408.000 toneladas en 2014; el papel y cartón de 60.870 toneladas a 182.857; y el PET de 28.402 toneladas a 48.384 toneladas en el mismo año (MAE, 2015). Ahora bien, desde 2015, los productos con mayor recuperación fueron la chatarra, el cartón y el PET derivados de las donaciones a los afectados (cartón y PET) y la chatarra que se generó por el colapso de infraestructuras de edificaciones y vías. Como es de esperarse, estos materiales son los que más ingresos generaron a los recicladores por efecto del terremoto.

Bibliografía

- Aguirre, J. y Ortega, J. (2022). Costos Operativos de los sistemas de recolección de residuos sólidos en los cantones de Ecuador. *FIPCAEC edición* 31, 7(1), 412-429.
- Bermeo-Paucar, J., Rea-Sánchez, V., López-Bermúdez, R. y Pico-Yépez, M. (2018). El reciclaje la industria del futuro en Ecuador. *Industrial engineering*, 22(87), 29-36.
- Blomsma, F. y Brennan, G. (2017). The emergence of circular economy: a new framing around prolonging resource productivity. *Journal of Industrial Ecology*, 21(3), 603–614. <http://doi.wiley.com/10.1111/jiec.12603>.
- Cervantes (2014). *Microeconomía: teoría, simuladores computacionales y retos*. LAES.
- Clube, R. K. M. y Tennant, M. (2022). Social inclusion and the circular economy: The case of a fashion textiles manufacturer in Vietnam. *Business Strategy and Development*, 5(1), 4-16. DOI 10.1002/bsd2.179
- Ekins, P., Domenech, T., Drummond, P., Bleischwitz, R., Hughes, N. y Lotti, L. (2019). The Circular Economy: What, Why, How and Where. Background paper for an OECD/EC Workshop on 5 July 2019 within the workshop series “Managing environmental and energy transitions for regions and cities”, Paris.
- Ferronato, N., Rada, E. C., Portillo, M. A. G., Cioca, L. I., Ragazzi, M. y Torretta, V. (2019). Introduction of the circular economy within developing regions: A comparative analysis of advan-

- tages and opportunities for waste valorization. *Journal of environmental management*, 230, 366-378.
- Gallegos-Garzón, M. A. (2021). Análisis de alternativas para una gestión integral de residuos sólidos: el Caso de la Ciudad de Latacunga, Ecuador.
- García, M. (2017). Ingeniería básica de una planta de producción de Polietileno Tereftalato. <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/91113/fichero/TFGdefinitivo.pdf>
- Iniciativa Regional para el Reciclaje [IRR] (2015). Reciclaje inclusivo y recicladores de base en el Ecuador. <https://latitudr.org/wp-content/uploads/2016/04/Reciclaje-Inclusivo-y-Recicladores-de-base-en-EC.pdf>
- Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC] (2020). Módulo de Información Ambiental en Hogares – ESPND, 2019. Boletín Técnico No. 02-2020-ESPND. https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Hogares/Hogares%202019/BOL_TEC_AMB_ESPND_2019_11.pdf
- Jiménez, C. (2019). Caracterización y distribución de los centros de acopio de residuos sólidos urbanos. Análisis de su efectividad en el manejo de residuos en Cuernavaca, Morelos. <http://riaa.uaem.mx/xmlui/bitstream/handle/20.500.12055/2203/CAAL-JR01T.pdf?sequence=1>
- Kirchherr, J., Reike, D. y Hekkert, M. (2017). Conceptualizing the circular economy: an analysis of 114 definitions. *Resources, Conservation and Recycling*, 127, 221-232. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.09.005>
- Machacuay-Meza, C. I. (2021). Valoración económica para mejorar el manejo de residuos sólidos urbanos en los hogares del distrito de Huancayo, 2020. Tesis de maestría no publicada, Universidad Nacional del Centro de Perú. https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/7120/T010_43422211_M.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- McCarthy, A., Dellink, R. y Bibas, R. (2018). The Macroeconomics of the Circular Economy Transition: A Critical Review of Modelling Approaches. OECD Environment Working Papers, 130, OECD Publishing. <http://dx.doi.org/10.1787/af983f9a-en>
- Medina-Mijangos, R., El Zein S. A., Guerrero-García-Rojas, H. y Seguí-Amórtegui, L. (2021). The economic assessment of the environmental and social impacts generated by a light packaging and bulky waste sorting and treatment facility in Spain: a circular economy example. *Environmental Sciences Europe*, 33(78), 1-19.
- Mendoza, R., Niebles, E., Barreto, C., Fabregas, J. y Buelvas, E. (2020). Analysis of the value chain of plastic recycling. A case study of the department of Atlántico (Colombia). *Spaces Magazine*. 41(25), 14.
- Ministerio del Ambiente del Ecuador [MAE] (2020). Programa Nacional para la Gestión Integral de Desechos Sólidos (PNGIDS). <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2020/07/5.PROYECTO-PNGIDS.pdf>
- Ministerio del Ambiente del Ecuador, MAE (2015). Gestión Integral de desechos sólidos [Archivo de video]. Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=GFu2gcT6ll8>

- Morán, Y., Centeno, K., López, K. y Alfaro, J. (2018). Incidencia de la evasión del impuesto cuota fija y basura domiciliar en la ejecución presupuestaria de la alcaldía municipal y la administración de rentas Estelí para el año 2016. FAREM-Estelí. <https://camjol.info/index.php/FAREM/article/view/7608/7155>
- Nina, O. y Berdeja, D. (2021). La cooperación intermunicipal (CIM). Development Research Working Paper Series No. 02/2021.
- Parkin, M. y Loría, E. (2010). *Microeconomía versión para Latinoamérica*. Pearson Educación.
- Pindyck, R. S. y Rubinfeld, D. L. (2013). *Microeconomía*. Pearson educación.
- Prieto, V, Jaca, C. y Ormazabal, M. (2017). Circular economy: Relationship with the evolution of the concept of sustainability and strategies for its implementation.
- Rincón, C. A. y Villareal, F. (2010). *Costos: decisiones empresariales*. Ecoe ediciones.
- Rodríguez-Ríos, E. y García-Páez, B. (2020). A method for the evaluation of bushmeat as a livelihood for rural subsistence communities in Ecuador. *Int. J. Economics and Business Research*, 19 (1), 98-110.
- Sakai, S., Poudel, R., Asari, M. y Kirikawa, T. (2019). Disaster waste management after the 2016 Kumamoto Earthquake: A mini review of earthquake waste management and the Kumamoto experience. *Waste Management & Research*, 37(3), 247-260.

- Salazar, E. (2020). Economic Indicator for the Evaluation of the Municipal Management of Valuable Residues in Costa Rica. *Tropical Journal of Environmental Sciences*. 54(1), 1-15.
- Secretaría de medio ambiente y recursos naturales [SEMARNAT] (2017). Criterios para el manejo de los residuos de construcción y demolición generados por el sismo del 19 de septiembre para los estados de México, Morelos, Puebla y ciudad de México. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/259191/Criterios_RIC_Sismo_19_septiembre.pdf
- Soni, A., Das, P. K., Hashmi, A. W., Yusuf, M., Kamyab, H. y Chelliapan, S. (2022). Challenges and opportunities of utilizing municipal solid waste as alternative building materials for sustainable development goals: A review. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 27, 100706. DOI 10.1016/j.scp.2022.100706
- Stefanakis, A. y Nikolaou, I. (2021). *Circular Economy and Sustainability: Management and Policy*. Elsevier Publishing. University Cambridge.
- Svensson, G., Ferro, C., Høgevold, N., Padin, C., Varela, J.C.S., Sarsstedt, M. (2018). Framing the triple bottom line approach: direct and mediation effects between economic, social, and environmental elements. *Journal of Cleaner Production*, 197, 972–991. DOI 10.1016/j.jclepro.2018.06.226
- Tabata, T., Onishi, A., Saeki, T. y Tsai, P. (2019). Earthquake disaster waste management reviews: Prediction, treatment, recycling, and prevention. *International Journal of Disaster risk reduction*, 36, 101119. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2019.101119>

Varian. H. (2006). *Microeconomía Intermedia*. Antoni Bosh.

Yang, H., Ma, M., Thompson, J. R. y Flower, R. J. (2018). Waste management, informal recycling, environmental pollution and public health. *J Epidemiol Community Health*, 72(3), 237-243.

Zevallos, W. (2021). Evaluación y caracterización de residuos sólidos comunes del campus universitario de la UCSM Arequipa Perú. <https://revistas.ucsm.edu.pe/ojs/index.php/veritas/article/view/294/210>

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Área de estudio

El área de estudio se encuentra ubicada en la provincia de Manabí, localizada en el centro noroeste del Ecuador. Esta provincia tiene una población de 1.395.249 habitantes y una extensión territorial de 19.427 kilómetros cuadrados. Es la tercera provincia más poblada del Ecuador. Manabí está constituida por 22 cantones, limitando al Norte con la provincia de Esmeraldas, al Sur con las provincias del Guayas y Santa Elena, al Este con las provincias de Santo Domingo de los Tsáchilas, los Ríos y Guayas; y al Oeste con el Océano Pacífico.

3.2. Descripción de variables

Las variables que se incluyen en este estudio se presentan a continuación:

- *Producción*: cantidad de kilogramos de residuos sólidos recuperados para la reutilización y reciclado en la provincia de Manabí durante el período de estudio.
- *Costo total*: totalidad de los costos en los que incurren las recicladoras de Manabí. Representa la sumatoria de los fijos y variables
- *Costos fijos*: costo de las instalaciones de las recicladoras y herramientas utilizadas en las actividades del reciclaje, medida con el

- valor de depreciación, por el valor de alquiler o costo de oportunidad.
- *Costos variables*: costo del material recuperado para el reciclaje y de la mano de obra del personal ocupado en la actividad.
 - *Ingreso*: entrada de dinero recibido por la venta del material reciclable.
 - *Precio*: valor monetario de venta de residuos reciclable.
 - *Tasa*: tributo (impuesto) cobrado por los GAD municipales por concepto de recolección de la basura. Un promedio del valor de la tasa fijada en los cantones afectados por el terremoto.
 - *Costos operativos municipales por la gestión de basura*: hace referencia a los costos incurridos por los municipios en la gestión de residuos sólidos. En esta se incluye el proceso de barrido, recolección, transportación y disposición final.
 - *Valor económico*: es el beneficio que recibe el recuperador (centro de acopio) de material reciclable $[(P \cdot q) - (CF, Cv)]$: ingreso total (precio por cantidad de desechos sólidos recuperados en kilogramos) menos dos tipos de costos (costo fijo (CF) y costo variable (Cv)).
 - *Valor social*: beneficio que obtiene la sociedad cuando internaliza la externalidad que generan los desechos sólidos gracias al reciclado. Representa el valor económico más el costo de recolección municipal por kilogramo de desechos sólidos. Se toma el valor promedio de los cantones seleccionados.

A continuación, se presenta la descripción de las variables de los modelos utilizados (Tabla 3.1).

Tabla 3.1
Resumen de las variables utilizadas en los modelos econométricos

Variable	Notación	Unidad de medida	Fuente
Producción	q	Kilogramos	Encuesta, 2019-2020
	Q	USD	
Costo total	CT	USD	Cálculo
Costo fijo	CF	USD	Encuesta, 2019-2020
Costo variable	CV	USD	Encuesta, 2019-2020
Ingreso	I	USD	Cálculo
Precio	P	USD	Encuesta, 2019-2020
Tasa	T	USD	
Costos operativos municipales por la gestión de basura	C_{pgad}	USD	Entrevista, 2019-2020
Valor económico	Ve	USD	Entrevista, 2019-2020
Valor social	Vs	USD	Cálculo

3.3. Especificación de modelos econométricos

Para valorar al reciclado de residuos sólidos posterremoto se aplicó la metodología propuesta por Rodríguez-Ríos y García-Páez (2020). Este caso constituye una nueva aplicación de esta metodología para valorar económica y socialmente a las externalidades como fuente de fallos de mercado.

El método a utilizar en la estimación es una regresión lineal múltiple con mínimo cuadrados ordinarios (MCO). Stock y Watson (2012) indican que el estimador MCO selecciona los coeficientes de la regresión de manera que la recta estimada se encuentre lo más

cercana posible a los datos observados. Por otro lado, la distancia de esa recta con los datos representa los errores de la predicción de la variable endógena (Y) dada las variables exógenas (X).

Para Gujarati y Porter (2010), el análisis de una regresión se refiere a la dependencia que tiene la variable endógena con respecto a una o más variables exógenas con el objetivo de predecir o estimar el valor promedio poblacional en función de valores conocidos. Es decir, la finalidad de los modelos de regresión múltiple es estimar lo más preciso posible la función de regresión poblacional (FRP) en función de una regresión muestral (FRM) (Ávila y Marques, 2019).

Con el reciclado de los residuos sólidos, la capacidad y vida útil de los vertederos aumentan, lo que produce un beneficio social que no se genera principalmente por las gestiones de los municipios, sino por la participación de un tercer agente económico como son los recicladores. Los actores del reciclado también se benefician de esta actividad, dado que venden los materiales recuperados a las recicladoras que son los lugares de depósitos de reciclaje para una futura reventa. Por esta labor, obtienen un ingreso derivado de la reutilización de ciertos desechos extraídos de vertederos. Esto provoca que tanto los recicladores como los centros de acopios generen costos por dedicarse a este tipo de actividad económica.

Ante esta situación, se utilizó la metodología propuesta por Rodríguez-Ríos y García-Páez (2020, p. 105), donde se especifica y estima los tres modelos econométricos de valoración económica y social que se presentan a continuación:

Modelo de costo total (CT): Log – Log

$$\ln(CT) = \ln(A) + \beta_0 \ln(P) + \beta_1 \ln(q) + \beta_2 \ln(COI) + \beta_3 \ln(rk) + \beta_4 \ln(ins) + \mu_i \quad (1)$$

Modelo de valor económico (Ve): Log - Lin

$$\ln(Ve) = \alpha_0 Q - \alpha_1 Q^2 - \alpha_2 COI - \alpha_3 rk - \alpha_4 ins + u_i \quad (2)$$

Modelo de valor social (Vs): Log- Lin

$$\ln(Vs) = \delta_1 Ve + \delta_2 Bv + \varepsilon_i \quad (3)$$

Donde:

- En el modelo (1), A representa a una constante, CT representa al costo total, P es precio, q es la cantidad expresada en kilogramos, el costo variable (CV) se desglosa en factor trabajo denominado COI e insumos (ins), rk representa al costo fijo de producción.
- En el modelo (2) Ve es valor económico, Q es producción expresada en USD y las demás variables de este modelo son las mismas explicadas en el modelo anterior.
- En el modelo (3), Vs significa valor social, Bv es la variable denominada buen vivir que representa al beneficio social que genera el reciclado. Los coeficientes están representados por $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4$ (modelo 1), $\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ (modelo 2), δ_1 y δ_2 expresan a los parámetros a estimar del modelo (3).

Basados en lo anterior, se reemplazó en las ecuaciones (1), (2) y (3) las variables que determinan el impacto económico y social del reciclado de residuos sólidos posterremoto ocurrido en la provincia de Manabí en abril del 2016. Utilizando la notación de las variables de la Tabla 3.1 los modelos se especifican como sigue:

$$\ln CT = \ln A + \ln \beta_0 P + \ln \beta_1 Q + \ln \beta_2 CF + \ln \beta_3 CV + \mu_i \quad (4)$$

$$\ln Ve = \alpha_0 Q - \alpha_1 Q^2 - \alpha_2 CF - \alpha_3 CV + u_i \quad (5)$$

$$\ln Vs = \delta_1 Ve + \delta_2 Cpgad + \varepsilon_i \quad (6)$$

Así pues:

- En el modelo 1, se utilizan aquellas variables que inciden al costo total de las recicladoras como son: las cantidades, el precio, y los costos de producción.
- En el modelo 2, se incluye las variables que influyen en el beneficio privado de los dueños de las recicladoras: ingresos ($P^*q = Q$) y los costos (costo fijo CF y costo variable CV).
- En el modelo 3, el valor social viene dado por el valor económico privado y la tasa municipal por concepto de la recolección de basura, ya que este es el mecanismo que utilizan los municipios para internalizar el fallo de mercado que producen los residuos sólidos.

Las variables regresoras son aquellas que inciden el valor social como son: los costos operativos municipales de la recolección de basura y el valor económico de las recicladoras.

Los modelos (1), (2) y (3) fueron estimados utilizando el método de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) en el software Stata versión 14. Se estiman varias especificaciones de cada uno de los modelos (1), (2) y (3) para encontrar el más apropiado. Aplicando los criterios de información de Akaike (Aic) y Schwarz (Bic) se elige el modelo cuya estimación muestra el menor criterio, tanto Aic como Bic.

Para la estimación el modelo (2) de valor económico (Ve) fue re-especificado como Log-Log, en lugar de Log-Lin con el propósito de lograr un mejor ajuste.

3.4. Validación de los modelos econométricos

Para validar los modelos econométricos (1), (2) y (3) se llevaron a cabo pruebas de diagnóstico sobre cada uno de los supuestos del modelo de regresión lineal (Spanos, 1986): normalidad, homocedasticidad y multicolinealidad. Para poder estimar un modelo de regresión lineal es necesario que la relación entre las variables sea lineal, que los errores tengan varianza constante, que exista independencia entre las variables exógenas y que los datos se distribuyan de manera normal (Vilá *et al.*, 2019).

En las estimaciones se aplicaron las pruebas de Skewness/Kurtosis para evaluar la normalidad del error, el test de Breush-Pagan para medir la homocedasticidad y la prueba de inflación de varianza para evaluar las independencias de las variables exógenas. La prueba de Skewness/Kurtosis se contrasta bajo los criterios de decisión: H_0 si la probabilidad $> 0.5\%$ los datos siguen una distribución normal y H_1 si la probabilidad $< 0.5\%$ indica lo contrario.

La prueba de hipótesis de Breush-Pagan establece los criterios: H_0 cuando la probabilidad > 0.05 existe homocedasticidad y la H_1 los datos presentan problema de heterocedasticidad; y para el contraste de la prueba de inflación de varianza el coeficiente debe ser menor a 10 puntos para demostrar independencia de las variables explicativas.

3.5. Levantamiento de información

3.5.1. Definición de la población o universo y unidad de análisis

La población o universo estuvo constituida por el total de centros de acopio de material recuperado que operaban antes e inmediatamente después del terremoto de abril de 2016 en los cantones más

afectados, distribuidos como sigue: 19 centros de acopio o recicladoras en el cantón Manta; dos en Montecristi; 19 ubicados en Portoviejo; dos situados en Pedernales y una recicladora en Bahía de Caráquez (anexo 1). La unidad de análisis se definió como el centro de acopio o recicladora operativamente constituida. A cada uno de ellos se aplicó una encuesta con el objetivo de obtener datos sobre las variables consideradas en los modelos de costo total (CT) y de valor económico (Ve).

3.5.2. Realización de la encuesta

El trabajo de campo del presente estudio tuvo como objetivo general levantar información económica y social de la recuperación, reúso y reciclado de residuos sólidos en los cantones Manta, Montecristi, Portoviejo, Pedernales y Sucre de la provincia de Manabí en Ecuador. Para ello, se propusieron los siguientes objetivos específicos:

- Levantar datos sobre cantidades y precios del reciclado de residuos sólidos antes y después del terremoto de abril 2016.
- Recopilar datos sobre los costos de mano de obra, infraestructura, transporte, servicios básicos y almacenamiento de las recicladoras tanto en condiciones normales como en condiciones de desastre.
- Recopilar datos sobre las cantidades de materiales reutilizables en las recicladoras antes y después del terremoto.
- Preguntar sobre las acciones emprendidas durante y después del terremoto sobre la gestión de residuos tanto en las recicladoras como en los GAD.

Para la encuesta se diseñó un cuestionario estructurado (anexo 2) y los datos fueron recopilados a través de una visita personal a los propietarios o administradores de los negocios de recuperación y acopio de material reciclable que cumplieron con dos requisitos básicos: i) conocimientos sobre el negocio y tema de interés; y, ii) persona adulta (≥ 18 años de edad).

El formulario constó de seis secciones que incluyen datos sobre: i) identificación y ubicación de la unidad de encuesta, ii) información técnica sobre compra y venta de material recuperado, iii) información técnica sobre costos operativos de la recuperación del material reciclable, iv) información técnica sobre la reutilización del material recuperado, v) sistemas de gestión de residuos reciclable y los protocolos en casos de desastres y en condiciones normales; y, vi) información de cierre. La encuesta fue ejecutada por tres encuestadores, a partir del viernes 08 de noviembre de 2019 y extendiéndose por un período de tres meses en los cantones Manta, Montecristi y Portoviejo. En Pedernales y Sucre, el período de ejecución fue de apenas un mes.

La prueba piloto consistió en la aplicación de una encuesta a una recicladora ubicada en la ciudad de Manta (Recicladora el Chivo), con el objetivo de probar y evaluar el cuestionario, capacitar y calificar a los encuestadores y medir el tiempo que tomaba la realización de todas las preguntas del formulario. Se pudo determinar que el proceso tenía una duración de dos horas y se realizaron pequeños cambios en la redacción de las preguntas del cuestionario para facilitar la comprensión de los encuestados. Las modificaciones en el formulario básicamente se centraron en la información técnica de materiales recuperados para la reventa y el reúso.

3.5.3. Aplicación del censo

El Instituto Nacional de Estadística y Censo [INEC] (2022) señala que un censo poblacional es un recuento de la población con el objetivo de crear información estadística que sea confiable acerca de variables demográficas, económicas y sociales. El censo se aplicó al total de centros de acopio (62) que se encontraban en funcionamiento en el momento de la encuesta. De este total, para efecto de este estudio, solo se incluyó a 43 recicladoras localizados en los cantones de Manabí, como sigue: 19 en Portoviejo, 19 en Manta, dos en Montecristi, dos en Pedernales y uno en Bahía de Caráquez en el cantón Sucre.

El universo o población de 43 centros de acopio para el levantamiento de información de campo se determinó considerando al total de los centros de acopio que habían iniciado su actividad antes del año de ocurrencia del terremoto, con el propósito de lograr datos sobre la recuperación de materiales de un período previo al desastre para establecer comparación del antes y después del terremoto. Por lo tanto, los datos de aquellos negocios de compra y venta de materiales reutilizables y reciclables (21) que no cumplieron con la condición establecida no fueron incluidos.

Con el censo se buscó obtener datos para cuantificar con mayor precisión el costo (USD) incurrido por las recicladoras en residuos recuperados antes y después del terremoto, la cantidad de cada tipo de material recuperado (kg), el ingreso obtenido (USD) y precio tanto de compra como de venta.

Asimismo, se aplicó una entrevista a los funcionarios responsables de la gestión de residuos sólidos de los gobiernos autónomos descentralizados (GAD) cantonales. Esta tuvo como objetivo levantar información económica y social de la gestión municipal correspon-

diente en cada cantón. Se consultó sobre los lugares de disposición temporales y finales para el vertido de los residuos sólidos durante y posterior a la emergencia del terremoto, los costos operativos y capacidad de los vertederos, monto de recaudación por tasas de recolección de basura, sistema de gestión de residuos posterremoto, clasificación y proceso de recuperación de materiales

Para cuantificar el costo social generado por la recolección de la basura se obtuvo información sobre el valor de la recaudación (USD) por conceptos de las tasas municipales que pagan los hogares por recolección de la basura y sobre los presupuestos anuales (USD) de los GAD municipales ejecutados en el proceso de barrido, recolección y disposición final de residuos sólidos en el período 2015-2019. Para esto se aplicó una entrevista al director de higiene de cada municipio de los cinco cantones incluidos en este estudio. No obstante, en Manta y Portoviejo, la entrevista fue respondida por funcionarios que estuvieron encargados de la gestión de la emergencia posterremoto.

Con este propósito se diseñó un formulario para la entrevista (anexo 3) que incluyó tres secciones. La primera incluye los datos de identificación del entrevistado; en la segunda sección se registraron los datos sobre las características de los sitios de disposición de residuos sólidos y sobre los costos de gestión, recolección y transporte de los residuos; y, en la tercera sección del instrumento, se presenta el monto de recaudación por recolección de basura expresado en dólares americanos. Finalmente, se incluyen las observaciones como pregunta abierta para capturar los aspectos adicionales de interés para el estudio.

Por su parte, los costos están constituidos por los equipos y maquinarias, costos de operación, costo de mantenimiento, costos de administración y otros costos, expresados en USD.

3.6 Fuentes de información

Las principales fuentes utilizadas para recabar los datos necesarios para el presente trabajo son las siguientes:

- Gobierno Autónomo Descentralizado (GAD) de los cantones de Portoviejo, Manta, Sucre, Montecristi y Pedernales.
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censo (INEC).
- Ministerio de Ambiente (MAE).
- Secretaría de Gestión de Riesgo (SGR).
- Organización Panamericana de la Salud.
- Entre otras

Bibliografía

- Ávila, C. y Marques, N. (2019). *Curso básico de econometría clásica*. UNAD.
- Gujarati, D. y Porter, D. (2010). *Econometría*. McGraw-Hill/Irwin Inc.
- Instituto Nacional de Estadística y Censo [INEC], (2022). ¿Qué es el Censo de Población y Vivienda? <https://www.ecuadoren-cifras.gob.ec/que-es-el-censo-de-poblacion-y-vivienda-2/#:~:text=El%20Censo%20de%20Poblaci%C3%B3n%20y%20Vi-vienda%202010%20es%20un%20recuento,sirva%20de%20base%20para%20la>
- Rodríguez-Ríos, E. y García-Páez, B. (2020). A method for the evaluation of bushmeat as a livelihood for rural subsistence communities in Ecuador, *Int. J. Economics and Business Research*, 19 (1), 98-110.
- Spanos, A. (1986). *Statistical foundations of econometric modelling*. Cambridge: University Cambridge.
- Stock, J. H. y Watson, M. M. (2012). *Introducción a la Econometría*. Madrid: Pearson Educación, S.A.
- Vilá, R., Torrado, M. y Reguant, R. (2019). *Análisis de regresión lineal múltiple con SPSS: un ejemplo práctico*. Universitat de Barcelona. Obtenido de: <https://revistes.ub.edu/index.php/REIRE/article/view/reire2019.12.222704/28913>

CAPÍTULO IV

EVALUACIÓN ECONÓMICA Y SOCIAL DEL RECICLADO

4.1. Modelo de costo total (CT)

El modelo econométrico del costo total (CT) está representado por el costo fijo y variable. El costo fijo se refiere al incurrido por concepto de alquiler del establecimiento, tomando en consideración el costo de oportunidad de los dueños que disponen de locales propios. También se incluye el costo de energía eléctrica, agua potable, almacenamiento, insumos de limpieza, permisos de funcionamiento, repuestos para las instalaciones y vehículos, combustible, entre otros.

Por otro lado, el costo variable (Cv) está representado por la multiplicación de la cantidad (kilogramos) y el precio (USD) de compra de los materiales recuperados por los recicladores de base, más el costo incurrido en la mano de obra de quienes participan en el proceso de compra, peso, almacenamiento, clasificación, compactación, entre otros. También incluye el costo incurrido en transporte de los materiales, ya que, entre más materiales se compre, mayor será el costo incurrido por concepto de traslado.

El material recuperado se destina a la reventa a las industrias de transformación y al reúso⁵. La variable precio (P) de venta repre-

⁵ Materiales como cocinas, refrigeradoras, lavadoras, planchas, hierro, ventanas, puertas, tostadoras.

senta el precio de mercado por kilogramo de material recuperado. El precio varía dependiendo del destino del material, dado que, cuando el material recuperado es destinado a la reutilización (se vende por unidad) se fija un precio diferente al precio que se fija para el material destinado al procesamiento industrial (es vendido al peso).

4.1.1. Estimación del modelo de costo total (CT)

Para la estimación del modelo CT se elaboró una base con los datos proporcionados por los centros de acopios encuestados en 2019 en los cantones Manta, Montecristi, Pedernales, Portoviejo y Sucre. Las estadísticas descriptivas de cada una de las variables incluidas en el modelo de costo total se presentan a continuación (Tabla 4.1).

Tabla 4.1

Estadísticas descriptivas del modelo de costo total (CT)

Estadístico	Q	P	CV	CF	CT
Media	5.489,64	0,43	39.527,58	400,95	1.192,97
Máximo	25.090,63	1,21	276.320	3150	8.694,53
Mínimo	195,3	0,01	832,58	50	61,39
Desv. Est.	6.929,82	0,2171	61.393,66	506,70	1.814,61
Skewness	1,63	0,53	2,49	4,02	2,66
Curtosis	4,56	5,78	8,59	21,52	9,92
Observaciones	43	43	43	43	43

La Tabla 4.1 muestra que, en promedio, la cantidad de material recuperado es de 5.489,64 kg con un precio promedio de 0,43 centavos de dólar por kilo. Es importante mencionar que las reciclado-

ras, en su mayoría, se clasifican en el grupo de pequeñas empresas⁶ (59%), un menor porcentaje corresponde al grupo de microempresas (37%), a las empresas medianas (2%) y a la gran empresa (2%).

Por otro lado, la variable *CF* representa un mínimo estimado de USD 50 y un máximo de USD 3.150. La diferencia entre el costo fijo máximo y mínimo se debe a que los dueños de las bodegas incurren en un costo de oportunidad al destinar el local propio al negocio de recuperación de materiales reciclables y no a otras actividades económicas. La variable *CV* presenta un mínimo de USD 832,58 y un máximo de USD 276.320, esto se debe a que el costo correspondiente al rubro de transporte del material recuperado no es asumido por todos los centros de acopio, es decir, que depende de la política de negocio implementada en cada recicladora. Aproximadamente, 7% de los centros de acopio asume el costo de los fletes que, en promedio, son 17 al mes a un costo unitario promedio de USD 120. En los demás casos, son las industrias procesadoras las que compra el material y asumen este costo de transporte, ya que, en la mayoría de los casos, son de otras provincias del Ecuador.

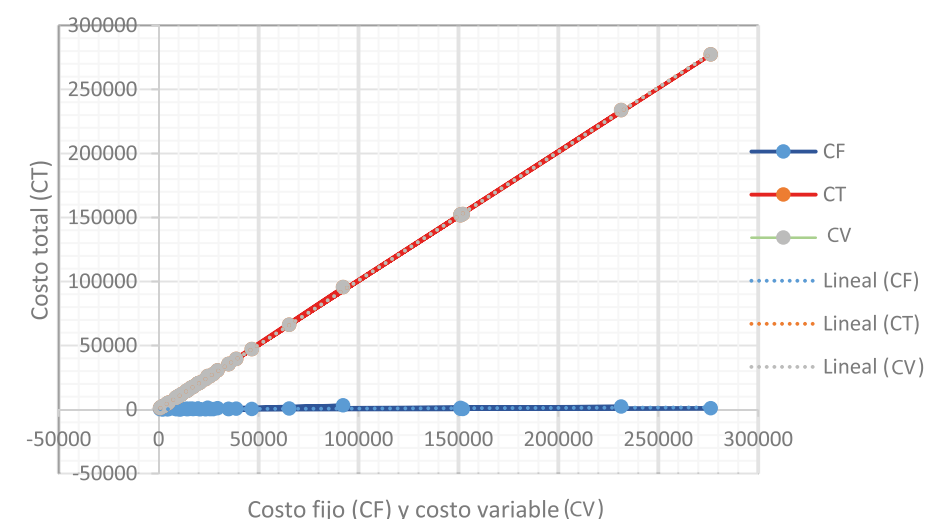
El valor de la prueba estadística Skewness para todas y cada una de las variables *Q*, *P*, *CV*, *CF*, *CT* resultó ser positivo (mayor a cero). Esto indica que los datos son asimétricos hacia la derecha. La medida estadística de apuntamiento (curtosis) determinó que existe un

⁶ La pequeña empresa es definida por el INEC (2014) como unidades de producción que emplean de 10 a 49 personas y su volumen de venta anual va entre USD 100.001 a USD 1.000.000. La Microempresa incluye a aquellas empresas que tienen de uno a nueve empleados y/o trabajadores y su volumen de venta anual alcanza hasta USD 100.000. La mediana empresa A emplea a un número desde 50 a 99 personas y su volumen de venta anual puede ser entre USD 1.000.001 y 2.000.000. La mediana empresa B cuenta de 100 a 199 personas empleadas y sus ventas anuales se ubican entre USD 2.000.001 a USD 5.000.000; y, la gran empresa ocupa de 200 personas en adelante y sus ventas llegan a ser mayores a USD 5.000.001.

alto grado de concentración de los valores de cada variable (*Q*, *P*, *CF*, *CV*, *CT*) alrededor de la zona central de la distribución (Curtosis > 3). La estructura de los costos se presenta en la Figura 4.1.

Figura 4.1

Costos variables, costos fijos y costo total del reciclado en Manabí, 2016

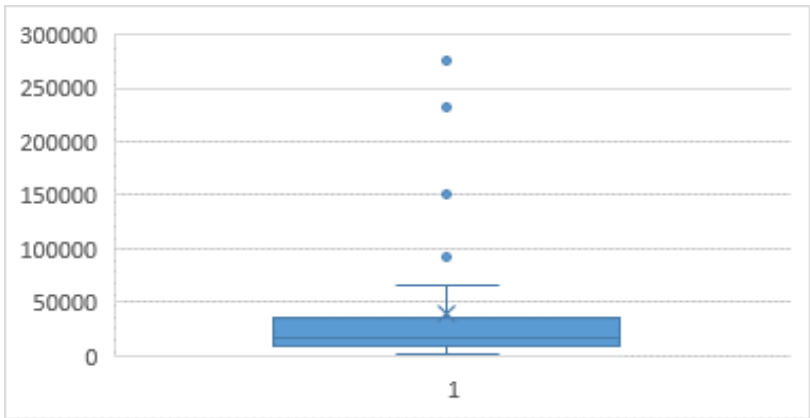


La Figura 4.1 muestra un traslape de la curva de costos variables (*CV*) con la curva de costo total (*CT*). Los costos variables representan el 98,82% del total de los costos, lo que indica que el reciclaje en la fase de recuperación y clasificación y reutilización se presenta como una actividad intensiva en trabajo y en insumos.

Es decir, los costos variables (*CV*) aportan significativamente en la conformación de los costos totales de los centros de acopio de materiales para el reciclado, no así los costos fijos (*CF*) que resultaron ser no significativos. Asimismo, los costos variables y fijos se concentran en el rango entre cero y USD 50.000, lo que habla del predominio de pequeñas unidades de producción con costos similares. Esto último se evidencia en la Figura 4.2.

Figura 4.2

Distribución de los costos variables del reciclado en Manabí (2016)



Para la estimación de este modelo la variable Q se la agrupa en tres categorías (Tabla 4.2). Para la elección del mejor modelo se realizan distintas combinaciones en el cual se incluye la Q globalizada (todos los materiales) y la Q categorizada (Tabla 4.2). El mejor modelo, según los criterios más bajo de Schwartz (Aic) y Akaike (Bic), resultó ser el modelo econométrico eq04 (Q categorizada) que representa los costos de la recuperación, clasificación y reutilización de residuos sólidos posterremoto de 2016.

Tabla 4.2

Clasificación de variable Q utilizada en la estimación del costo total

Categoría	Materiales recuperados
Grupo 1 (Q_1)	Plásticos (PEAT, PEAD, PVC, PEBD, otros)
Grupo 2 (Q_2)	Ferrosos y no ferrosos (chatarra, bronce, cobre, aluminio, acero, radiadores, plomo, otros)
Grupo 3 (Q_3)	Otros materiales (caucho, vidrio, cartón y papel)

Finalmente, el costo total (CT) está en función de Q_1 , Q_2 y del costo variable (CV), exceptuando el costo fijo (CF) y Q_3 por resultar estadísticamente no significativo. La estimación del modelo se presenta en el anexo 4 y los resultados son los que siguen (ecuación 7):

$$\ln CT = 2.435 + 0.36 \ln Q_1 + 0.42 \ln Q_2 + 0.46 \ln CV \quad (7)$$

A continuación, los resultados de la estimación del modelo del costo total (CT) del reciclado (Tabla 4.3).

Tabla 4.3

Estimación robusta del modelo de costo total (CT)

Variable dependiente: costo total ($\ln CT$) Variables explicativas: cantidad ($\ln Q$), costo variable ($\ln CV$), Número de observaciones: 37				
Variables	Coef.	Error Estándar robusto	Estadístico t	P -valor
$\ln Q_1$	0,365	0,162	2,25	0,031
$\ln Q_2$	0,423	0,065	6,46	0,000
$\ln Q_3$	0,077	0,100	0,77	0,445
$\ln CV$	0,461	0,142	3,25	0,003
$\ln CF$	-0,023	0,134	-0,17	0,863
Constante	2,435	0,670	3,63	0,001
R ² : 0,82 Estadístico F: 45,57 Prob. (Estadístico F): 0,0000				

Como se observa en la Tabla 4.3, los signos de los parámetros de las variables significativas resultaron ser positivos, tal como es de esperarse en una función de costos. Los coeficientes asociados a las

variables $\ln Q$ y $\ln CV$ son estadísticamente significativos al 0,05; la bondad de ajuste 0,82 que indica que las variables de cantidades y costo variables alcanzan a predecir hasta un 82% la variabilidad del costo total (CT). La prueba F tiene un p-valor de 0,000 por lo tanto existe un buen ajuste conjunto del modelo (7).

Los coeficiente β_1 , β_2 y β_3 explican las elasticidades de la variable Q y CV con respecto al costo total: a) cuando se incrementa la cantidades del grupo 1 de materiales recuperados en 1% el costo total (CT) se incrementa, en promedio, en 0,36% *ceteris paribus*, b) si se incrementa la cantidades recuperadas del grupo 2 un 1% el costo total se incrementará en 0,42%, mientras que las demás variables permanecen constante c) si el costo variable aumenta en 1% el costo total se incrementa, en promedio, en 0,46% mientras que Q permanece constante.

Las variables Q_3 y CF resultaron estadísticamente no significativas, es decir que el costo fijo y las cantidades recuperadas del grupo 3 no inciden en la estimación del modelo de costo total de la valoración económica. Por otra parte, la sumatoria de las elasticidades del producto y del costo variable es 1.24 (valor superior a la unidad), lo cual implica que la actividad del reciclado de residuos sólidos posterremoto tiene rendimientos crecientes a escala. La constante (intercepto) que resultó ser significativa estadísticamente en este caso representa el costo mínimo que incurren las recicladoras. Los resultados indican que el costo total del reciclado de los residuos sólidos posterremoto, se estima, en promedio en USD 1.586.796,46 en el primer mes posterior al terremoto.

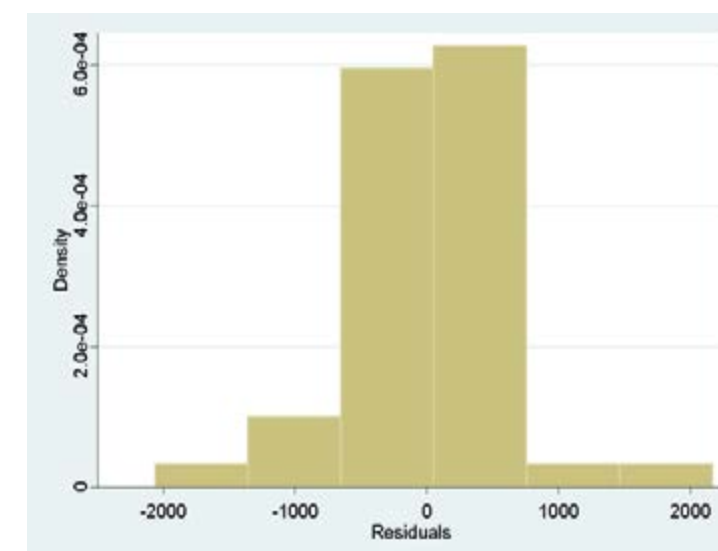
4.1.2 Validación del modelo de costo total (CT)

Para validar el modelo se aplicó la prueba Skewness/Kurtosis para

validar el supuesto de normalidad del modelo CT. Se obtuvo un p-valor menor a 0,05 para el caso de las variables CT, Q , P , CF y CV , por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alternativa, es decir, no existe una distribución normal en todos los datos. Por esto, se procedió al análisis de los residuos y se generó una nueva variable denominada MyResiduals⁷ a la que se aplicó la prueba Skewness/Kurtosis. Los resultados se presentan en la Figura 4.3.

Figura 4.3

Distribución normal de los datos



El segundo supuesto es la homocedasticidad, en cuyo caso, se asumió que la media y la varianza de los datos son constantes. Para

⁷ El análisis de los residuos permite verificar si las suposiciones del modelo de regresión se cumplen: Se puede detectar de la siguiente manera: a) si la relación entre las variables es lineal, b) si en los errores existe normalidad, c) si hay valores anormales en la distribución de errores, d) si hay varianza constante (homocedasticidad) y e) si hay independencia de los errores (autocorrelación)

ello, se aplicó la prueba Breusch-Pagan y los resultados del test implican la aceptación de la hipótesis nula y el rechazo de la alternativa: los datos son heterocedásticos. Para solucionar este problema se aplicó en la estimación los errores estándar robustos de White, con la finalidad de ajustar la dispersión de la varianza y así obtener coeficientes y errores estándar más preciso y confiables⁸.

Además de esto, se realizó el análisis de correlación de Pearson para verificar si existía relación entre las variables. La relación entre *Q* y *CT* es alta y positiva, según indica el coeficiente de correlación. Asimismo, la relación entre *CV* y *CT* es positiva, por lo tanto, se comprueba que estas son las variables más representativas dentro de la estimación.

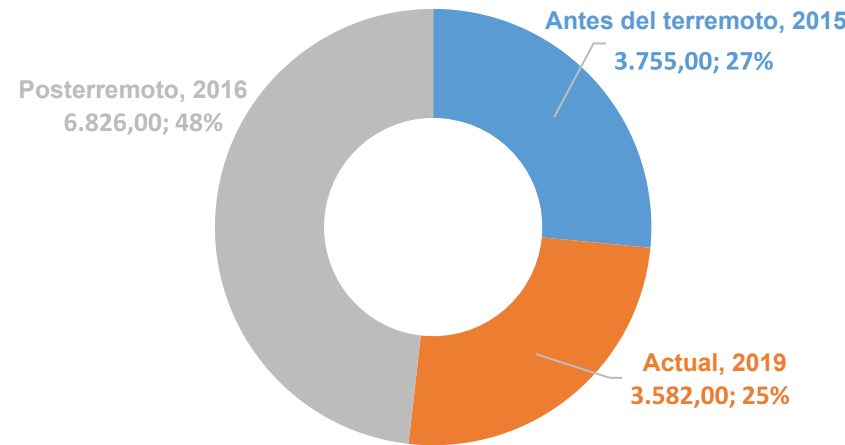
El supuesto de la multicolinealidad se validó mediante la prueba de inflación de varianza (VIF) para determinar que no existe relación entre las variables que son independientes dentro del modelo de *CT*. El resultado de la prueba VIF fue menor a 10 puntos, motivo por el cual se concluye que no existe colinealidad entre las variables *Q* y *CV*.

⁸ Es conveniente aclarar que, cuando se detecta heterocedasticidad en los datos durante el análisis de regresión lineal múltiple en Stata, se utiliza el método de mínimos cuadrados ordinarios (MCO), que asume igual varianza en los errores para todas las observaciones. Sin embargo, si esta suposición no se cumple y hay evidencia de heterocedasticidad, los errores pueden tener varianzas diferentes. En tales casos, se recomienda utilizar métodos de regresión robustos, como la estimación de mínimos cuadrados generalizados (MCG) o el método de regresión lineal robusta (RLR), que ajustan los coeficientes de la regresión para tener en cuenta la heterocedasticidad y proporcionan estimaciones de los coeficientes y errores estándar más precisos y confiables.

4.1.3. Valoración económica del costo total del reciclado de residuos sólidos posterremoto

Después del terremoto, los recicladores tuvieron la oportunidad de recuperar una mayor cantidad de materiales que fueron vendidos a los centros de acopio. A su vez, estos centros los revendían a las industrias transformadoras. En tal sentido, la oferta de ciertos materiales reciclables como plástico, cartón, aluminio y chatarra se incrementó. Por este efecto, en ciertos casos, el precio bajó y los mayores costos variables en los que incurrieron los centros de acopio se dieron vía aumento de cantidad de materiales recuperados comprados (Figura 4.4) y no por el lado de incremento de precio.

Figura 4.4
Costos totales incurridos en la recuperación de materiales (USD)



La Figura 4.4 muestra el costo fijo y variable incurrido por los centros de acopio en condiciones normales y de desastre. Los costos fijos pasan de USD 19.830 en marzo a USD 20.169 en abril de 2016,

revelando que los costos fijos en el reciclado no inciden en el costo total. Mientras que el costo variable aumenta de USD 1.051.899,10 a USD 1.599.002 de marzo a abril 2016, lo que explica un aumento significativo en los CV. Al haber mayores cantidades de residuos se necesitaba mayor mano de obra directa para el proceso de peso, compra, clasificación y venta. El costo de flete también aumentó incidiendo directamente en los costos variables.

El valor predicho del modelo de CT indica que el costo privado de los centros de acopio de los residuos en Manabí, en el primer mes después del terremoto, es de USD 948.941,69 y el costo social de USD 637.854,77. Por tanto, el costo total alcanza USD 1.586.796,46, distribuido en costo variable que en el primer mes posterteremoto fue USD 1.568.072,26 (98,82% del costo total) y en costo fijo que en promedio representó USD 18.724,20 (1.18%). Los valores observados son parecidos a los valores predichos del modelo de costo total, considerando además que la variable CF resulta ser no significativa, ya que solo representa 1.18% del costo total incurrido por las recicladoras durante la emergencia del terremoto.

4.2. Modelo del valor económico (Ve)

El modelo del valor económico (Ve) representa el beneficio que reciben los centros de acopio de materiales recuperados. A continuación se presentan los resultados de la estimación del modelo Ve.

4.2.1. Estimación del modelo de valor económico (Ve)

De conformidad a los fundamentos de la microeconomía, el ingreso (I) se determina por la multiplicación de la cantidad del material recuperado (q) por el precio de venta (P). Este precio de venta incluye los costos más el margen de utilidad establecido por el centro de

acopio. Al igual que en el modelo econométrico (4), antes de inferir sobre los parámetros estimados, se aplicaron las pruebas estadísticas que demostraron que el modelo incluye todas aquellas variables necesarias para la estimación.

El modelo (5) del valor económico se especificó como un modelo log - log con el objetivo de obtener un mejor ajuste de acuerdo con los datos del presente caso de estudio, lo cual difiere del modelo de valor económico inicial especificado como modelo log - lin. Ha quedado establecido que el valor económico está en función del ingreso (I) y de las cantidades (q), mientras que la variable precio (P) no es significativa. Una de las razones de esta no significancia estadística es que los precios son diferentes para cada material reciclable, es decir, el precio del plásticos y cartón tiene un valor inferior en comparación al precio de los metales.

Se especificaron dos modelos de valor económico y se decidió el mejor con base a los criterios más bajos de Schwartz (Aic) y Akaike (Bic) (Anexo 5). El modelo final indica que solo el ingreso y las cantidades son significativos al 5%, por lo tanto, podría decirse que el valor económico de los residuos sólidos posterteremoto depende significativamente del ingreso y de la cantidad y no necesariamente del precio de venta. El R^2 (0,771) indica que el 77% de las variables regresoras explican las variaciones del valor económico del reciclado de los residuos sólidos posterteremoto y que el 23% explica los valores residuales del modelo. La estimación se presenta en el anexo 6 y el mejor modelo del valor económico (Ve) estimado se muestra a continuación:

$$\ln Ve = -2,660823 + 0,629 \ln q + 0,552 \ln I \quad (8)$$

Sobre los resultados obtenidos en el modelo (8), se concluye que

cada vez que la cantidad (kilogramos) de residuos aumente en 1%, el valor económico (beneficios del centro de acopio) se incrementa en 0,62%, *ceteris paribus*. Por otro lado, cada vez que se incrementa el ingreso de las bodegas en 1%, el valor económico (beneficios) de las recicladoras aumentan en 0,55% aproximadamente.

Tabla 4.4

Estimación del modelo de valor económico (*Ve*)

Variable dependiente: valor económico (<i>lnVe</i>) Variables explicativas: cantidad (<i>lnq</i>), ingreso (<i>lnI</i>), precio (<i>lnP</i>), Número de observaciones: 43				
<i>Variables</i>	<i>Coef.</i>	<i>Error Estándar</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>P -valor</i>
<i>lnq</i>	0,6298	0,1367	4,61	0,000
<i>lnI</i>	0,5525	0,0381	4,15	0,000
<i>lnP</i>	-0,0906	0,1173	-0,77	0,445
Constante	-2,6608	1,0688	-2,49	0,018
R ² : 0,77 Estadístico F: 37,22 Prob. (Estadístico F): 0,0000				

De los resultados mostrados en la Tabla 4.4, se deduce la alta incidencia que tienen las variables ingreso y cantidades en el valor económico (beneficios) de los dueños de los centros de acopios. En el primer mes posterior al terremoto (mayo 2016), el valor económico fue, en promedio, de USD 347.915.

4.2.2. Validación del modelo de valor económico (*Ve*)

En el modelo de valor económico, el primer supuesto probado correspondió a la multicolinealidad para evitar relación entre las variables independientes, ya que la prueba de inflación de varianza indicó que existe una fuerte relación de multicolinealidad entre la

cantidad *Q* y la cantidad al cuadrado *Q*². Ello se extiende a la relación entre el costo variable (*CV*) y el ingreso (*I*). Para resolver el problema de multicolinealidad se especificó el modelo final con las variables independientes: ingreso, precio y cantidad de material recuperado (producción) que no se relacionan entre sí, sin considerar las variables de costo fijo y costo variable ni la variable de costo total. Se asume que los costos se representan en la producción.

La prueba de inflación de varianza indicó que el precio, las cantidades y el ingreso no tienen problemas de multicolinealidad, pues no tienen relación entre ellas. En el supuesto de la normalidad se aplicó la prueba Skewness/Kurtosis obteniendo un p-valor superior a 0,05 en la variable valor económico (*Ve*), cantidad (*Q*), ingreso (*I*), excepto de la variable precio (*P*). Esto genera un problema en la estimación, por lo cual se genera la variable “*resid*” y al aplicar nuevamente el test de Skewness/Kurtosis se comprobó que los errores de las variables si se distribuyen de manera normal. El último supuesto de la homocedasticidad se validó con la aplicación de la prueba Breush-Pagan, comprobándose la presencia de homocedasticidad en los datos, lo cual era de esperarse considerando que al crear variables logarítmicas se evita problema de heterocedasticidad en la estimación.

La correlación de Pearson demostró que las variables que más se relacionan con el valor económico era la cantidad (*Q*) y el ingreso (*I*), con un valor de 80% y 78% respectivamente. Con relación a la variable precio (*P*), la correlación era negativa y mínima (7,13%), demostrándose que el precio de venta fijado por el mercado no fue una variable determinante para incrementar el valor económico de las recicladoras durante y posterior al terremoto.

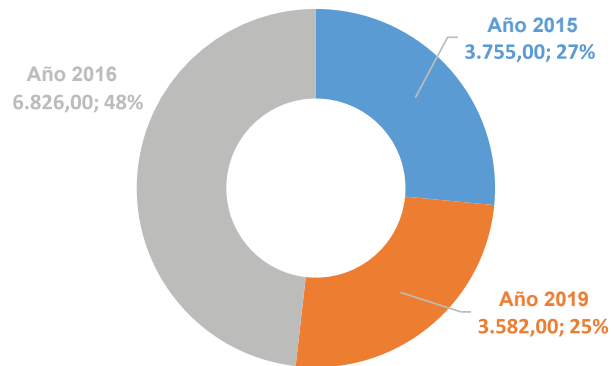
4.2.3. Valoración económica del beneficio del reciclado de residuos sólidos posterremoto

Generación de residuos sólidos posterremoto

Como se indicó anteriormente, el terremoto de abril de 2016 provocó un aumento de las cantidades de residuos recuperados a causa del colapso edificaciones, vías, puentes, entre otros. En la provincia de Manabí, en condiciones normales, los centros de acopios alcanzaban a recuperar 3.755 toneladas al mes y, luego del terremoto, esta cifra aumentó a 6.826 toneladas mensuales, es decir, un incremento del 82% en relación con todos los distintos materiales reciclados: plástico, cartón, papel, metales ferrosos y no ferrosos, vidrio, chatarra, etc. (Figura 4.5).

Figura 4.5

Residuos sólidos recuperados en Manabí 2015, 2016 y 2019 (en toneladas)



Fuente: Encuesta, 2019 -2020.

Este aumento de residuos posterremoto fue impulsado por el incremento excesivo de la chatarra (Figura 4.6). En efecto, en situaciones

de normalidad las bodegas alcanzaban a recuperar 1.132 toneladas mensuales y, después del terremoto, se recicló un estimado de 3.705 toneladas mensuales en promedio. Por otro lado, el cartón y el PET experimentaron también un incremento debido a las donaciones que llegaban con el objetivo de mitigar la vulnerabilidad económica y social de las familias afectadas. En condiciones normales, el

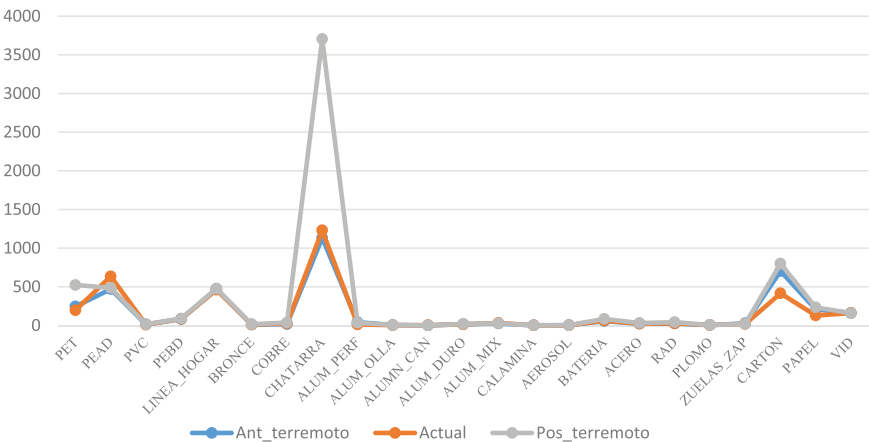


Fuente: Google Maps y encuesta, 2019-2020.

PET alcanza las 246 toneladas, pero en el terremoto ascendió a 523 toneladas al mes. Mientras tanto, el cartón paso de 703 toneladas en marzo a 800 toneladas en abril de 2016.

Esto muestra el efecto que ocasionó el terremoto en la actividad económica del reciclado. Mientras mayores residuos se recuperaban de los lugares de disposición final o temporal, mayores ingresos privados se obtenían de esta actividad. Con relación a los otros tipos de materiales, su incremento fue mínimo y otros mantuvieron fijas sus cantidades de recuperación, por ejemplo, cobre, bronce y plomo.

Figura 4.6
Residuos sólidos recuperados según tipo de material (en toneladas)



Fuente: Encuesta, 2019 -2020.

Adicionalmente, luego del terremoto de 2016, se produjo un crecimiento de nuevos negocios dedicados a la recuperación de materiales (Figura 4.7).

Figura 4.7
Localización de centros de acopio antes y después del terremoto

En Manta, existían 19 centros de acopios y, para 2019, esta cantidad se incrementó a 30 centros, incluyendo una sucursal de Intercia que es una de las transformadoras más importante del plástico, cartón y papel dentro del país. En Portoviejo, de 19 bodegas se pasó a 23, incluyendo a Adelca, empresa transformadora importante en el proceso de fundiciones. Pedernales registró un incremento de dos a cuatro establecimientos; Montecristi pasó de dos a cinco centros de acopio, incluyendo a Ecuapetsa y Plásticos del Pacífico que son transformadoras y exportadoras de plástico en escamas; y, por último; en el cantón Sucre antes del terremoto había solo una bodega, pero luego del sismo existían dos bodegas (Encuesta, 2019-2020).

Ingresos obtenidos por el reciclado de residuos posterremoto

Como ya se ha mencionado antes, la función de beneficio está determinada por la diferencia entre ingresos y costos. Su forma general es expresada de la siguiente manera:

$$\pi = IT - CT \tag{10}$$

Esta expresión hace referencia a que π es el beneficio en función de la cantidad de materiales recuperados, IT es el ingreso total percibido por la venta de los materiales recuperados que generan beneficios a los dueños de los centros de acopios y CT representa el costo total.

Con el crecimiento de la población, la demanda de productos en las economías cada vez es mayor. Esto trae consigo un gran problema por la excesiva acumulación de residuos resultantes del consumo de bienes tangibles. Diariamente, en América Latina y el Caribe, se generan cerca de 540.000 toneladas de desechos (q) y la Organización de las Naciones Unidas (ONU) calcula que, para 2025, en esta

parte del continente los residuos alcanzarán las 671.000 toneladas (El Telégrafo, 21 de marzo del 2018).

Ecuador produce alrededor de 4.1 millones de toneladas de residuos sólidos al año. De esta cantidad, 25% es potencialmente reciclable, pero los recicladores de base solo alcanzan a recuperar 5% (El Universo, 31 de julio del 2016). Del total de residuos generados, 61,4% son materiales orgánicos, 11% es plástico, 9,4% corresponde a papel y cartón, 2,2% es chatarra, 2,6% vidrio y 13,3% engloba otro tipo de desechos.

Según la Iniciativa Regional para el Reciclaje (2015), la participación de los recicladores de base es de mucha importancia en el proceso de recuperación de los residuos. En ciudades como Quito, Guayaquil, Cuenca y Manta, en conjunto, los recicladores alcanzaron a recuperar 124.855 toneladas en 2014, es decir, 50% del total recuperado en el país.

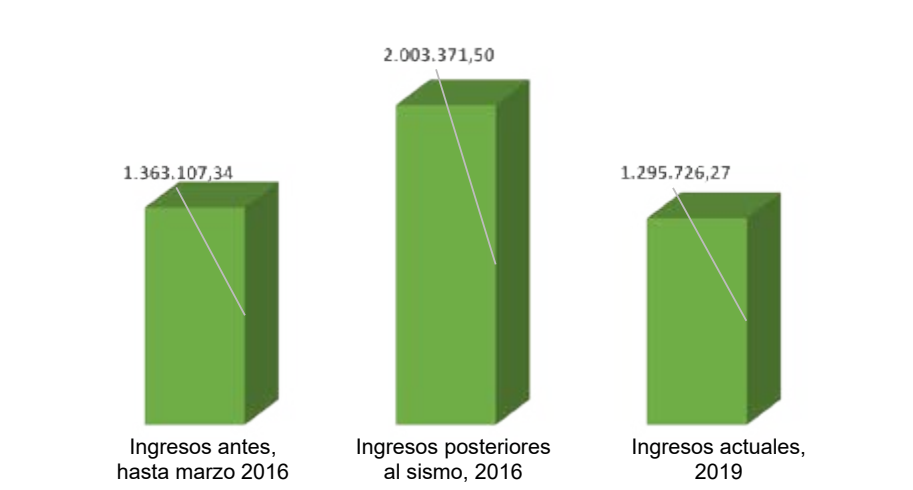
En Manabí, posterior al terremoto, al existir grandes volúmenes de residuos, se incrementó la oferta y con ello disminuyó el precio de mercado. Tal como señala la teoría microeconómica, a mayor cantidad ofertada menor es el precio. Así, por ejemplo, el precio de la chatarra pasó de USD 0,15 por kg a 0.07 entre marzo y abril de 2016, es decir, antes y el después del desastre.

Hasta marzo 2016, antes del terremoto, los ingresos obtenidos en los centros de acopio en Manabí por concepto de reventa de materiales recuperados a la industria transformadora, ascendieron aproximadamente a USD 1.363.107. Mientras tanto, en el primer mes posterremoto, ascendieron a USD 2.003.371 (Figura 4.8). Tal como muestra la Figura 4.8, el ingreso de las recicladoras presentó variaciones significativas por los efectos del terremoto de 2016.

En la estimación del modelo econométrico (5) se indica que la predicción del modelo de valor económico es de USD 347.915 en el primer mes después del terremoto. Este constituye el beneficio obtenido por las recicladoras en Manabí una vez que se descuenten del ingreso total los costos totales. Por otro lado, los datos observados indican que el beneficio obtenido por las recicladoras en el primer mes posterremoto es de USD 393.213.

Figura 4.8

Ingresos obtenidos por los centros de acopio posterremoto (en USD)



Fuente: Encuesta, 2019 -2020.

La Figura 4.8 muestra que el ingreso de las recicladoras presentó variaciones significativas por los efectos del terremoto del 2016.

4.3. Modelo del valor social (Vs)

Tal como se mencionó con anterioridad, el modelo del valor social representa el beneficio que genera el reciclado a la sociedad. A continuación, se presenta la estimación del modelo.

4.3.1. Estimación del modelo de valor social (V_s)

El valor social es el beneficio que obtiene la sociedad cuando, a través del reciclaje, se internaliza la externalidad que generan los desechos sólidos. Para su estimación (anexo 7) se utilizan como variables independientes el valor económico (V_e) y el costo municipal de la gestión de los desechos sólidos (C_{pgad}) en los procesos de barrido, recolección, transportación y disposición final. El costo es medido en valor promedio del presupuesto anual ejecutado por los cantones que se incluyen en este estudio.

Esto pretende demostrar si el reciclado y los costos de operatividad para la gestión de la basura por los GAD permiten internalizar la externalidad que generaron los residuos sólidos posterremoto. Es decir, que el beneficio que recibe la sociedad tiende a aumentar si se recicla más y se invierte menores costos operativos municipal para gestionar los residuos sólidos.

Se procede a aplicar estadística descriptiva de todas las variables incluidas en el modelo de valor social del reciclado. La base de datos indica que, en promedio, el valor económico en el primer mes después del terremoto fue de USD 9.152,63, con un valor máximo de USD 154.780,00 y un valor mínimo negativo de USD 697,61. La ganancia de las recicladoras se afectó porque, pese a que ellas compraban a un menor precio a los recuperadores de materiales reciclables, vendían a las industrias procesadoras a un menor precio de mercado.

Las recicladoras generan beneficio a la sociedad y a la gestión municipal, ya que, si se recicla o reutiliza más, los costos municipales tienden a disminuir porque el volumen de residuos sólidos a gestionar será menor. En la estimación de valor social (V_s) se realizaron

varias especificaciones para encontrar el mejor modelo al igual que en los dos casos antes explicados. Así pues, la selección se basa en aquel en el cual se omite la constante según los criterios más bajos de Schwartz y Akaike. El modelo estimado se presenta a continuación:

$$\ln V_s = 0.0000431 * V_e + 0.0008425 * C_{pgad} \quad (9)$$

Los resultados obtenidos en este modelo (Tabla 4.5) permiten manifestar que, cuando el valor económico (beneficio del centro de acopio) se incrementa en 1 dólar, el valor social se incrementa en 0.00431%. Por otro lado, cuando el costo en la recolección de basura por el GAD aumenta en 1 dólar, el valor social (V_s) se incrementa en 0.0843%. Esto implica que, si el valor económico de los centros de acopio aumenta cuando se recicla y reutiliza una mayor cantidad de residuos sólidos, el beneficio que recibe la sociedad por esa actividad de recuperar tiende a incrementarse.

La relación es directa con respecto al costo de los GAD municipales, ya que debido a la emergencia derivada del terremoto donde precautelar el bienestar de los ciudadanos era primordial, estos entes debieron incurrir en costos operativos adicionales para gestionar los residuos generados por la destrucción provocada por el sismo y, de esta manera, evitar una mayor afectación a la población. En este sentido, si los costos municipales aumentan, entonces el beneficio social por gestionar esos residuos se incrementa.

La Tabla 4.5 muestra que el modelo estimado presenta un buen ajuste global (probabilidad de la prueba $F=0,000$) y los coeficientes asociados a las variables V_e y C_{pgad} son estadísticamente significativos. El coeficiente de determinación ($R^2=0,9675 \approx 0,97$) indica que las variables independientes (V_e y C_{pgad}) explican en 97% a

la variable dependiente valor social (V_s). Según la estimación, en abril de 2016, el valor social de la recuperación del material reciclable fue de USD 1.698.584,00 lo que comprueba que el reciclado de residuos sólidos en situaciones de desastres tiene incidencia significativa en el beneficio que obtiene la sociedad.

Tabla 4.5

Estimación del modelo valor social (V_s)

Variable dependiente: valor social (V_s) Variables explicativas: valor económico (V_e), costo de gestión de GAD (C_{pgad}), Número de observaciones: 43				
Variables	Coef.	Error Estándar Robusto	Estadístico t	P-valor
V_e	0,0000431	0,0000009	4,45	0,000
C_{pgad}	0,0008425	0,0000292	28,87	0,000
R ² : 0,9675 Estadístico F: 551,69 Prob. (Estadístico F): 0,0000				

4.3.2. Validación del modelo de Valor social (V_s)

Luego de aplicar la prueba de Ramsey, se demuestra que en el modelo de valor social no existen variables omitidas. Por tal motivo, todas las variables son importantes para proceder a la estimación. En la prueba de normalidad se aplicó el *test* de Skewness/Kurtosis que mostró que el error del modelo tiene una distribución normal, razón por la cual se acepta H_0 y se rechaza H_1 del contraste de hipótesis.

Además de esto, se aplicó la prueba de Breusch-Pagan para comprobar el segundo supuesto que plantea la homocedasticidad. Aquí se obtuvo un coeficiente de 0,5641, el cual señala que existe homocedasticidad en los datos, ya que el p-valor es mayor a 0,05 ($\alpha > 0,05$), aceptándose la hipótesis nula: la varianza del error es constante.

De igual manera, los resultados de la prueba VIF sugieren la no existencia de multicolinealidad entre las variables costo municipal por recolección de la basura y valor económico del reciclado. El modelo del valor social es de tipo log-lin, donde la variable dependiente es una variable logarítmica y sus variables regresoras son lineales.

4.3.3. Valoración social del reciclado de residuos posterremoto

Con el reciclado de residuos sólidos el beneficio obtenido no es solo privado, sino también social. Entre mayor cantidad de residuos reciclados sea recuperado, mayores serán los beneficios para la sociedad y el medio ambiente. La recuperación de materiales de desechos para el reciclado evita costos sociales. Estos últimos se miden a través de las tasas diferenciadas que pagan los hogares mensualmente por concepto de recolección de la basura, los presupuestos municipales asignados para el manejo y gestión de residuos sólidos, los correspondientes a la atención de enfermedades producidas por la contaminación del ambiente por los desechos y, por último, aquellos destinados a la mitigación de los daños ambientales por contaminación.

Estos presupuestos municipales vienen devengados por la gestión de basura en las ciudades, por ejemplo, los costos incurridos por los GAD municipales en el proceso de barrido, recolección, transportación y disposición final. En términos de disposición final del total de residuos sólidos generado, la mayoría de estos son depositados inadecuadamente en botaderos a cielo abierto. Esto se traduce en una dificultad para la gestión eficiente de residuos en las ciudades del país, por cuanto estos lugares no cumplen con los mínimos requerimientos que la normativa ambiental exige. La transición de vertederos a rellenos sanitarios es un objetivo de los países para lograr una gestión adecuada de desechos, incluyendo un sistema de reciclaje.

En Ecuador, la eliminación de botaderos a cielo abierto todavía es un desafío pendiente. No todos los cantones del Ecuador tienen un sitio de disposición final que sea propio, por lo cual deben utilizar sitios de cantones aledaños. De hecho, hasta 2021, existían solo 169 lugares de disposición final. De estos, 27 son celdas emergentes, 72 rellenos sanitarios y 70 botaderos a cielo abierto. En la provincia de Manabí, después del terremoto de 2016, se autorizó el funcionamiento de 18 sitios de disposición final, de los cuales tres son rellenos sanitarios, ocho celdas emergentes y siete botaderos municipales donde no existe ningún tipo de control (Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica [MAATE], 2021).

En 2015, el Estado ecuatoriano fijó como normativa un plazo para el cierre de los vertederos a cielo abierto en todo el país, sin embargo, esto no se cumplió entre otras razones por la transición de la competencia sobre la gestión de los desechos sólidos a cada municipio cantonal mediante la promulgación del Código Orgánico Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD, 19 de octubre de 2010).

Los municipios incumplen con esta normativa ambiental porque sus escasos recursos presupuestarios son asignados prioritariamente a áreas de saneamiento como agua potable y alcantarillado público. Aparte de incrementar presupuestos municipales, deben tomarse decisiones políticas para sanear los vertederos a cielo abierto y adoptar modelos de gestión de residuos con un enfoque integral y sostenible.

Los vertederos a cielo abierto se convierten en un problema para las comunidades, ya que, al ser lugares destinados para la acumulación de desechos, generan la aparición de parásitos, bacterias, roedores, microbios que originan diversas enfermedades. Además, en estos

sitios se producen gases contaminantes que afectan el medio ambiente y ponen en riesgo la salud de las personas.

Como respuesta a estos problemas debe optimizarse la vida útil de los vertederos a través de la recuperación de materiales reciclable. En efecto, si se reciclara más, se alargaría la vida útil de los espacios asignados para la disposición final de residuos y serían menores los costos operativos de los GAD en el proceso de barrido, recolección, transporte y disposición final de desechos.

El costo incurrido por los municipios en el manejo y gestión de residuos sólidos es muy elevado. Por ejemplo, el GAD municipal de Pedernales asume un costo operativo de más de un millón de dólares para recolectar 19.080 toneladas de basura al año. Mientras tanto, Manta asume un costo de más de cinco millones de dólares para recolectar anualmente 81.000 toneladas. Portoviejo asigna aproximadamente siete millones de dólares al año para la recolección de 108.000 toneladas. Montecristi recolecta al año 21.600 toneladas con un costo de gestión superior a un millón de dólares; y, finalmente, Sucre recolecta 14.400 toneladas con un costo anual de más de 700 mil dólares (Entrevista GAD, 2020).

Tabla 4.6
Costos de la gestión de los residuos sólidos de los GAD municipales (USD)

GAD	Condiciones normales (T)	Condiciones Posterremoto (T)	Costo evitado por reciclar (%)
Pedernales	25	776	4.07
Manta	1682	3586	4.42
Portoviejo	681	1868	1.73
Montecristi	73	288	1.32
Sucre	11	312	2.17

Fuente: Entrevista GAD municipales, 2020.

Tal como observa en la parte inferior de la Figura 4.9, el terremoto elevó considerablemente la generación de residuos en las ciudades. En consecuencia, los municipios requirieron un mayor presupuesto para la gestión de la mayor cantidad de desechos. En Manta, en condición de posterremoto, los centros de acopio alcanzaron a recuperar 3.586 toneladas lo que en condiciones normales alcanza 1.682 toneladas. Si estos residuos no se reciclaran, tendrían como destino los sitios de disposición final, provocando en el primer mes un incremento del costo operativo de USD 5.135.657,31 a un estimado de USD 5.363.021,10.

En Portoviejo, la cantidad de materiales recuperados pasó de 681 a 1.868 toneladas. Este incremento de la cantidad de materiales para reutilización y reciclaje generó un ahorro de USD 118.437,13 en el presupuesto asignado para la gestión de los residuos sólidos (el costo operativo hubiera sido de USD 6.965.980,21 que es mayor al ejecutado que fue de USD 6.847.543,08).

Por su parte, Montecristi registró un aumento de 73 toneladas a 288 toneladas de materiales recuperados, por lo que su costo se hubiera incrementado de USD 1.091.865,39 a USD 1.106.423,60. En Pedernales, las cantidades recuperadas se incrementaron de 25 a 776 toneladas, de modo que el costo pasaría de USD 1.099.080,60 a USD 1.143.781,15. Por último, en Sucre, la recuperación de residuos pasó de 11 a 312 toneladas y, en promedio, el costo de operatividad se hubiera incrementado de USD 732.720,40 a USD 748.596,01 (Entrevista a GAD, 2020).

Aunque pueda parecer poco significativo, el costo evitado por los residuos tiene como consecuencia un beneficio social. Este beneficio se estima en USD 420.935,29 al mes, lo que genera mayor liberación del presupuesto de los municipios para que se invierta

en otro tipo de obras o proyectos. Esto revela que el reciclado de residuos es la herramienta para internalizar la externalidad de los residuos sólidos, ya que, si se recupera mayor cantidad de materiales, la vida útil de los vertederos y rellenos sanitarios será mucho mayor.

Asimismo, se estima que con la recuperación de materiales posterremoto, Manta se ahorró 7.172 metros cúbicos en el relleno sanitario; Pedernales, 1.552; Portoviejo, 3.736; Montecristi 576; y, Sucre, 624 metros cúbicos. Esto constituye otra parte importante del beneficio social que proporciona el reciclado. El modelo estimado de valor social del reciclado de residuos sólidos demuestra que este viene dado por el valor económico privado de las recicladoras y el costo de la recolección de la basura por parte de los GAD. La predicción de este modelo indica que el valor que recibe la sociedad cuando se internaliza el fallo de mercado de los residuos posterremoto en abril de 2016 fue de USD 1.698.584 aproximadamente.

4.4. Discusión de resultados

Los resultados obtenidos en el presente estudio revelan que el reciclaje es el mecanismo de internalización de la externalidad originada por los desechos sólidos posterremoto de abril del 2016 en Manabí, Ecuador. Esta revelación se diferencia de los hallazgos de otras investigaciones realizadas sobre el sismo ocurrido en Manabí el 16 de abril de 2016.

Existen trabajos que abordan aspectos geológicos que explican el origen del sismo (Jiménez *et al.*, 2021). Otros estudios describen lo sucedido como consecuencia del sismo en términos de pérdidas de vidas, pérdidas económicas, materiales y otras afectaciones a la población (OCHA, 13 de octubre de 2016). Un tema mayormente abor-

dado es el comportamiento sísmico de edificios durante el terremoto de abril 2016 (Villacreses *et al.*, 2021; Kagermanov *et al.*, 2017; Aguiar y Mieles, 2016; Pinzón *et al.*, 2021). Además, existen varios estudios que determinan los impactos del terremoto de abril del 2016 en el ámbito económico, social y ambiental. Asimismo, se han publicado trabajos que estiman y evalúan los costos que generó el sismo de 2016 (SENPLADES, 2016). También existen publicaciones sobre la gestión de los residuos sólidos generados principalmente por la destrucción de cientos de edificaciones (Rodríguez-Ríos *et al.*, 2022), manejo de escombros pos-terremoto (Guerrero-Miranda y Luque-González 2021) y sobre la remoción de escombros (Bermúdez-Arboleda, 2018).

Esto evidencia que el presente trabajo es pionero en el abordaje de la valoración económica y social de los residuos sólidos del terremoto ocurrido en 2016, el cual afectó principalmente a la provincia de Manabí. El aspecto crucial del estudio radica en que demuestra que el reciclado proporciona beneficios para el recuperador de material y su familia, así como también genera beneficios para toda la sociedad mediante la disminución del efecto negativo de los desechos sólidos. Por lo tanto, esta investigación abre la puerta a futuras investigaciones, ofreciendo las ventajas sociales que ofrece el reciclado de los residuos sólidos para poder plantear nuevas áreas temática y de abordaje en este ámbito.

Bibliografía

- Aguiar R. y Mieles Y. (2016). Análisis de los edificios que colapsaron en Portoviejo durante el terremoto del 16 de abril del 2016. *Revista Internacional de Ingeniería de Estructura*, 21(3), 257-286.
- Bermúdez-Arboleda, N. (2018). La remoción de escombros y la experiencia del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo luego del terremoto del 16 de abril: hacia una nueva normalidad. En A. Carrión, I. Giunta, A. Mancero, G. Jiménez (Eds.), *Posterremoto, gestión de Riesgos y cooperación internacional*, (pp. 131-156). IAEN. <https://editorial.iaen.edu.ec/wp-content/uploads/2018/08/Posterremoto.pdf>
- Código Orgánico de Organización Territorial, COOTAD (19 de octubre de 2010). Registro Oficial Suplemento 303. <https://www.cpccs.gob.ec/wp-content/uploads/2020/01/cootad.pdf>
- Constitución de la República del Ecuador (2008). Registro Oficial de la República, 449, octubre 20, 2008.
- El Telégrafo (21 de marzo de 2018). La región recicla menos del 3% de sus 500 mil toneladas diarias de basura. <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/sociedad/6/la-region-recicla-menos-del-3-de-sus-500-mil-toneladas-diarias-de-basura>
- El Universo (31 de julio de 2016). Reciclaje, una actividad que da sustento a 20 mil familias en Ecuador. <https://www.eluniverso.com/vida-estilo/2016/07/31/nota/5716860/reciclaje-actividad-que-da-sustento-20-mil-familias>

Guerrero-Miranda P. y Luque-González A.L. (2021). Social responsibility, sustainability and public policy: The lessons of debris management after the Manabí earthquake in Ecuador. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(7), 3494.

Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC] (2014). Directorio de Empresas y Establecimientos. https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Economicas/DirectorioEmpresas/Empresas_2014/Principales_Resultados_DIEE_2014.pdf

Iniciativa Regional para el reciclaje [IRR] (2015). Reciclaje inclusivo y recicladores de base en el Ecuador. <https://latitudr.org/wp-content/uploads/2016/04/Reciclaje-Inclusivo-y-Recicladores-de-base-en-EC.pdf>

Jiménez, C., Saavedra, M. y Moreno, N. (2021). Seismic source characteristics of the 2016 Pedernales-Ecuador earthquake (Mw 7.8). *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 312, 106670.

Kagermanov A., Ceresa P., Morales E., Poveda J. y O'Connor J. (2017). Seismic performance of RC buildings during the MW7.8 Muisne (Ecuador) earthquake on April 2016: field observations and case study. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 15(12), 5167–5189.

Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica [MAATE]. (2021). Gestión Integral de residuos sólidos no peligrosos municipales. <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjojMWQ3MDI0NjQtZWY0M2RlLWJmYjMtZjNiNjMwZjM2MTJlIiwidCI6ImI5MmFkMDkzLTRhODYtNGZiNS1hY->

2VhLWNiMWU1ZmJiYWIXMyJ9&pageName=ReportSection-nd5848c462013b45b0a80

OCHA (13 octubre de 2016). Ecuador Terremoto. 16 de abril 2016. Informe a seis meses. https://www.humanitarianresponse.info/sites/www.humanitarianresponse.info/files/documents/files/ocha_20161015_informe_6_meses.pdf

Pinzón L., Pujades L., Medranda I. y Alva R. (2021). Case study of a heavily damaged building during the 2016 Mw 7.8 Ecuador earthquake: Directionality effects in seismic actions and damage assessment. *Geosciences*, 11(2), 1-21.

Rodríguez-Ríos, E., García-Páez, B. y Mera-Moreira, A. (2022). Appropriate management of earthquake generated waste: Lessons from the 2016 earthquake in Ecuador. *Disaster Advances*, 15(7), 1-9.

SENPLADES (2016). *Evaluación de los Costos de Reconstrucción. Sismo en Ecuador abril 2016*.

Villacreses-Viteri C., Miele-Bravo Y., Delgado-Gutierrez D. y Alcívar-Moreira S. (2021). A Look at the Traditional Construction During the Earthquake of 7.8 Mw of Pedernales 2016 (Ecuador): the Case of Portoviejo city. En H. Rodrigues, F. Gaspar, P. Fernandes y A. Mateus (Eds.), *Sustainability and Automation in Smart Constructions. Proceedings of the International Conference on Automation Innovation in Construction (CIAC-2019)*, Leiria, Portugal, (pp. 363-375). Springer. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-35533-3_44

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

A continuación, se presentan las principales conclusiones a las que arriba el presente estudio:

1. En situaciones de desastres, el reciclado es la herramienta que permite internalizar la externalidad generada por los residuos sólidos, ya que este mecanismo contribuye a que la capacidad utilizada en los sitios de disposición final sea menor. En Manabí, en el primer mes después del sismo, se ahorró un estimado de 13.660 metros cúbicos en los sitios de disposición de los desechos, gracias a la recuperación de materiales. Pese que se crearon escombreras en distintas ciudades para depositar los desechos de construcción de las edificaciones destruidas por el desastre, al ser lugares de disposición creados por la emergencia, sus protocolos de evacuación eran insuficientes, lo que impedía una mayor recuperación para los recicladores de bases.
2. En cuatro de las escombreras creadas en Manabí, se depositaron alrededor de 785.000 metros cúbicos lo que equivale a 392.500 toneladas de residuos ocupando el 100% de la capacidad. Por lo tanto, si no se hubiera recuperado ningún tipo de material, la gestión de los residuos del desastre hubiera presentado mayores dificultades y un mayor déficit de espacio para su disposición final.

3. Aunque el reciclado en la actualidad sigue siendo considerada como una actividad económica marginal, es importante reconocer que el trabajo realizado por parte de los recicladores es fundamental en el proceso de una gestión eficiente de los residuos. No obstante, los recicladores de base solo alcanzan a recuperar 5% de los 25% de la basura que es potencialmente reciclable. Aumentar el porcentaje de recuperación de materiales genera un aumento del beneficio social y ambiental, pues esto ayudaría a que disminuyan los costos incurridos por la gestión de residuos y se alargue la vida útil de los rellenos, celdas emergente o vertederos.
4. La destrucción ocasionada por el terremoto tuvo como efecto el incremento de la oferta de materiales reciclable y, consecuentemente, el valor económico (beneficio) de los centros de acopios y el beneficio social del reciclado se incrementaron. Esto se comprobó mediante la aplicación de los modelos econométricos de valor económico (V_e) y social (V_s). El valor económico del reciclado de residuos sólidos posterremoto hace referencia al beneficio que obtienen los centros de acopio después de cubrir tanto sus costos fijos como sus costos variables. El valor económico estimado de la recuperación de los materiales en Manabí, en promedio, fue de USD 347.915,00 en el primer mes luego del desastre. Así pues, el incremento de la cantidad de residuos sólidos incidió en el incremento del beneficio de los recicladores, ya que ellos contribuyen con la gestión de los residuos. Esto incentivó al establecimiento de nuevos emprendimientos en la recuperación de materiales en la zona de desastre.
5. El valor social del reciclado es un componente esencial de la gestión municipal. A mayor nivel de reciclado mayor será el beneficio social. Según los resultados del modelo econométrico, el

valor social del reciclado de residuos sólidos tiene un estimado de USD 1.698.584,00 en el primer mes después del terremoto. De este modo, el reciclado proporciona beneficio social (USD 1.698.584,00) que incluye el beneficio económico de los recuperadores y el beneficio en el ahorro de recursos asignados para la gestión municipal de los residuos. Este beneficio social genera bienestar socioambiental a la población local.

6. El modelo de costo total muestra que el valor del costo estimado en condiciones de desastre, en promedio, es de USD 1.586.796,46 en el primer mes posterremoto. En este contexto, la baja de precio de mercado por exceso de oferta provocó que materiales como chatarra, cartón y plástico experimentaran una baja en su precio. No obstante, el ingreso percibido por los centros de acopio se incrementó debido a las grandes cantidades que lograron comprar y vender. Estos grandes volúmenes de materiales demandaron una mayor inversión en la compra del material, mayor costo por mano de obra, almacenamiento y transporte. Los resultados evidencian que esta actividad de recuperación y reciclado de materiales de desechos sólidos es intensiva en trabajo, materia prima, insumo y transporte de materiales.
7. Los grandes volúmenes de residuos generados por el terremoto de abril de 2016, dio origen a la creación de nuevos negocios dedicados a la recuperación de materiales, esto se evidenció con el incremento de las bodegas en los cantones estudiados. En conjunto, Manta, Portoviejo, Pedernales, Montecristi y Sucre experimentaron un incremento del 48.8% de centros de acopio o bodegas (64 centros) con respecto a los existentes antes del terremoto (43 centros).

5.2. Recomendaciones

Las siguientes recomendaciones se derivan del conjunto de conclusiones que se formularon en el apartado anterior:

1. Debe establecerse un protocolo de gestión tanto en condiciones normales como en condiciones de desastres, ya que, cuando ocurrió el sismo, las ciudades manabitas no se encontraban preparadas para afrontar esta emergencia. De esta manera, muchos de los residuos fueron depositados en lugares no autorizados por el Ministerio del Ambiente del Ecuador. Esta situación de confusión y desorden no permitió que el proceso de recuperación de los materiales fuera organizado técnicamente desde el inicio de la gestión de residuos posterremoto. Las autoridades establecieron prohibiciones de acceso a los recuperadores de materiales; y, además, los residuos transportados a los sitios asignados para su disposición eran rápidamente compactados sin dar lugar a la recuperación por parte de los recicladores. Lo anterior no permitió recuperar un mayor volumen de residuos lo que hizo que más rápidamente la capacidad de las escombreras y vertederos se completara y los costos operativos en la gestión de los residuos durante la emergencia se elevaran.
2. El reciclado es un mecanismo que sirve para internalizar aquella externalidad generada por los residuos. Por lo tanto, es preciso elaborar un sistema integral de residuos sólidos por parte de los GAD municipales, en tanto se debe empezar a educar en temas socioambientales a los ciudadanos, tomando en consideración que los terremotos son eventos cíclicos.
3. Si los municipios aparte del proceso de recolección, barrido, y disposición final que normalmente realizan, agregaran el com-

ponente recuperación de materiales, los beneficios sociales serían mayores. Muchos de los GAD permiten que los recicladores por un tiempo determinado recuperen los materiales reciclables *in situ*, pero estos hacen sus actividades en condiciones de riesgo y en entornos de trabajo inseguros y peligrosos. Esto resta capacidad para recuperar una mayor cantidad de materiales. En Ecuador, existen ciudades ejemplares en la gestión de residuos sólidos como Loja y Cuenca, donde se ejecuta un trabajo en conjunto con los ciudadanos, desde la clasificación en la fuente, tratamiento y aprovechamiento de residuos, hasta su disposición final. En Loja, por ejemplo, se aprovecha el 100% de la basura, con una planta de reciclaje de residuos orgánicos e inorgánicos, generando fuentes de trabajo para la población.

4. En Ecuador, el reciclado es una actividad marginal y existe poco interés en fomentarla. Existe una competencia desleal vía precio de mercado. Las empresas intermediarias de materiales reciclables deberían establecer un precio justo y competitivo para todas las bodegas, considerando que ellas obtienen altos beneficios porque fijan mayores márgenes de utilidad y de los grandes volúmenes de materiales que revenden a las industrias transformadoras. Los bajos precios de mercado de los materiales recuperados generan desánimo en los recicladores, cuestión que afecta el crecimiento de la actividad y la recuperación de mayor cantidad de residuos.
5. Resulta imperativo que todos los municipios de esta provincia tengan sitios de disposición final con licencia medioambiental y técnicamente establecidos. Esta sería la estrategia fundamental para que exista una mayor recuperación de materiales, además de un mayor beneficio económico y social del reciclado, tanto en situaciones normales como en situaciones de desastres. Bajo la

dimensión normativa, debe fomentarse el reciclado inclusivo en los cantones de la provincia de Manabí y otorgar reconocimiento a la actividad económica de recuperación de materiales, incorporándola como parte de la gestión municipal de los desechos sólidos. De esta manera, se impulsará la actividad económica de la recuperación de materiales para el reciclado que genere beneficio a la sociedad.

En la dimensión organizacional, se sugiere que los GAD generen iniciativas asociativas entre los recicladores de base; y, por último, en la dimensión de mercado, se recomienda trabajar por regularizar el acceso a los residuos, establecer niveles de ingresos y garantizar condiciones de trabajo y comercialización. Los recicladores generalmente trabajan con herramientas inadecuadas y en condiciones que son insalubres e incluso peligrosas, por ende, el GAD debería dotar de insumos como mascarillas, guantes, overol, al menos a los recicladores que ingresan a los sitios de disposición final, considerando que deben garantizar el bienestar de todos los grupos sociales, independientemente si son o no trabajadores municipales.

BIBLIOGRAFÍA

Brown, C. y Milke, M. (2016). Recycling disaster waste: Feasibility, method and effectiveness. *Resources, Conservation and Recycling*, 106, 21–32.

Crowley, J. (2017). A measurement of the effectiveness and efficiency of pre-disaster debris management plans. *Waste Management*, 62, 262–273.

Gabrielli, F., Amato, A., Balducci, S., Magi Galluzzi, L. y Beolchini, F. (2018). Disaster waste management in Italy: Analysis of recent case studies. *Waste Management*, 71, 542–555.

Lettieri, E., Masella, C. y Radaelli, G. (2009). Disaster management: Findings from a systematic review. *Disaster Prevention and Management An International Journal*, 18(2), 117–136.

Rodríguez-Ríos, E. y García-Páez, B. (2020). A method for the evaluation of bushmeat as a livelihood for rural subsistence communities in Ecuador. *Int. J. Economics and Business Research*, 19 (1), 98-110.

ANEXOS

**Anexo 1. Recicladoras que funcionaron en el antes y después del terremoto
2016 en Manabí**

obs.	Ciudad	Nombre del Negocio
1	Portoviejo	Recicladora Portoviejo
2	Portoviejo	Recicladora Montesdeoca #3
3	Portoviejo	Recicladora Montesdeoca #4
4	Portoviejo	Recicladora El gato
5	Portoviejo	Recicladora Montesdeoca #2
6	Portoviejo	Repaca JR
7	Portoviejo	Recicladora Bravo # 1
8	Portoviejo	Recicladora Peñita
9	Portoviejo	Recicladora Farfán
10	Portoviejo	Recicladora Bravo # 2
11	Portoviejo	Recicladora Guadalupe
12	Portoviejo	Recicladora Paquito
13	Portoviejo	Recicladora Recynter S.A.
14	Portoviejo	Recicladora Montesdeoca # 1
15	Portoviejo	Recicladora Mendoza
16	Portoviejo	Sin nombre comercial
17	Portoviejo	Recicladora García
18	Portoviejo	Recicladora Ronnie
19	Portoviejo	Reipac
20	Manta	Recicladora Intriago Zambrano
21	Manta	Recicladora Compraplastic
22	Manta	Recicladora el chivo
23	Manta	Recicladora Zavala
24	Manta	Recicladora Diviño Niño
25	Manta	Recicladora Flores
26	Manta	Repaca
27	Manta	Sin nombre comercial
28	Manta	Recicladora Saruka 1
29	Manta	Recicladora Galviz
30	Manta	Recicladora San Antonio
31	Manta	Centro de Acopio Juan Arteaga

32	Manta	Grupo Ponce
33	Manta	Recicladora Mendoza
34	Manta	Recicladora Virgen de Guadalupe
35	Manta	Recicladora Kelvin Jr. 3
36	Manta	Recicladora Bajared
37	Manta	Recicladora Kelvin Jr. 1
38	Manta	Centro de Acopio Ecomundo
39	Montecristi	Comercial Ponce
40	Montecristi	Recicladora Montecristi
41	Pedernales	Recicladora Delgado
42	Pedernales	Recicladora Hermanos Macías
43	Bahía	Recicladora Zambrano

Anexo 2. Formulario de encuesta



UNIVERSIDAD LAICA ELOY ÁLFARO DE MANABÍ
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS



Censo sobre el reciclaje de residuos pos terremoto abril 2016

Encuesta #

I. IDENTIFICACIÓN DEL NEGOCIO DEL RECICLAJE

1. Nombres y apellidos del representante del negocio de reciclaje:
2. Razón social (sólo en caso de ser una empresa con vida jurídica):
3. Nombre comercial del negocio de reciclaje: Sexo: ☐ Femenino ☐ masculino ☐ Edad ---- años. Cuántos años tiene el negocio del reciclaje
5. Dirección del negocio: Calle principal -----N°-----calle secundaria-----
lugar de referencia.....Teléfono celular Correo electrónico:.....

II. INFORMACIÓN TÉCNICA SOBRE LA COMPRA Y VENTA DE MATERIAL RECUPERADO

6. ¿Qué tipo y cantidad de material reciclable su empresa gestionó pos terremoto?

Material	Cantidad			Unidad de medida 1.libra 2.arroba 3.quintal 4. kg 5.tonelada	Frecuencia 1.Diario 2.Semanal 3. Quin- cenal 4. Mensual 5. ¿Otros, especifi- que?	Tratamien- to: Compra Pesa Clasifica Limpia Otro, ¿cuál? (Si son va- rias separe con (/))	Precio de compra (USD) (Si son varios los trata- mientos para cada uno un precio, separado por (/))			Unidad de medida 1.libra 2.arroba 3.quintal 4. kg 5.tonelada	¿A quién vendió? (Indicar nombre del Industrial a quien vende) "Residen- cia del compra- dor."	Precio de venta (USD)		
	Antes marzo 2016	Actual 2019	Posterre- moto				Antes marzo 2016	Actual 2019	Posterre- moto			Antes marzo 2016	Actual 2019	Posterre- moto
PET o PETE Polietileno Tereftalato														
PEAD O HDPE Polietileno de alta densidad														
PVC o V Policloruro de vinilo o vinilo														
PEBD O LDPE Polietileno de baja densidad														
PP Polipropileno														
PS Poliestireno														
Plástico de silla, mesas tipo Pyca														

[illegible]

Observaciones:

7. Aproximadamente hasta que mes y año compró residuos del terremoto

1. ¿El terremoto favoreció o perjudicó a su negocio? Por qué

142

9. Cuáles son los costos de gestión de los materiales reciclables?

Rubro	En condiciones del terremoto			En condiciones normales			Si el local es propio, ¿Cuánto cobraría si alguien le pide que le alquile?
	Cantidad (unidades de locales sucursales, personas trabajando, etc.)	Valor (USD)	Frecuencia 1.Diario 2.Semanal 3.Quincenal 4.Mensual 5. Otro, cuál?	Cantidad (unidades de locales sucursales, personas trabajando, etc.)	Valor (USD)	Frecuencia 1.Diario 2.Semanal 3.Quincenal 4.Mensual 5. Otro, cuál?	
Local							
Mano de obra							
Transporte de material							
Costo de almacenamiento y acopio							
Costos generales (energía eléctrica, etc.)							
Otros costos: Especificar							

IV.	INFORMACIÓN TÉCNICA SOBRE LA REUTILIZACIÓN DEL MATERIAL RECUPERADO
-----	--

10. Descripción de materiales de reutilizado

[illegible]

[illegible]

V. SISTEMA DE GESTIÓN DE RESIDUOS RECICLABLE Y LOS PROTOCOLOS EN CASOS DE DESASTRE Y EN CONDICIONES NORMALES

11. Describa los protocolos utilizados en la gestión de residuos reciclable en condiciones de desastre (terremoto abril 2016) y en condiciones normales. (Encuestador establezca un orden de acuerdo a cada proceso, ejemplo: 1. Compra, 2. Coloca en envases ..., etc.)

Protocolo gestión de material reciclable post del terremoto abril 2016	Protocolo gestión de material reciclable en condiciones normales

12. ¿Qué cree usted que hace falta para que la industria del reciclaje crezca en nuestro medio?

13. ¿Si hubiera que mejorar algo en la gestión de los residuos para el reciclaje en situaciones de emergencia como la vivida posteremoto 2016, que recomendaría usted?

13. ¿Si hubiera que mejorar algo en la gestión de los residuos para el reciclaje en situaciones de emergencia como la vivida posterromoto 2016, que recomendaría usted?

14. Para realizar el trabajo de compra y gestión de residuos para el reciclaje el personal utiliza (Encuestador determinarlo por observación si le es posible, sino preguntarlo):

Implemento	Si	No
Overol		
Sombrero o gorra		
Guantes		
Botas		
Mascarilla		
Gafas		
Otros, especificar:		

Observaciones generales:

.....

.....

Nombre y apellidos de la persona que otorga el censo:

Cargo o puesto que ocupa en la empresa: -----

Nombre de la persona que censa -----

Fecha de ejecución del censo:

Anexo 3. Formulario para entrevista

CUESTIONARIO

RESIDUOS DE DESASTRE, TERREMOTO ABRIL 2016



I. IDENTIFICACIÓN DEL ENTREVISTADO

1. Nombres y apellidos
2. Cargo o puesto que desempeña
3. Sexo: Femenino ☐ masculino ☐
4. Dirección de correo electrónico -----
5. Teléfono celular.....

II. RESIDUOS GENERADOS ANTES Y DESPUÉS DE L TERREMOTO ABRIL 2016

II.1 Sitios de disposición de residuos sólidos

Año	Cantidad de sitio de disposición	Ubicación	Característica 1. cielo abierto 2. Relleno sanitario 3. Otro especifique	Extensión total (hectáreas)	Extensión utilizada (hectáreas)	Capacidad total (m3)	Capacidad utilizada (m3)	Estado (vida útil)	Obs.
2015									
2016									
2017									
2018									
2019									

Año	Volumen de residuos recolectados y transportados a sitios definidos (Toneladas métricas)	Costos			
		Costo total equivalente a equipos, maquinarias y otras inversiones (USD)	Costos de operación	Costo de mantenimiento	Costo de administración
2015					Otros costos
2016					

2017						
2018						
2019						

II.2 Costos de gestión, recolección y transporte

III. Recaudación por recolección de basura

III.1 Monto (USD) de recaudación por recolección de la basura en los cantones de Manabí

Año	Valor (USD)
2015	
2016	
2017	
2018	
2019	

Observaciones:

.....
.....
.....

Muchas gracias por su colaboración

Anexo 4. Estimación del modelo de costo total (log-log)

```
. gen lncvar=lncvunitario
. reg lnc lncgplastico lncgmetales lncgotros lncvar lncf, robust

Linear regression
               Number of obs   =      37
               F(5, 31)        =    45.57
               Prob > F         =    0.0000
               R-squared        =    0.8283
               Root MSE       =    .5965

               Coef.           Robust Std. Err.      t    P>|t|    [95% Conf. Interval]
-----+-----
lncgplastico   .3658604       .162325       2.25   0.031   .0347964   .6969244
lncgmetales    .4237307       .065642       6.46   0.000   .2898531   .5576084
lncgotros      .0773553       .1000987      0.77   0.445   -.1267973   .2815079
lncvar         .4614838       .1421552      3.25   0.003   .1715564   .7514112
lncf           -.02331       .1343812     -0.17   0.863   -.2973823   .2507623
_lcons         2.4351        .6700366      3.63   0.001   1.068551   3.801649
```


Anexo 5. Especificaciones del modelo de valor económico (log-log)

Variable	eq01	eq02
lnq	0.5859*** (0.1462)	0.6298*** (0.1368)
lni	0.3734 (0.2455)	0.5526*** (0.1332)
lnCv	0.2317 (0.2661)	
lnp	-0.1078 (0.1194)	-0.0907 (0.117)
Constante	-2.8248** (1.0892)	2.661** (1.069)
Obs.	37	37
R ²	0.78	0.77
F	37.216	27.897
Akaike	81.9311	83.0648
Schwarz	88.3748	91.1194

Errores estándar en paréntesis
Leyenda: *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

En este anexo 5 se evidencia que el modelo de la ecuación eq02 es el mejor modelo estimado.

Anexo 6. Estimación del modelo de valor económico (log-log)

. reg lnve lnq lni lnp						
Source	SS	df	MS	Number of obs = 37		
Model	54.0559325	3	18.0186442	F(3, 33) = 37.22		
Residual	15.9774691	33	.484165731	Prob > F = 0.0000		
				R-squared = 0.7719		
				Adj R-squared = 0.7511		
Total	70.0334016	36	1.94537227	Root MSE = .69582		
lnve	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
lnq	.6298336	.1367531	4.61	0.000	.3516072	.9080599
lni	.5526381	.1332195	4.15	0.000	.281601	.8236751
lnp	-.0906913	.1173217	-0.77	0.445	-.329384	.1480014
_cons	-2.660823	1.068834	-2.49	0.018	-4.835382	-.4862634

Anexo 7. Estimación del modelo de valor social (log-line)

```
. reg lnvs ve cpgad, nocons
```

Source	SS	df	MS		Number of obs	=	37
Model	2479.20072	2	1239.60036		F(2, 35)	=	551.69
Residual	78.6414525	35	2.24689864		Prob > F	=	0.0000
					R-squared	=	0.9693
					Adj R-squared	=	0.9675
Total	2557.84217	37	69.1308695		Root MSE	=	1.499

lnvs	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]
ve	.0000431	9.68e-06	4.45	0.000	.0000234 .0000627
cpgad	.0008425	.0000292	28.87	0.000	.0007833 .0009018

VALORACIÓN ECONÓMICA Y SOCIAL DEL RECICLADO DE RESIDUOS SÓLIDOS

EL CASO DE LOS RESIDUOS POSTERREMOTO DE 2016 EN LA PROVINCIA DE MANABÍ, ECUADOR

