



Universidad del
Rosario

IMPACTO AMBIENTAL EN LAS ESCOMBRERAS. REVISIÓN DE LA LITERATURA
2008-2019

IVONNE MARITZA PUERTA ORTIZ

Trabajo presentado como requisito para optar por el
título de MAGISTER EN SALUD OCUPACIONAL Y AMBIENTAL

Bogotá, 2019

IMPACTO AMBIENTAL EN LAS ESCOMBRERAS. REVISIÓN DE LA LITERATURA
2008-2019

Autor

IVONNE MARITZA PUERTA ORTIZ

Director

MARCELA VARONA URIBE

ESCUELA DE MEDICINA Y CIENCIAS DE LA SALUD
MAESTRIA EN SALUD OCUPACIONAL Y AMBIENTAL

Universidad del Rosario

Bogotá D.C., 2019

IMPACTO AMBIENTAL EN LAS ESCOMBRERAS. REVISIÓN DE LA LITERATURA 2008-2019

Autor: Ivonne Maritza Puerta Ortiz.

Maestría en Salud Ocupacional y ambiental, Universidad del Rosario, Bogotá, Colombia.

Directora de tesis: Dra. Marcela Eugenia Varona Uribe.

Departamento de Salud Pública, Escuela de Medicina y Ciencias de la Salud, Universidad del Rosario, Bogotá, Colombia.

Resumen del proyecto

Introducción:

Los estudios orientados al análisis del impacto ambiental de las escombreras son generados principalmente por la preocupación que se origina en las ciudades y en los centros poblados por el auge en la construcción y con la disposición final de los residuos de las construcciones y demoliciones.

Las autoridades gubernamentales son las encargadas de planificar los modelos de gestión urbanística que permitan organizar el esquema de la prestación de los servicios de bienestar para los habitantes, en especial las disposiciones relacionadas con la gestión de los residuos sólidos, y dentro de éstos la organización atinente a la disposición final de los escombros, ahora denominados residuos de la construcción y demolición (RCD).

Objetivo:

Realizar una revisión de la literatura del impacto ambiental en las escombreras en los centros urbanos en el período 2008-2019.

Metodología

Se realizó una revisión de la literatura en las bases de datos Dialnet, la Referencia, ScienceDirect, Scielo, REBIT y WorldWideScience, de artículos publicados entre el año 2008 y 2019, en los idiomas inglés, español y portugués, a texto completo. Se usaron para la búsqueda los siguientes términos: Contaminación ambiental, impacto ambiental, residuos de construcción (Construction wastes) y eliminación de residuos, lo cual brinda una serie de listas de artículos

encontrados en cada una de las bases de datos que permitirán finalmente definir los artículos seleccionados para esta revisión.

Resultados

La información dispuesta para esta revisión de literatura deja entrever que los residuos de construcción y demolición (RCD) tienen una denotación importante a nivel mundial pues, según el estudio de Jianguo (2018) se demuestra que los RCD representan aproximadamente el 35% de todos los residuos globales y el 70%, 50%, 44%, 36% y 30% del total de residuos en países como España, Reino Unido, Australia, Japón e Italia, respectivamente. El incremento de los volúmenes generados de (RCD) y su mal manejo y disposición final han aumentado la contaminación ambiental, el consumo de recursos naturales y el precio de la tierra, generando una presión masiva a nivel global e impactos negativos en los entornos del medio ambiente y la salud humana. Tienen la capacidad de provocar impactos negativos altamente significativos sobre el medio ambiente físico y social, causando deterioro en los recursos agua, aire y suelos en los centros urbanos principalmente. Además, que la mayor proporción de los residuos que se disponen finalmente en las escombreras corresponden a los componentes de la construcción de edificaciones y obras civiles.

De igual manera, es importante señalar que gran parte de los estudios analizados sugieren trabajar e incidir sobre las alternativas en los modelos constructivos alternativos que disminuyan la generación de residuos y dispongan de materiales e insumos que permitan la reducción, reutilización y el reciclaje.

Conclusión:

Las publicaciones seleccionadas detallan de manera clara el impacto al medio ambiente y a la salud producido por los sitios de disposición final de residuos de construcción y demolición (RCD) en los centros urbanos y la importancia mundial que genera su incremento progresivo, haciendo énfasis en el volumen producido por las obras civiles, que también muestran las características de los componentes de RCD y las diferentes alternativas de aprovechamiento de los mismos y las herramientas para su mitigación, gestión, aprovechamiento y reciclaje.

Palabras clave: *Escombrera, sitio de disposición final de residuos de construcción y demoliciones –RCD, escombros, residuos de construcción y demolición, estudio de impacto ambiental, impacto ambiental, ambiente.*

Introducción

El crecimiento y desarrollo de los territorios, en especial de los centros urbanos y centros poblados, por efectos de la construcción de las obras civiles y demás construcciones conexas que se llevan a cabo con el fin de configurar un entorno más agradable y mejor acondicionado para que las personas disfruten de las instalaciones construidas y realicen positivamente su vida, pueden generar impactos y riesgos ambientales. Dentro de estos, es relevante el incremento de los escombros que son residuos sólidos provenientes de las actividades de excavación, construcción, demolición, reparaciones o mejoras locativas de obras civiles o de otras actividades conexas, los cuales requieren un manejo integral orientado a prevenir, aprovechar y disponerlos finalmente de forma adecuada.

A nivel mundial, se dice que el sector de la construcción es responsable del 40% de la energía consumida, del 50% de los recursos naturales empleados y del 50% de los residuos generados (Arenas, 2007). Por otra parte, y según Dixie et al, 2010 el trabajo civil y la construcción de edificios a nivel mundial consumen el 60% de las materias primas extraídas de la litosfera, de este volumen los edificios representan el 24% de las extracciones globales. Una investigación en España liderada por Del Río et al, 2010, señala que se producen 13 millones de toneladas anuales de los residuos de construcción y demolición, de los cuales el 95% terminan en vertederos o escombreras y solo el 5% se recicla. Estas cantidades vienen relacionadas con el auge del sector de construcción en España.

A nivel centroamericano, se afirma que la industria de la construcción juega un papel de gran importancia en la economía de Costa Rica, pues está directamente relacionada con su desarrollo y crecimiento. Sin embargo, esta misma actividad constituye un riesgo para el medio ambiente, puesto que exige un gran consumo de los recursos naturales y produce grandes

volúmenes de residuos (UICN, Guía de manejo de escombros y otros residuos de la construcción, 2011). Los escombros generados en las construcciones están constituidos, principalmente, por residuos de concreto, asfalto, bloques, arenas, gravas, ladrillo, tierra y barro, representando todos estos hasta en un 50% o más. Otro 20% a 30% suele ser madera y productos afines, como formaletas, marcos y tablas y el restante 20% a 30% de desperdicios son misceláneos, como metales, vidrios, asbestos, materiales de aislamiento, tuberías, aluminio y partes eléctricas. En la actualidad lo que se recupera de estos es un porcentaje sumamente bajo. (UICN, Guía de manejo de escombros y otros residuos de la construcción, 2011).

Adicionalmente, según Leigh y Patterson, 2005 indican que la desviación de los RCD de las escombreras a la reutilización y reciclaje genera beneficios para la sociedad, la economía, y el medio ambiente como la creación de nuevos puestos de trabajo, extensión de la vida útil de los rellenos sanitarios, reducción de la demanda de materiales originarios de canteras, la conservación del suelo y el hábitat, la reducción de los costos globales de eliminación y reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero

En Colombia, el escenario para la vigencia 2016 muestra que el país cuenta con 275 sitios entre adecuados e inadecuados, siendo los más numerosos los rellenos sanitarios (158 sitios), los botaderos a cielo abierto (54 sitios) y las celdas transitorias (34 sitios). Por otra parte, frente a la situación de la disposición final a nivel municipal, cabe resaltar que 105 municipios son atendidos por sistemas inadecuados, mientras que 915 municipios, son atendidos por sistemas adecuados. En otras palabras, el 89,7% de los municipios utilizan un sistema de disposición final, avalado para su operación por la autoridad ambiental competente y por la normatividad vigente sobre la materia. Adicionalmente, en el año 2016 se dispusieron alrededor de 11.301.000 toneladas en todo el territorio nacional, un aproximado de 31.000 toneladas al día fueron llevadas a los 277 sitios de disposición final (Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, 2017).

Además, con la proyección del sistema de ciudades en Colombia (CONPES 3819 de 2014), se calcula que el país tendrá 64 ciudades con más de 100.000 habitantes en 2035, en las que habitarán el 83% de la población y 5.1 millones de nuevos hogares, para los cuales será

necesario garantizar servicios públicos con calidad y continuidad. Asociado al crecimiento de los hogares, se estima que la generación de residuos también se incrementará. Al respecto, en 2014 la generación de residuos sólidos urbanos y rurales se estimó en 13,8 millones de toneladas anuales (Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, 2017), es decir, cerca de 283 kilogramos por persona. Esta cifra representa un poco más de la mitad del promedio de los países de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE), que está en 530 kilogramos. Sin embargo, se estima que la generación de residuos de la zona urbana y rural podría llegar a 18,74 millones de toneladas en 2030, lo que significa cerca de 321 kilogramos por persona al año o un incremento del 13,4% en la producción per cápita de residuos sólidos. De acuerdo con estas estimaciones, Colombia debe tener a futuro un esquema de gestión de residuos sólidos que le permita atender esa creciente presión. (CONPES, 2014)

Por otra parte, se considera que existe una baja sensibilidad y preparación técnica y ambiental de los industriales, profesionales de la construcción y ciudadanía en general, hacia el tema de minimización en la generación y manejo integral de residuos sólidos y en especial de escombros. Durante muchos años las empresas del sector de la construcción han venido ejecutando sus obras teniendo únicamente como soporte los planos de construcción y las especificaciones técnicas-constructivas que demandan los proyectos, sin tener en cuenta prácticas adecuadas durante el proceso, que permitan disminuir la generación de escombros, en el cual, el sector constructivo se caracteriza por ser un gran generador de empleo aportando al mejoramiento de la economía y el desarrollo de la región y en el país, pero igualmente es un gran generador de residuos sólidos, los cuales se originan tanto en la construcción de las obras civiles, como en la ejecución de actividades complementarias (Universidad de Antioquia, 2006).

Sin embargo, se ha previsto que para lograr un aprovechamiento de los RCD (Residuos de construcción y demolición) estos deben ser materiales totalmente inertes y no contaminados, se estima que el 80% de los residuos de construcción y demolición abarca materiales como ladrillos o bloques, concreto, roca, material de excavación, acero, madera y otros. El 20% restante que no es aprovechable en el sector de la construcción puede ser llevado a plantas de reciclaje específicas o dispuesto en escombreras y rellenos sanitarios (Botero, 2003).

Se ha indicado según la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (2015), que los impactos que generan la inadecuada disposición final de los residuos sólidos son sobre la salud humana, el medio ambiente y el aspecto socioeconómico. En lo que respecta a la salud humana, las consecuencias de una mala disposición están relacionadas con los daños en el sistema respiratorio a causa del material particulado y compuestos orgánicos complejos, producto de la quema de residuos, como también con la propagación de enfermedades en los habitantes del área de influencia del sitio de disposición final. Una de las principales causas de las alteraciones en la salud de personas en las proximidades del sitio, es la presencia de vectores transmisores de enfermedades como cólera y dengue. Así mismo se presentan enfermedades ocupacionales en los trabajadores que laboran en los sitios de disposición final por manipulación de los residuos. Además, el biogás del sitio de disposición puede ser tóxico, explosivo y reducir el contenido de O₂ en la zona respirable, lo que pueden generar efectos sobre la salud como quemaduras, asfixia e intoxicaciones (Environment Agency, 2003; Organización Panamericana de la Salud, 2005; Christensen, Manfredi & Kjeldsen, 2011; Hoornweg & Bhada-Tata, 2012; Wilson et al., 2015).

Entre las consecuencias adversas que generan frente al ambiente, se pueden destacar la contaminación del suelo originada por infiltración de lixiviados, derrames de camiones de basura, desechos transportados por el agua lluvia y la escorrentía entre otros; la contaminación del agua superficial y subterránea, a causa del lixiviado generado en el sitio de disposición final (por ejemplo, compuestos orgánicos volátiles - COV) y la contaminación del aire, por la presencia de trazas contaminantes dentro de la mezcla de gases que constituye el biogás. Además, la contribución al efecto invernadero por la presencia de dióxido de carbono, metano y otros compuestos presentes en el biogás en los sitios de disposición. (Rettenberg, 1984, 1987; Johannessen, 1999; Christensen et al., 2011; Christensen, Manfredi & Kjeldsen, 2011; Environment Agency, 2002, 2003).

Por último, en el aspecto socioeconómico, entre las externalidades negativas e implicaciones que afectan la dimensión social y económica de los sitios de disposición final, se cuentan la presencia de recicladores los cuales no cuentan con condiciones laborales óptimas para el desarrollo de la actividad, la pérdida del valor del suelo por encontrarse cerca de un sitio

de disposición final y el costo de la descontaminación por fallas en la operación de las diferentes tecnologías para la disposición final de residuos sólidos (Porter, 2002; Rodic-Wiersma, Wilson & Greedy, s.f.; US EPA, s.f.).

Teniendo en cuenta lo anterior, el objetivo de la presente revisión es establecer el impacto ambiental en las escombreras en los centros urbanos en el periodo 2008-2019.

Materiales y métodos:

Se llevó a cabo una revisión de la literatura en las bases de datos Dialnet, La Referencia, ScienceDirect, Scielo, REBIT y WorldWideScience, de los artículos publicados desde el 2008 hasta el 2019, en idioma español, inglés y portugués, a texto completo. Los términos de búsqueda que se utilizaron fueron Contaminación ambiental, impacto ambiental, residuos de construcción (Construction wastes) y eliminación de residuos; además se realizó un proceso de selección a través de la lectura de título y resumen y aplicación de criterios de elegibilidad. Aquellos que cumplieron los criterios fueron organizados en una matriz diseñada en el programa Excel®, en la cual se tuvo en cuenta el título del artículo, criterios de exclusión, autor(es), resumen, país, idioma, año de publicación y referencia. La búsqueda arrojó un total de 1.286 publicaciones que entraron en juicio de evaluación, luego se seleccionaron 49 artículos de mayor relevancia y pertinencia de acuerdo con los criterios establecidos. La base de datos que más resultados arrojó fue WordWideScience con un 37% de los artículos seleccionados.

La tabla siguiente resume los resultados de la búsqueda de artículos, por país, base de datos y la utilidad para este trabajo.

PAÍS DE ORIGEN	TÉRMINOS DE REFERENCIA	N° DE ARTÍCULOS ENCONTRADOS	% DE ARTÍCULOS ENCONTRADOS	N° DE ARTÍCULOS SELECCIONADOS	% DE ARTÍCULOS SELECCIONADOS	RAZONES POR LAS CUALES FUERON EXCLUIDOS LOS ARTÍCULOS	BASES DE DATOS
Holanda	Construction waste - Construction and Demolition Waste C&DW.	324	25%	13	27%	Los artículos excluidos no cumplen con el criterio de información requerida para la revisión sistemática de literatura.	ScienceDirect
Brasil	Solid waste - Residuos sólidos de construcción y demolición Construction waste - Construction and Demolition Waste	115	9%	6	12%	Los artículos excluidos no cumplen con el criterio de información requerida para la revisión sistemática de literatura.	SciELO
Argentina	Solid waste - Residuos de Construcción y demolición. Construction waste - Construction and Demolition Waste	279	22%	6	12%	Los artículos excluidos no cumplen con el criterio de información requerida para la revisión sistemática de literatura.	La Referencia
España	Impacto ambiental - IMPACTO AMBIENTAL DE RESIDUOS DE CONSTRUCCION Y DEMOLICION	36	3%	4	8%	Los artículos excluidos no cumplen con el criterio de información requerida para la revisión sistemática de literatura.	DialNET
Países Ibeoamericanos y del Caribe	Solid waste - RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN	46	4%	2	4%	Los artículos excluidos no cumplen con el criterio de información requerida para la revisión sistemática de literatura.	REDIB
USA	Eliminación de residuos - Disposición final de los residuos de construcción y demolición	486	38%	18	37%	Los artículos excluidos no cumplen con el criterio de información requerida para la revisión sistemática de literatura.	WorldWideScience.org
TOTAL		1286	100%	49	100%		

Tabla 1. Porcentaje de artículos encontrados y seleccionados según su origen.

En la figura 1 se muestra el diagrama de flujo de la búsqueda de los artículos incluidos en el estudio.

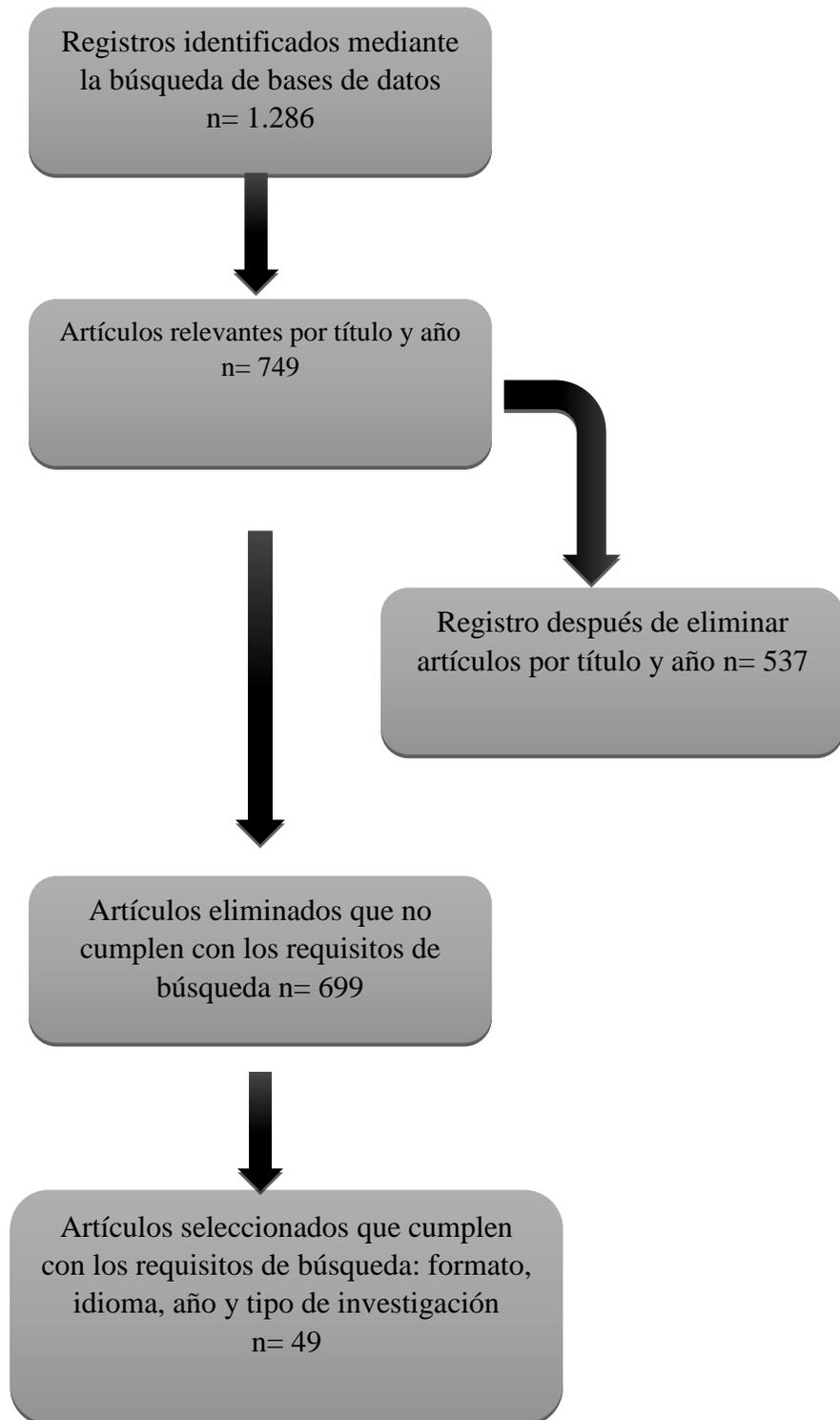


Diagrama1. Diagrama de flujo sobre los criterios de selección y términos de búsqueda.

Consideraciones éticas

Los proyectos de investigación en el campo de la salud humana deberán ajustarse a las “Normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud”, establecidas en la Resolución No. 8430 de 1993 del Ministerio de Salud, considerando de manera especial la categoría de riesgo para los humanos que pueda generar la propuesta. Igualmente, es necesario mencionar la Declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial, en donde explican los principios éticos para las investigaciones médicas en seres humanos. Según la Resolución No. 8430 de 1993, Artículo 11, y la Declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial y para efectos de esta investigación, se clasifica en la categoría Investigación sin riesgo.

Resultados:

Se seleccionaron cuarenta y nueve artículos para ser incluidos en la revisión sistemática de literatura, pues la mayoría de los artículos encontrados no cumplían con la selección de criterios. La metodología más utilizada con base en las referencias seleccionadas fue el estudio descriptivo, seguido por el estudio de campo y el estudio de caso. Las publicaciones seleccionadas detallan de manera clara el impacto al medio ambiente producido por los sitios de disposición final de residuos de construcción y demolición (RCD), haciendo énfasis en el volumen producido por las obras civiles, que también muestran las características de los componentes de RCD y las diferentes herramientas para su mitigación, gestión, aprovechamiento y reciclaje.

Características de los componentes de los residuos generados en las escombreras

Varios estudios presentan una descripción detallada de la composición de los residuos de construcción y demolición generados en diferentes ciudades del mundo. En el caso de la investigación de Mohsen & Hassan Ehrampoush (2018), cuyo objetivo es analizar los datos cuantitativos y cualitativos de los residuos de construcción y demolición en Yazd, Irán; revela que la cantidad total de estos residuos generados son de 53,445 ton/año y que los componentes de dichos residuos varían según su procedencia, entre ellos se encuentran los residuos de

cemento y concreto, ladrillos, baldosas y cerámica (TC), metales ferrosos, metales no ferrosos, vidrio, plástico y madera, donde cada uno representa un porcentaje del 38%, 20%, 14%, 11%, 6%, 5%, 3% y 3% respectivamente.

En Chile, el estudio de Muñoz (2019) propone implementar una metodología basada en un modelo de gestión de residuos desarrollado en España para estimar los RCD. Este modelo español es aplicado por primera vez en la Mancomunidad de los Alcores, por lo que recibe el nombre de “modelo Alcores”, el cual es un sistema de bucle cerrado que fija una fianza que asegure que el promotor del proyecto gestione de forma adecuada los residuos de construcción y demolición. Al promotor se lo define como “productor de RCD” o “cualquier persona física o jurídica propietaria del inmueble, estructura o infraestructura que lo origina”. Por ende, el modelo de Alcores plantea la posibilidad de revalorizar los residuos a partir de un concesionario. Esto implica considerar dos pasos previos: en primer lugar, la caracterización fisicoquímica de los RCD; en segundo lugar, las posibilidades de reciclado (Ramírez De Arellano et al, 2002). Tras la aplicación del modelo Alcores al caso de estudio, se consideran las proporciones de RCD, reportando los porcentajes de cada tipo de residuo, entre ellos: hormigones, ladrillos, tejas con 74,64%, el asfalto con 24,49% y otros con 0,87%. A excepción de las tierras, considerando que es una actividad prioritaria en los proyectos de urbanización, dado que representan el 97% del total de los residuos generados, principalmente durante el proceso de excavación. Esto hace que sea indispensable realizar, desde la fase de diseño del proyecto, un estudio para la reutilización de las tierras, lo que producirá un gran ahorro en los costos de gestión de RCD y el consumo de recursos naturales, disminuyendo el impacto ambiental que ocasionan los proyectos de urbanización.

La investigación de Storey (2008) sugiere implementar una gestión sostenible de los recursos naturales por medio de la reutilización de materiales de construcción y demolición en la ciudad de Auckland, Nueva Zelanda. El estudio reveló que la ciudad genera aproximadamente el 17% de residuos de construcción, demolición y excavación, del total de residuos que van para disposición final.

Por su parte en Brasil, Córdoba (2019), realizó un estudio donde propone un método de caracterización cuantitativa y cualitativa en la ciudad de São Carlos, utilizando indicadores de generación de residuos de construcción y demolición. La investigación se dividió en dos etapas,

la primera etapa hace referencia a la caracterización cuantitativa basado en un análisis de tres indicadores de la generación de residuos de construcción y demolición. El primer indicador utilizado “Áreas de construcción aprobadas”, tiene como resultado una estimación diaria de residuos de 95.93 hasta 184.83 m³/día. El segundo indicador fue “Carga transportada por recolectores”, donde estimó una generación de residuos de 654,94 a 678,43 m³/día. Y, por último, el tercer indicador “Control de seguimiento y recepción de transporte de residuos en áreas de disposición”, cuya estimación de residuos arrojó resultados de 572,03-592,52 a 239,42 m³/día. Para la segunda etapa, el método consistió en mezclar dos métodos cualitativos de las características cuantitativas ponderadas del sitio de muestreo. En el primer método, se recolectaron muestras de desechos en áreas de disposición. Para el segundo método, consistió en un procedimiento de análisis de imagen en muestras de residuos. Como resultado del estudio, se concluyó que los métodos se complementan entre sí, ya que demostraron los resultados de caracterización física de residuos de construcción y demolición, siendo los componentes suelo y la arena los primeros en porcentaje por peso, con 33,14%; los compuestos cerámicos en segundo lugar, con 23,96%; y el concreto y la lechada -que es una masa fina de cal-, son el tercero y cuarto, representando en conjunto el 23,87% de material para las plantas de reciclaje.

El estudio de Vargas Meneses & Luján Pérez (2016) tuvo como propósito elaborar una propuesta de revalorización de los residuos de construcción y demolición en la ciudad de Cochabamba, Perú, basados en su composición característica. Dicha estimación a través del análisis de los residuos sólidos generaría una “Vivienda tipo”, obteniendo una tasa de generación de 0,1924 Mg/m² y una composición volumétrica de tierra de excavación en un 68%, arena y grava con el 21% y otros materiales con el 11%. En el caso de los residuos de demolición se obtuvo una tasa de generación de 0,929 Mg/m², y con una composición volumétrica de hormigón en un 53%, ladrillos-tejas y otros cerámicos en un 31%, y el restante 16% de otros materiales. El residuo de demolición de una vivienda con muros de adobe tuvo una tasa de generación de 1,354 Mg/m² que presenta una composición volumétrica de adobe en un 65% y arena en un 18% y 17% en otros materiales.

De acuerdo con Bizcocho Tocón (2014), en caso de la generación de RCD en Colombia por los resultados totales obtenidos, en su mayor parte son debido a las cargas pre-RCD cuya contribución es superior en todos los indicadores al 90% en metales y cerámicos y el 80% para

hormigón mezcla y restos. Sin embargo, para los RCD de madera, plásticos y materiales de yeso, envases de papel, cartón y envases plásticos, estas cargas varían según el indicador entre el 3% y el 99%.

Según el estudio de Villoria Sáez (2014), en general, los mayores productores de RCD son la construcción de edificaciones, donde se observa que durante la etapa intermedia de la obra (25%-75%) se genera la mayor parte del residuo (alrededor del 70%-80%) del total. Por el contrario, entre la etapa inicial y la final se prevé entre el 15%-20% y el 5% y 10% del residuo total respectivamente.

Por último, la investigación de Guarín Cortés (2014) señala que los RCD son materiales inertes generados en cada una de las etapas de la construcción civil, y a lo largo de su vida útil (aproximadamente cincuenta años), constituyen del 4% al 60% de la cantidad total de los residuos generados en las ciudades, y por poseer gran potencial de reincorporación en las cadenas productivas y económicas, son objeto de estudio y análisis a nivel nacional e internacional.

Impacto ambiental generado por la disposición final de residuos de la construcción y demolición (RCD)

Otro de los resultados de interés está dirigido hacia el estudio del impacto ambiental que generan los residuos de construcción y demolición. En los centros urbanos a nivel mundial ha crecido notablemente la población y el desarrollo territorial constante, por lo que cada vez es más necesaria la creación, adecuación y demolición de estructuras para edificaciones y obras de infraestructura civil, lo que ha generado mayores volúmenes de RCD que, en su mayor parte no se gestionan adecuadamente. El estudio de Gómez (2008), señala que, en Cartagena de Indias, Colombia se detectaron un total de sesenta y cuatro (64) puntos o “escombreras satelitales” donde la ciudadanía en general arroja en forma clandestina los RCD. El 100% de los puntos se concentran en las inmediaciones de las grandes avenidas (Pedro de Heredia, Vía al Mar, Avenida Santander, entre otras), y cerca de nuevos proyectos urbanísticos en construcción. Este estudio tuvo como objetivo adoptar acciones concretas por parte del sector de la construcción en la ciudad de Cartagena, tendientes a mejorar el manejo de los RCD, con énfasis en la prevención de la contaminación, minimizar el impacto en el espacio público como los impactos paisajísticos, de

ruido y calidad del aire, entre otros y así mejorar el aprovechamiento de los escombros para ser reutilizados en el sector de la construcción.

En el estudio de María Chica & Beltrán (2018), se expone claramente que en las construcciones de infraestructura se provoca un impacto ambiental donde se utilizan alrededor del 40% de los recursos naturales extraídos; se emplea cerca del 70% de la electricidad, y se producen entre el 35% y el 65% de los residuos dispuestos en los botaderos.

El estudio de Bermejo (2016) tuvo como objetivo evaluar el manejo de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) en la ciudad de Barranquilla, ya que el 68% de la población objeto de estudio sabe de sitios de disposición inadecuada de escombros (RCD) que funcionan de forma ilegal y los cuales generan impactos negativos como aumento de la vulnerabilidad urbana, contaminación ambiental y degradación del paisaje. El 100% afirma conocer la principal problemática presente en la ciudad de Barranquilla relacionada con el manejo de RCD, destacándose la inexistencia de escombreras autorizadas, la disposición clandestina en cuerpos de agua y lotes baldíos, la falta de cultura ambiental, los altos costos de transporte, la presencia de transportadores ilegales como carromuleros, entre otras.

El estudio de Chamolí (2016) trata de conocer las características de la gestión de los residuos sólidos en la fase de construcción y demolición de las obras civiles en Huánuco y Amarilis. Las dos ciudades del estudio, Huánuco y Amarilis ubicadas en Perú, revelaron que, más del 95% de las respuestas de los encuestados evidencian ningún conocimiento de los elementos del marco legal sobre la gestión de los residuos de construcción y demolición, incluyendo el Reglamento para la gestión y manejo de residuos sólidos de las actividades de construcción y demolición, que es el más específico. La problemática fundamental de gestión y disposición de los mismos trae consigo inconvenientes como: disminución del caudal de los ríos, deterioro de la estética urbana, la ocupación de extensas áreas de tierras productivas, el propiciamiento al desarrollo de vectores y el gasto de recursos a entidades estatales.

En China, la investigación de Danfeng (2018), tiene como objetivo estudiar el enfoque de los metales contenidos en los residuos de construcción y demolición, caracterizando las concentraciones de metales y sus riesgos ambientales relacionados en la ciudad de Shenzhen. El estudio señaló que los resultados mostraron que las concentraciones de metales en la mayoría de

las muestras de desechos de construcción y demolición no cumplían con el estándar de calidad ambiental del suelo para fines agrícolas.

El estudio de Sánchez (2009), sugiere realizar una propuesta técnica básica, donde se señalan los elementos para la selección del sitio y los principios de diseño para la construcción de un relleno sanitario en el municipio de Zinapécuaro, México. La investigación señaló que cuando los RCD se depositan en un área que no cuenta con las especificaciones técnicas de un sitio de disposición final, genera alteraciones al medio como son: contaminación visual y del suelo, malos olores, generación de vectores nocivos y degradación del recurso hídrico, entre los más significativos.

El estudio de Penteado & Santos (2018), tiene como enfoque generar el mapeo de las etapas y actividades del ciclo de retorno para la reutilización o el destino final ambientalmente correcto de los residuos de construcción y demolición. Los resultados revelaron que los impactos de la construcción parten de la extracción y transformación de materias primas, que suceden en la fuente y más tarde en la cadena logística hasta llegar al punto del consumo. Se pueden consumir más de 200 millones de toneladas de recursos naturales al año en Brasil y que el sector de la construcción de edificios puede tener una participación de hasta el 75% de ese valor, teniendo como un hecho agravante que la mayoría de los recursos no son renovables.

Por otra parte, en México, el estudio de Duque (2009) tuvo como objetivo llevar a cabo una primera identificación de las distintas fuentes de sedimentos a la red fluvial del río Tajo procedentes de zonas mineras del entorno de Peñalén. Con esta investigación se puede concluir que las minas y escombreras de Peñalén constituyen una fuente muy importante de sedimentos que llegan directamente al río Tajo, produciendo gran cantidad de contaminación al cauce hídrico, afectando zonas veredales que se benefician del cuerpo de agua.

Los residuos de construcción y demolición (RCD) generados por la industria de la construcción canadiense representan el 27% del total de los residuos sólidos municipales dispuestos en vertederos según Muluken (2012). Estos residuos han generado impactos negativos sobre el medio ambiente como contaminación del agua y del suelo, contaminación del aire, cambio climático y efectos adversos sobre la flora y la fauna, afectando también la economía como la pérdida de recursos primarios, efectos sobre el turismo y sobre todo el tema de la salud pública. Por ende, esta investigación trata sobre implementar una estrategia integral y sostenible

durante todo el ciclo de vida de los proyectos de construcción. Sin embargo, el estudio concluye que es evidente que más del 75% de la industria de la construcción genera residuos como valor residual y, por lo tanto, podría reciclarse, recuperarse y/o reutilizarse.

En China, el estudio de Jianguo (2018) tuvo como propósito desarrollar un mapa de conocimiento y un marco de gestión integral para los RCD, donde se demuestra que los RCD representan aproximadamente el 35% de todos los residuos globales, así como el 70%, 50%, 44%, 36% y 30% del total de residuos en países como España, Reino Unido, Australia, Japón e Italia. Por ende, el mal manejo y disposición de los residuos han aumentado la contaminación ambiental, el consumo de recursos naturales y el precio de la tierra, generando una presión masiva a nivel global e impactos negativos en los entornos del medio ambiente y la salud humana.

Por otra parte, el estudio de Marmolejo (2012) estuvo enfocado en caracterizar la situación ambiental provocada por la presencia inadecuada de escombros y basuras en los espacios urbanos de la comuna 16 de la ciudad Cali, que ocasionan degradación ambiental; y también a caracterizar los conflictos ambientales y relaciones entre actores asociados a las actividades de la gestión de escombros y residuos sólidos en el contexto local del área de estudio. Los criterios para calificar el nivel de impacto de las variables de deterioro ambiental están relacionados directamente al problema de disposición inadecuada de escombros y basuras y a la gravedad de dicho impacto sobre los recursos de suelo, agua, aire, vegetación, paisaje y calidad de vida humana. El conflicto ambiental producido por la recolección-transporte-disposición inadecuada de los residuos sólidos de construcción y demolición, como lo muestran los documentos oficiales y el documento de planificación que reglamentan la gestión integral de escombros para el municipio de Santiago de Cali, es solo una parte del problema que impide hacer una gestión integral de estos materiales, y representa una consecuencia de la falta de planificación ambiental.

En Turquía, la investigación de Serdar, Aynur & Volkan (2017) se enfoca en informar los problemas del mal manejo actual de las plantas de reciclaje de residuos de construcción y demolición. Ello produce un impacto ambiental negativo a causa de los vertidos y la proliferación de vectores.

El estudio de Chongping & Pengpeng tiene como objetivo establecer un marco para evaluar la eficiencia ecológica del desempeño de la gestión de residuos de construcción y demolición a través de indicadores de eficiencia ecológica, basados en la práctica particular en la ciudad de Hong Kong. La investigación partió de dos indicadores: “El enfoque de eficiencia ecológica”, el cual es un instrumento para el análisis sostenible que indica la relación entre el costo ambiental o valor e impacto ambiental. El segundo indicador “Ecoeficiencia de la gestión de residuos de construcción y demolición”, propone un marco de eficiencia ecológica para la gestión de residuos. El marco se denomina costo-eficiencia ambiental, y representa la relación entre los beneficios ambientales netos y la diferencia en costos. Los hallazgos sugieren que el segundo indicador Ecoeficiencia de la gestión de residuos de construcción y demolición en la ciudad de Hong Kong es el mejor, en razón a que permite reducir los residuos que causan impactos.

El estudio de Carvajal (2016) tiene como objeto servir de base para la formulación de proyectos a ejecutarse en Colombia u otros países con necesidades similares en torno a la gestión adecuada. La investigación señala los efectos de estos materiales en el entorno social y ambiental; por ejemplo, la calidad estética del paisaje se ve afectada seriamente por las acumulaciones excesivas de materiales de construcción en zonas no adecuadas para tal fin. Esto se convierte en una problemática nacional de disposición inadecuada de escombros en varias locaciones del país.

Reciclaje, mitigación y eliminación de los residuos de construcción y demolición (RCD)

En la India, los residuos de construcción y demolición contribuyen a aproximadamente el 33% del flujo de residuos sólidos debido a que no se les presta la atención adecuada y pierde su potencial de reciclaje. De manera que, el estudio de Sadhan (2016) se orienta a proponer un modelo de optimización para los residuos de construcción y demolición, incorporando los principios básicos de Reducción, Reutilización y Reciclaje. Los resultados indican que la madera, las tuberías sanitarias, el material eléctrico y los accesorios no se consideran en este modelo de optimización porque estos materiales generalmente son subastados por la autoridad ambiental. Alrededor del 10% - 15% y 5% - 6% del valor actual de mercado se recupera subastando la madera y accesorios sanitarios, respectivamente.

El estudio de Osmani (2012) prevé evaluar los factores de minimización de los residuos de construcción en el Reino Unido, y como resultado se observó que las medidas legislativas y fiscales son, sin duda, los principales impulsores de la reducción de los residuos de construcción en el Reino Unido, debido a que estaban directamente relacionados con el aumento del impuesto de vertederos, el aumento del costo de la eliminación de desechos y los requisitos de cumplimiento. Sin embargo, la legislación actual falla al imponer responsabilidades a los arquitectos para minimizar el desperdicio, que es en gran parte la forma más práctica de reducir los desperdicios al inicio de un proyecto a través del diseño, en lugar de implementar medidas de minimizar los desperdicios durante la construcción.

Los resultados muestran que la composición y el esfuerzo de compactación influyen en las características físicas del agregado de los residuos de construcción y demolición. Según el caso de estudio de Fabiana (2001), sugiere estudiar el rendimiento mecánico de los residuos de construcción y demolición a lo largo del tiempo para el uso en capas de soporte de pavimento en Maringá, Brasil. Este proceso de compactación ha promovido una trituración parcial y la rotura de las partículas de los residuos de construcción y demolición, cambiando la distribución del tamaño de grano y aumentando el porcentaje de granos cúbicos, en consecuencia, mejora la capacidad de carga, el módulo elástico y la resistencia a la deformación permanente, el agregado se puede utilizar como capa base y como una subbase gruesa para carreteras de bajo volumen.

En Malaysia, la investigación de Shahiron (2017) propone analizar los agregados reciclados (RA) producidos a partir de residuos de RCD y su uso en la construcción de concreto. Los agregados reciclados se tratan con resina epoxi para reducir la absorción de agua. Esta investigación muestra que los agregados reciclados que se obtienen a partir de muestras de concreto probadas en el sitio, producen concreto de buena calidad.

Por otra parte, el estudio de Zanni (2018) se enfoca en proponer un estudio de caso, a partir de la evaluación de diferentes opciones de gestión de residuos RCD para que estos sean reutilizados en el municipio de Bologna, Italia. Esta investigación se basó en los agregados de residuos, los cuales mostraron como resultado, el reemplazo del 25% de los agregados naturales, a lo que conduce a una disminución casi igual en el impacto relacionado con los inorgánicos respiratorios y una disminución de más del 39% en el indicador de ocupación de la tierra; aunque el indicador de impacto del agotamiento de la capa de ozono muestre un desempeño negativo.

Sin embargo, el reemplazo parcial de agregados debe ser acoplado por un reemplazo de cemento limitado, para desencadenar una disminución sustancial del impacto ambiental en la producción de concreto.

En Brasil, el estudio de caso de Contreras (2016) se propuso evaluar la posibilidad de producir ladrillos, utilizando cal o cemento como aglutinantes para construir viviendas de bajo costo con residuos de construcción y demolición. De acuerdo al proceso, se utilizaron cal y cemento como agentes aglutinantes y se prensaron usando una prensa hidráulica uniaxial. Después de los 21 días de curado se sometieron a pruebas de compresión, presentaron una resistencia promedio superior a 4 megapascales, resultando mayor que los estándares. También se determinaron la absorción de agua, la porosidad aparente y la densidad. Los resultados muestran que es posible producir ladrillos de bajo costo con excelentes propiedades físicas, utilizando RCD como agregado y cal o cemento como aditivo.

El estado de estudio considerado para la producción primaria y secundaria para los materiales pétreos escogidos corresponde a España, más específicamente a Cataluña, donde actualmente se genera la mayor cantidad de RCD del país, según Suárez (2015). El objeto de estudio se basa en desarrollar una propuesta metodológica, a modo de herramienta funcional, que permita evaluar la producción primaria y secundaria de los materiales pétreos y elegir la opción óptima, teniendo en cuenta el criterio medio ambiental y el económico. Como resultado, al producir hormigón con 20% árido reciclado y con cemento reciclado, se observa una reducción de los impactos comparados con el hormigón con 20% árido reciclado, se presentan ahorros económicos hasta del 93% disminuyendo a su vez los impactos producidos al medio ambiente.

La investigación realizada por Cruz (2016) tuvo como propósito evaluar la prefactibilidad de crear una planta de tratamiento integral de residuos de construcción y demolición (RESCOND) para el Cantón de Alajuela en Costa Rica, con el fin de obtener agregados reciclados para la construcción y separar los otros residuos valorizables para su adecuada gestión y aprovechamiento. Los estudios evidenciaron que, según la demanda proyectada con solo los residuos de construcción y demolición del Cantón de Alajuela, se requiere al menos un 25% más para que financieramente el proyecto se sostenga en el tiempo; esto considerando el escenario de proyección más bajo.

Tanto el reciclaje de metal como la madera podrían reemplazar el consumo de materia prima de una construcción en casi un 75%, según un estudio de caso de Huanyu (2018). El objeto de esta investigación consistió en desarrollar un método para determinar la tarifa de administración optimizada para los residuos de construcción en la ciudad de Shenzhen, China.

El estudio de Coelho & de Brito (2012) se basa en cuantificar los impactos ambientales comparables dentro de una perspectiva de Análisis del Ciclo de Vida (ACV) para edificios en los que las primeras etapas (Vida) y últimas etapas (Fin de vida) del ciclo de vida se ajustan a varias opciones de gestión de residuos/materiales en la ciudad de Lisboa, Portugal. Durante el proceso de la separación de los materiales principales en las operaciones de demolición y su reciclaje y/o reutilización se pueden generar beneficios ambientales. Donde, dicho resultados estimaron una reducción de alrededor del 77% en la categoría de impacto del cambio climático, 57% en el potencial de acidificación y 81% en el impacto del smog de verano.

Por otra parte, en Italia se llevó a cabo un estudio de caso por Antonini (2011), el cual tuvo como enfoque crear un sistema de información efectivo e innovador para respaldar la toma de decisiones en la actividad de demolición selectiva y gestionar la valorización (recuperación, reutilización, reciclaje) de los residuos de construcción y demolición (RCD). Durante el proceso de recolección de datos, éste demostró que de las 40 Ton/año de (RCD) producidos en Italia el 90% al 95% podría ser recuperado si se crea un "mercado de productos de construcción secundaria" y los desechos eliminados podrían transformarse en bienes reutilizables y materiales reciclables. Esta red de recuperación debe ser respetuosa con el medio ambiente, económicamente sostenible y fácilmente accesible para los productores de desechos y los posibles usuarios.

El estudio de Sharkawi (2018), sugiere proponer usos de construcción sostenibles de materiales de RCD generalmente encontrados en países en desarrollo, como en el caso de la ciudad de Tanta, Egipto. La investigación de igual forma demuestra que las técnicas de reciclaje utilizadas para el aprovechamiento de residuos de construcción y demolición con agregados de concreto tienen una resistencia de 55% al 88%, siendo aceptablemente viables.

El estudio de caso por Srour (2013) tuvo como objeto realizar un análisis para examinar la viabilidad económica del desarrollo de una instalación de reciclaje para RCD en la ciudad de Beirut, Líbano. Esta investigación demostró que en el 100% de los casos analizados se llegó a la

conclusión de que la rentabilidad económica para la reutilización de residuos de construcción y demolición por planta de tratamiento de residuos sólidos es viable en su totalidad.

En Portugal, la investigación de Mália (2013) hace referencia sobre la forma de estimar la cantidad de RCD generados a nivel mundial como flujo de desechos. Esto demuestra que si se va a realizar un alto nivel de reciclaje en la industria de la construcción portuguesa, hay que hacer más, por ejemplo, un decreto especial para la gestión de RCD el cual carece de las herramientas para estimar la cantidad de RCD generada en los sitios de construcción.

El estudio de Dosal (2016) en la población española, tiene como objetivo proponer y evaluar estrategias en las diferentes etapas de gestión de los RCD mediante el uso de herramientas de toma de decisiones, para realizar decisiones más efectivas e incluir los puntos de vista de los diferentes agentes implicados. Los resultados muestran que, debido a la alta cantidad de residuo generado, y a sus características, la mejor opción es el reciclado del 100% de RCD, debido a su alto potencial y uso de aprovechamiento.

El caso de Ramírez (2014) tiene como objeto de estudio proponer instrumentos de política que permitan mejorar el aprovechamiento de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) a partir de las percepciones de constructores de obras públicas en la ciudad de Bogotá D.C. Se elaboraron encuestas para las empresas constructoras con el fin de inducir las a mejorar el aprovechamiento de los RCD. La distribución de las categorías en la muestra es de 8,16 por ciento para el microempresario, el 43,88 por ciento para las pequeñas empresas; 29,59 por ciento para medianas y el 18,37 por ciento para el gran constructor. En total respondieron la encuesta 98 firmas el estudio. Los resultados muestran que la mayoría de los encuestados corresponden a pequeñas empresas, seguidas de las medianas, las grandes y, por último, las microempresas.

Los estudios de Patrizia, Xi et al (2018) se basaron en desarrollar estrategias de producción más limpia (PML) como enfoque preventivo de los problemas ambientales adecuándolos para abordar los impactos ambientales del sector de la construcción y así lograr la transición hacia la construcción sostenible. Este estudio concluye que la producción más limpia para RCD aún no se ha implementado completamente en las empresas de construcción y la industria, principalmente debido a las barreras legislativas y económicas.

Por último, el estudio de Markandeya (2015) propone estudiar las propiedades de los residuos de demolición, sus peligrosos efectos y sugerir métodos seguros de reciclaje/reutilización/ eliminación. Durante el proceso de investigación se crea un manual capaz de sugerir métodos para la mejora de reciclaje, reutilización y eliminación de residuos de construcción y demolición adaptándose a la normatividad vigente a cada región de la India donde pueda ser aplicado.

En la tabla 2 se muestra consolidado la matriz donde se incluyen los artículos más relevantes que fueron revisados:

Autor y año	País	Tipo de estudio	Objetivos	Características de la región	Resultados
Chávez, et al, 2013	Colombia	Estudio de caso	Crear una unidad logística de recuperación de residuos de construcción y demolición en la ciudad de Bogotá	Escombrera de la ciudad de Bogotá	Los RCD son materiales inertes que constituyen del 4% al 60% de la cantidad total de los residuos generados.
Tarantini, et al, 2015	Italia	Estudio de caso	Sistema de información efectivo e innovador para respaldar la toma de decisiones en la actividad de demolición selectiva y gestionar la recuperación, reutilización, reciclaje de los residuos de construcción y demolición (RCD)	Los desechos demolidos son transportados a vertederos y sitios de recuperación en la población general de Italia.	De las 40 Ton/año de (RCD) producidos en Italia, el 90% al 95% podría ser recuperado si se crea un "mercado de productos de construcción secundaria", donde los desechos eliminados podrían transformarse en bienes reutilizables y materiales reciclables. Esta red debe ser respetuosa con el medio ambiente, económicamente sostenible y fácilmente accesible para los productores de desechos y los posibles usuarios
Storey, et al, 2008	Nueva Zelanda	Estudio de caso	Proporcionar la gestión sostenible de los recursos naturales de Nueva Zelanda	Nueva Zelanda (NZ) es un país de 4 millones de habitantes, que viven en un área de 268,021 km ² . Consta de dos islas principales; tiene una longitud de 1.600 kilómetros (1000 millas) y está ubicada a unos 2.100 kilómetros (1.300 millas) al Este de Australia	Aproximadamente la cantidad de materiales de construcción, demolición y excavación que van a los vertederos es del 17% del total de residuos para disposición final
Núñez, et al, 2009	México	Proyectivo cualitativo	Realizar una propuesta técnica básica, donde se señalan los elementos para la selección del sitio y los principios de diseño para la construcción de un relleno sanitario	Municipio de Zinapécuaro ubicado a 50 km de la ciudad de Morelia, Michoacán, con problemas en la disposición de los residuos sólidos urbanos generados por sus 14.547 habitantes	Los RCD pueden generar contaminación visual y del suelo, malos olores, generación de fauna nociva y degradación del recurso hídrico. La generación promedio de residuos sólidos fue de 0.62 kg/hab/día y su peso volumétrico fue de 252,54 kg/m ³ .
J.F. Martín, et al, 2009	México	Estudio de cuantificación y caracterización	Identificar las distintas fuentes procedentes de zonas mineras	El Parque Natural del Alto Tajo tiene una superficie de 105.721 has, dentro de las provincias de Guadalajara y Cuenca, y cuenta con una Zona Periférica de Protección de 70.544 has.	Las minas y escombreras de Peñalén constituyen una fuente muy importante de sedimentos que llegan directamente al río Tajo, produciendo gran cantidad de contaminación al cauce hídrico. Para la estimación de la emisión de sedimentos a partir del relleno de diques de corrección hidrológica, se tomó una pirámide de base

					trapezoidal, con un volumen total de 6.000 m ³ , que con una densidad media de 1,6 gr/cm ³ (arenas) supone un total de 9.600 toneladas. Se conoce que las toneladas retenidas fueron sedimentadas en sólo tres años, pudiendo estimar una tasa de producción de sedimentos (sediment yield) para toda la cuenca de 3.200 Mg año.
Marmolejo, 2012	Colombia	Revisión de la literatura	Caracterizar la situación ambiental provocada por la presencia inadecuada de escombros y basuras en los espacios urbanos de una comuna de Cali y caracterizar los conflictos ambientales asociados a las actividades de gestión de escombros y residuos sólidos	Comuna de Cali en la que se tuvieron en cuenta la población, infraestructura, equipamientos y espacios públicos, al igual que la localización de los principales canales de aguas lluvias y vías interregionales y arterias.	Los criterios para calificar el nivel de impacto de las variables de deterioro ambiental están relacionados directamente al problema de disposición inadecuada de escombros y basuras junto con la gravedad de dicho impacto sobre los recursos suelo, agua, aire, vegetación, paisaje y calidad de vida humana. El conflicto ambiental producido por la recolección – transporte - disposición inadecuada de los residuos sólidos de construcción y demolición es, como lo muestran los documentos oficiales del municipio, una parte del problema que impide hacer una gestión integral de estos materiales, y es principalmente consecuencia de la falta de planificación ambiental.
Jianguo, et al, 2018	China	Revisión sistemática y cuantitativa	Construir un mapa de conocimiento y el marco integral para los RCD	Hong Kong se ha comprometido a formular la política de gestión de residuos de la construcción mediante la aplicación de los principios más recientes (por ejemplo, los principios 3R y el principio de quien contamina paga). Estas políticas son relativamente efectivas.	Los RCD representan aproximadamente el 35% de todos los residuos globales, así como el 70%, 50%, 44%, 36% y 30% del total de residuos en España, Reino Unido, Australia, Japón e Italia, respectivamente.
Nelles, et al, 2016	Alemania	Revisión de literatura y análisis cuantitativo de datos históricos	Revisar y evaluar históricamente la política de gestión de residuos RCD en Alemania	Población de Alemania.	La gestión de residuos RCD en Alemania se caracteriza por un buen desarrollo en los últimos 40 años, pero subsisten algunos problemas aún y surgen inconvenientes nuevos: los precios del tratamiento de residuos RCD varían mucho y las sobrecapacidades de las plantas de tratamiento de residuos RCD.

Chamolí, et al, 2016	Perú	Estudio experimental y descriptivo	Conocer las características de la gestión de los residuos sólidos en la fase de construcción y demolición de las obras civiles en Huánuco y Amarilis.	La población de la investigación estuvo conformada por los responsables (ingenieros residentes, maestros de obra o propietarios) de todas las obras civiles en ejecución al momento de la aplicación de la encuesta, en las ciudades de Huánuco y Amarilis.	En las dos ciudades del estudio más del 95% de los encuestados no evidencian conocimiento de los elementos del marco legal sobre la gestión de los residuos de construcción y demolición
Gómez, et al, 2008	Colombia	Estudio descriptivo	Elaborar un modelo de gestión ambiental participativo como instrumento para el manejo de los RCD en Cartagena	Las edades de los recolectores de RCD oscilan entre los 18 y 77 años de edad, donde el 27,86% se encuentra entre los 18 y 27 años, quienes por la difícil situación económica han recurrido a la carreta como instrumento que les permita la generación de ingresos.	Se detectaron un total de sesenta y cuatro (64) puntos o “escombreras satelitales” donde la ciudadanía arroja en forma clandestina los RCD. El 100% de los puntos se concentran en las inmediaciones de las grandes avenidas y cerca de proyectos urbanísticos en construcción

Tabla 2. Matriz de revisión de la literatura.

Discusión

En las últimas décadas, las actividades de construcción y demolición han crecido de forma exponencial y como consecuencia de estas actividades se generan así mismo enormes cantidades de escombros, en especial en los centros urbanos. A nivel internacional estos residuos de construcción y demolición se han convertido en una importante problemática ambiental y social, ya sea por mala disposición final, los impactos negativos y riesgos ambientales que provocan en la salud humana, el ambiente y el entorno socioeconómico. Con base en la información obtenida de la revisión de la literatura, los residuos de construcción y demolición (RCD) están compuestos, en su mayoría, por ladrillos, hormigones, vidrios, maderas, materiales cerámicos, materiales no ferrosos, yeso, cal, entre otros elementos. Sin embargo, es importante destacar que, debido al constante cambio en las industrias civiles, dicha composición puede variar notablemente en la fase de ejecución de los proyectos y el modelo constructivo. Por ello, se han encontrado en esta revisión estudios que refieren indicadores cuantitativos y cualitativos para estimar la cantidad y diversidad de residuos generados en las grandes ciudades e identificar los componentes viables para su reducción, reutilización y reciclaje.

El impacto ambiental en las escombreras es un tema de carácter importante a resolver, toda vez que a causa del mal manejo de los RCD trae consigo numerosos efectos negativos en el medio ambiente, como la contaminación ambiental, la pérdida de recursos naturales, la degradación del paisaje, la alteración de fuentes hídricas, como también la pérdida del suelo productivo. Por otra parte, la inadecuada disposición final de los residuos tiene asimismo consecuencias negativas, ya que se generan emisiones de gases efecto invernadero a la atmósfera y deterioro de las vías de circulación debido a su volumen y peso, como en el caso de estudio de María Chica & Beltrán (2018), donde se observa la utilización excesiva de los recursos naturales en las construcciones que además generan un 65% de residuos en los botaderos. El impacto ambiental perjudica el clima, la atmósfera, la geología y la hidrología; afecta el medio biótico, como es la vegetación, la fauna y el suelo; y el medio social, que involucra aspectos socioeconómicos y la salud pública.

Muchos de los estudios se orientan al reciclaje, mitigación y eliminación de residuos, en razón a la preocupación generada por estas actividades y dando paso a la aparición de políticas públicas y normas legales que regulen la producción y gestión de los RCD. Con la revisión de los

artículos se determinó que, para garantizar el cumplimiento de lo especificado, se debe dar una disposición final y/o aprovechamiento a cada tipo de residuo generado.

Recomendaciones

Motivar a nuevos investigadores y grupos de investigación para que desarrollen estudios sobre los impactos ambientales en las escombreras, que fortalezcan el nivel de conocimiento que se tiene actualmente acerca de esta temática en particular.

Es importante señalar que estos estudios deben potenciar la generación de medidas y estrategias para minimizar los riesgos ambientales que llegan a deteriorar al medio ambiente y a producir efectos negativos en la salud de las personas.

Sería de gran utilidad el uso de la información y los estudios analizados para fortalecer el sustento y los criterios para la toma de decisiones acerca de la disposición final y la gestión integral de los RCD.

Otro aspecto que se considera importante tiene que ver con la gestión de los residuos de construcción y demolición, pues se debe incentivar y crear instrumentos para disminuir la producción de residuos de las actividades de construcción y ampliar la posibilidad de reducirlos, reutilizarlos y reciclarlos.

Conclusiones

Los análisis adelantados permiten conocer el nivel de avance que se tiene reportado sobre los estudios de impacto ambiental en las escombreras en varias ciudades y regiones del mundo.

La información dispuesta para la revisión de literatura deja entrever que los residuos de construcción y demolición (RCD) tienen una denotación importante a nivel mundial pues, según el estudio de Jianguo (2018) se demuestra que los RCD representan aproximadamente el 35% de todos los residuos globales y el 70%, 50%, 44%, 36% y 30% del total de residuos en países como España, Reino Unido, Australia, Japón e Italia, respectivamente. El incremento de los volúmenes generados de (RCD) y su mal manejo y disposición final han aumentado la

contaminación ambiental, el consumo de recursos naturales y el precio de la tierra, generando una presión masiva a nivel global e impactos negativos en los entornos del medio ambiente y la salud humana. Tienen la capacidad de provocar impactos negativos altamente significativos sobre el medio ambiente físico y social, causando deterioro en los recursos agua, aire y suelos en los centros urbanos principalmente. Además, que la mayor proporción de los residuos que se disponen finalmente en las escombreras corresponden a los componentes de la construcción de edificaciones y obras civiles.

De igual manera, es importante señalar que gran parte de los estudios analizados sugieren trabajar e incidir sobre las alternativas en los modelos constructivos alternativos que disminuyan la generación de residuos y dispongan de materiales e insumos que permitan la reducción, reutilización y el reciclaje.

Bibliografía

- Antonini, E., Tarantini, M., & Sára, B. (2011). .Application of Life Cycle Assessment (LCA) methodology for valorization of building demolition materials and products. En *Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering*. Bologna, Italia.
- Artuso, F., & Azoia Lukiantchuki, J. (2019). Avaliação do efeito da auto-cimentação dos Resíduos de Construção Civil (RCC) sobre o desempenho mecânico ao longo do tempo para o emprego em camadas de suporte de pavimentos. *Ambiente Construído*, 59-77.
- BERMEJO URZOLA, G. A. (2013). LINEAMIENTOS PARA LA GESTION AMBIENTAL DE RESIDUOS DE CONSTRUCCION Y DEMOLICION (RCD) GENERADOS EN BARRANQUILLA D.E.I.P. (*Tesis de maestría*). PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA, FACULTAD DE ESTUDIOS AMBIENTALES Y RURALES, Barranquilla, Colombia.
- Bizcocho Tocón, N. (2014). Aplicación del análisis de ciclo de vida a la gestión de los residuos de construcción. (*Tesis para doctorado*). Universidad de Sevilla. Departamento de Construcciones Arquitectónicas I (ETSA), Sevilla, España.
- Carvajal Muñoz, J. S., & Carmona García, C. E. (2016). Gestión integral de residuos de construcción y demolición en Colombia: una aproximación basada en la metodología del marco lógico. *Producción + Limpia*, 117-128.
- Castillejo Moreno, J. M. (2009). Ingeniería ecológica de la rehabilitación de escombreras en canteras de yeso en el sureste peninsular (los yesares, Sorbas, Almería). (*Tesis para doctorado*). Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España.
- CHAMOLÍ CANTURIN, W. (2016). GESTIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS EN LA FASE DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN DE LAS OBRAS CIVILES EN HUÁNUCO Y AMARILIS. (*Tesis para Magister*). UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZAN, Huánuco, Perú.
- Coelho, A., & de Brito, J. (2012). Influence of construction and demolition waste management on the environmental impact of buildings. En *Waste Management (32)* (págs. 532-541). Lisboa, Portugal.

- Contreras, M., Teixeira, S., Lucas, M., Lima, L., Cardoso, D., Silva, G. d., . . . Santos, A. d. (2016). Recycling of construction and demolition waste for producing new. En *Construction and Building Materials* (123) (págs. 594-600). Sau Paulo, Brazil.
- Córdoba, R. E., Marques Neto, J. d., Diniz Santiago, C., Pugliesi, E., & Schalch, V. (2019). Proposta de método alternativo para identificação da composição de resíduos de construção civil (RCC). *Engenharia Sanitaria e Ambiental* (24), 199-212.
- Crawford, R. H., Deepika, M., & Rolf, G. (2017). Barriers to improving the environmental performance of construction waste management in remote communities. En *Procedia Engineering* (196) (págs. 830–837). Alice Springs, Northern Territory, Australia.
- Cruz, N. (2016). PREFACTIBILIDAD ECONOMICA DE LA REUTILIZACIÓN DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN EN COSTA RICA: EL CASO DE LA MUNICIPALIDAD DE ALAJUELA. *Iberoamerican Journal of Project Management (IJoPM)*. www.ijopm.org, 15-36.
- Danfeng, Y., Huabo, D., Qingbin, S., Xiaoyue, L., Zhang, H., Hui, Z., . . . Jinben, W. (2018). Characterizing the environmental impact of metals in construction and demolition waste. En *Environmental Science and Pollution Research* (25) (págs. 13823–13832). China.
- Dosal Viñas, E. (2016). PROPUESTA DE ESTRATEGIAS DE GESTIÓN DE RESIDUOS DE CONSTRUCCION Y DEMOLICION (RCDS) MEDIANTE EL USO DE HERRAMIENTAS DE TOMA DE DECISIONES. (*Tesis para doctorado*). Universidad de Cantabria, Química e ingeniería de procesos y recursos, Cantabria, España.
- Duque, J. M., C. Martín More, n., Nicolau, J., Sanz, M., & Lucía, A. (2009). Impacto hidromorfológico de las minas y escombreras de Peñalén (Guadalajara) sobre el parque natural del alto Tajo. *Cuaternario y geomorfología: Revista de la Sociedad Española de Geomorfología y Asociación Española para el Estudio del Cuaternario* (23), 27-44.
- Fabiana, d. C., Rosângela, d. S., Vasconcelos, K. L., & Bernucci, L. (2011). Laboratory evaluation of recycled construction and demolition waste for pavements. En *Construction and Building Materials* (25) (págs. 2972-2979). sau Paulo, Brazil.
- GAITÁN CASTIBLANCO, M. A. (2013). LINEAMIENTOS PARA LA GESTION AMBIENTAL DE RESIDUOS DE CONSTRUCCION Y DEMOLICION (RCD) EN

- BOGOTÁ D.C. (*Tesis para maestría*). PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA FACULTAD DE ESTUDIOS AMBIENTALES Y RURALES, Bogotá, Colombia.
- GOMEZ PARGA, O. G., NIETO BELTRAN, J. C., & PARADA SUAREZ, O. (2008). MODELO DE GESTIÓN AMBIENTAL PARTICIPATIVO COMO INSTRUMENTO PARA EL MANEJO DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN RCD -Escombros- GENERADOS EN CARTAGENA DE INDIAS D.T. Y C. (*Tesis para maestría*). UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLIVAR – UTB, Cartagena de Indias, Colombia.
- Guarín Cortés, N. L. (2014). LOGISTIC UNIT TO THE RECOVERY OF CONSTRUCTION AND DEMOLITION WASTE: Study Case BOGOTÁ D.C. *Ingeniería Industrial*, 11-28.
- Gul, P., Atilla, D., Turkoglu, H., & Asli, P. G. (2017). Identification of root causes of construction and demolition (C&D). En *Procedia Engineering (196)* (págs. 948 – 955). Turkey.
- Hongping, Y., Ziyu, H., & Pengpeng, X. (2016). A framework for eco-efficiency of C&D waste management. En *Procedia Environmental Sciences (31)* (págs. 855 – 859). China.
- Huanyu, W., Jiayuan, W., Tam, V. W., & Zuo, J. (2018). Considering life-cycle environmental impacts and society's willingness for optimizing construction and demolition wastemanagement fee: An empirical study of China. *Journal of Cleaner Production*, 1004-1014.
- Jianguo, C., Yangyue, S., Hongyun, S., & Jindao, C. (2018). Managerial Areas of Construction and Demolition Waste: A Scientometric Review. *US National Library of Medicine National Institutes of Health*, 23-50.
- M.Osmani. (2012). Construction Waste Minimization in the UK: Current Pressures for Change and Approaches. En *Procedia - Social and Behavioral Sciences (40)* (págs. 37 – 40). Reino Unido.
- M.Sharkawi, A., Mofty, S. E.-D., A.Showaib, E., & M.Abbass, S. (2018). Feasible Construction Applications for Different Sizes of Recycled Construction Demolition Wastes. En *Alexandria Engineering Journal (57)* (págs. 3351-3366). El Cairo, Egipto .
- Mália, m., Jorge, d. B., Duarte pinheiro, M., & Bravo, M. (2013). Construction and demolition waste indicators. *Waste Management & Research (31)*, 241-255.

- María Chica, L., & Beltrán, J. M. (2018). Demolition and construction waste characterization for potential. *DYNA* (85), 338-347.
- Markandeya, R. P., & Kameswari, P. (2015). Construction and Demolition Waste Management – A Review. *International Journal of Advanced Science and Technology* (84), 19-46.
- MARMOLEJO DE ORO, G. A. (2012). DISPOSICIÓN ILEGAL DE ESCOMBROS Y LOCALIZACIÓN ESPACIAL DE CONFLICTOS AMBIENTALES. (Tesis para pregrado). DEPARTAMENTO DE GEOGRAFÍA, FACULTAD DE HUMANIDADES, UNIVERSIDAD DEL VALLE, Santiago de Cali, Colombia .
- Mercader Moyano, P., Ramírez de Arellano Agudo, A., Cózar Cózar, E., & José Ruesga Díaz, D. (2017). Sistema BIM de cuantificación automática de los residuos de construcción y demolición. Método de transferencias ponderadas de la medición. *Acta del I Encuentro Nacional sobre Ciudad, Arquitectura y Construcción Sustentable*, 499-507.
- Mohsen, A., & Hassan Ehrampoush, M. (2018). Quantitative and qualitative analysis of construction and demolition waste in Yazdcity, Iran. En *Data in brief* (págs. 2622-2626). Iran.
- Muluken, Y., Kasun, H., Alam, M. S., Eskicioglu, C., & Sadiq, R. (2012). An overview of construction and demolition waste management in Canada: a lifecycle analysis approach to sustainability. *Clean Techn Environ Policy*, 81-91.
- Muñoz Sanguinetti, C. M., Camacho, C. R., Marrero Meléndez, M., & Cereceda Balic, G. (2019). Urbanización de viviendas y gestión ecoeficiente de residuos de construcción en Chile: aplicación del modelo español. *Ambiente Construído* (19).
- Nelles, M., Grünes, J., & Morscheck, G. (2016). Waste Management in Germany – Development to a Sustainable Circular Economy? En *Procedia Environmental Sciences* (35) (págs. 6 – 14). Leipzig, Germany.
- Patrizia, G., Xi, J., Gengyuan, L., & Sergio, U. (2018). Evaluating the transition towards cleaner production in the construction and demolition sector of China: A review. En *Journal of Cleaner Production* (págs. 418-434). China.
- Penteadó Marchesini, M. M., & Silva Santos, M. H. (2018). LOGÍSTICA REVERSA PARA A DESTINAÇÃO AMBIENTALMENTE SUSTENTÁVEL DOS RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO (RCD). *Revista Metropolitana de Sustentabilidade*.

- RAMIREZ TOBON, J. C. (2014). INSTRUMENTOS PARA EL MEJORAMIENTO EN LA GESTIÓN DE LA POLÍTICA DE APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS DE CONSTRUCCION Y DEMOLICION EN BOGOTA D.C. A PARTIR DE LAS PERCEPCIONES DE LOS CONSTRUCTORES DE OBRAS PUBLICAS. (*Tesis para maestría*). PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA, Bogotá, Colombia.
- Roque, A., Martins, I. M., Freire, A. C., Neves, J. M., & Antunes, M. L. (2016). Assessment of Environmental Hazardous of Construction and Demolition Recycled Materials (C&DRM) from Laboratory and Field Leaching Tests Application in Road Pavement Layers. En *Advances in Transportation Geotechnics 3. The 3rd International Conference on Transportation Geotechnics* (págs. 204–211). Lisboa, Portugal.
- Sadhan, K. G., Haldar, H., Chatterjee, S., & Ghosh, P. (2016). An Optimization Model on Construction and Demolition Waste Quantification from Building. En *Procedia Environmental Sciences* (35) (págs. 279–288). Barasat, India .
- Sánchez Núñez, J. M., Velázquez Serna, J., Serrano Flores, M. E., Ramírez Treviño, A., Balcazar Vázquez, A., & Quintero Rodríguez, R. (2009). Criterios ambientales y geológicos básicos para la propuesta de un relleno sanitario en Zinapécuaro, Michoacán, México. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana* (61), 305-324.
- Sara, Z., Isabela, M. S., Gavrilesco, M., & Bonoli, A. (2018). Life Cycle Assessment applied to circular designed construction materials. En *Procedia CIRP* (69) (págs. 154–159). Boloña, Italy.
- Serdar, U., Aynur, K., & Volkan, A. (2017). Construction and demolition waste recycling plants revisited: management issues. En *Procedia Engineering* (172) (págs. 1190–1197). Turkey.
- Shahiron, S., Mohamad Azim, M. A., & Kumanan, K. (2017). Utilizing Construction and Demolition (C&D) Waste as Recycled Aggregates (RA) in Concrete. En *Procedia Engineering* (174) (págs. 1028–1035). Johor, Malaysia.
- Srouf, I. M., Chehab, G. ..., El-Fadel, M., & Sandy, T. (2013). Pilot-based assessment of the economics of recycling construction demolition waste. En *Waste Management & Research* (págs. 1170–1179). Libano.
- Storey, J., Gjerde, M., Charleson, A., & Pedersen Zari, M. (2008). *THE STATE OF DECONSTRUCTION IN NEW ZEALAND*. Nueva Zelanda.

- Suárez Silgado, S. S. (2015). Propuesta metodológica para evaluar el comportamiento ambiental y económico de los residuos de construcción y demolición (RCD) en la producción de materiales pétreos. (*Tesis para doctorado*). Universitat Politècnica de Catalunya, Catalunya, España.
- Vargas Meneses, R., & Luján Pérez, M. (2016). Estudio de Caracterización y Propuestas de Revalorización de Residuos de Construcción y Demolición en la Ciudad de Cochabamba . *ACTA NOVA* (7), 399-429.
- Villoria Sáez, P. (2014). Sistema de gestión de residuos de construcción y demolición en obras. (*Tesis para doctorado*). Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior en Edificación, Madrid, España.
- Zedan, S. R., Mohamed, M. R., Ahmed, D. A., & Mohammed, A. H. (2015). Effect of demolition/construction wastes on the properties of alkali activated slag cement. En *Housing and Building National Research Center HBRC Journal* (págs. 331-336). Cairo, Egypt.

ANEXOS

Tabla. *Tipología de Ambientales – Tipo*

TIPO DE IMPACTO - SIGNO	
Cantidad de articulos Positivo o Beneficioso	Cantidad de articulos Negativo o Perjudicial
24	25
Total	49

los Impactos Signo.



Figura. Artículos en porcentaje de tipo de impacto Signo.

Tabla. *Tipología de los Impactos Ambientales – Tipo Intensidad.*

TIPO DE IMPACTO - INTENSIDAD (IN)	
Articulos de (IN) Minimo bajo	1
Articulos de (IN) Medio	12
Articulos de (IN) Alto	25
Articulos de (IN) Notable o Muy Alto	11
Articulos de (IN) Total	0
Total	49

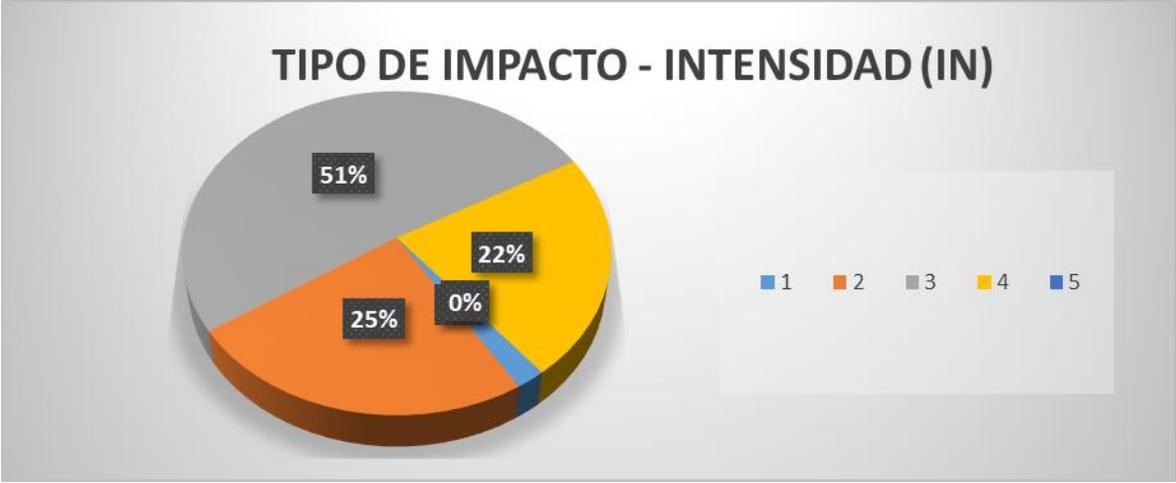


Figura. Artículos en porcentaje de tipo de impacto IN.

Tabla. Tipología de los Impactos Ambientales – Tipo Extensión.

TIPO DE IMPACTO - EXTENSIÓN (EX)	
Artículos de (EX) Puntual	18
Artículos de (EX) Parcial	10
Artículos de (EX) Extremo	7
Artículos de (EX) Total	14
Total	49

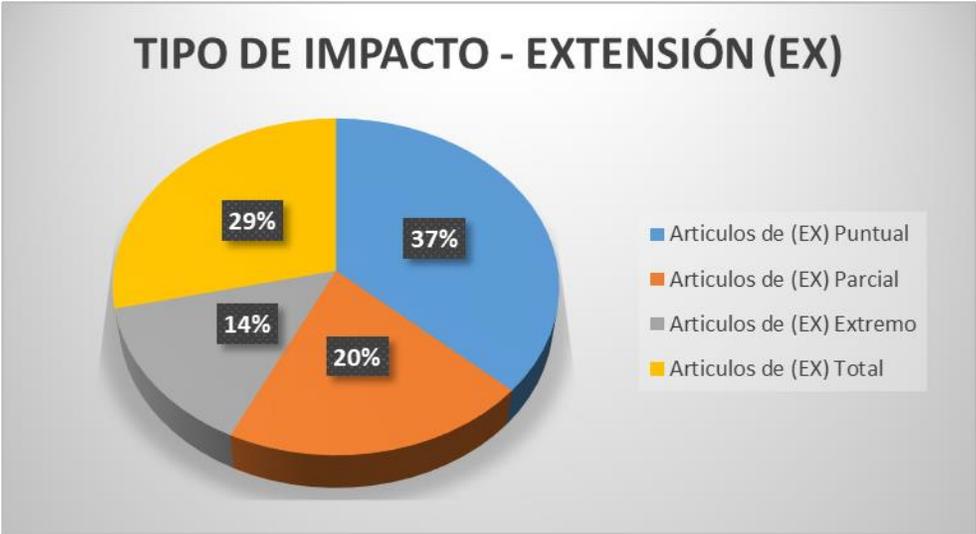


Figura. Artículos en porcentaje de tipo de impacto EX.

Tabla. *Tipología de los Impactos Ambientales – Tipo Momento.*

TIPO DE IMPACTO - MOMENTO (MO)	
Artículos (MO) Latente	46
Artículos (MO) Inmediato	3
Total	49

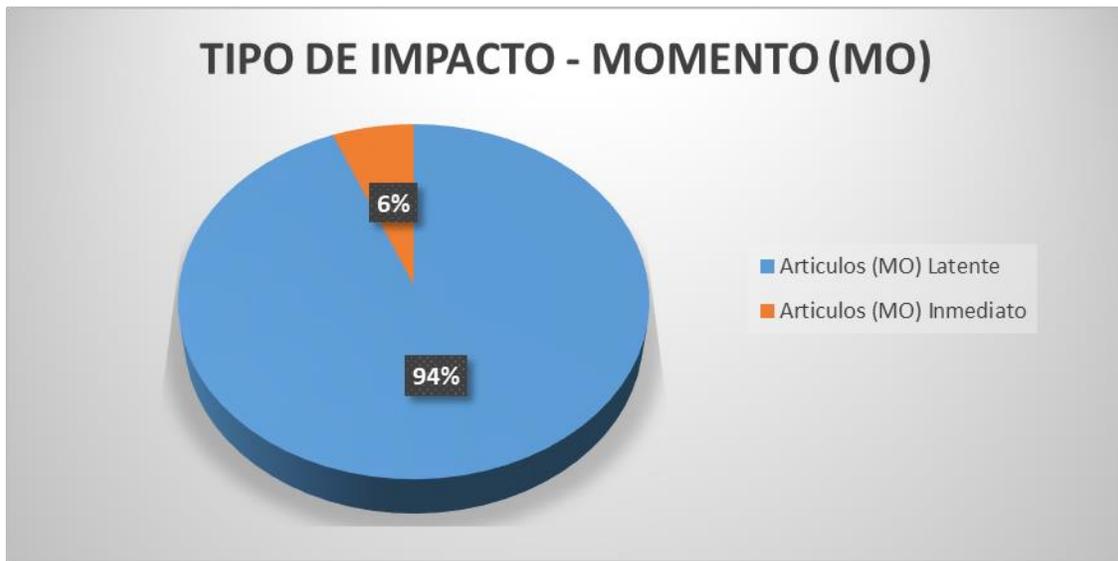


Figura. Artículos en porcentaje de tipo de impacto MO.

Tabla. *Tipología de los Impactos Ambientales – Tipo Recuperación.*

TIPO DE IMPACTO - CAPACIDAD DE RECUPERACIÓN (CR)	
Artículos (CR) Reversible	42
Artículos (CR) Irreversible	7
Total	49

TIPO DE IMPACTO - CAPACIDAD DE RECUPERACIÓN (CR)

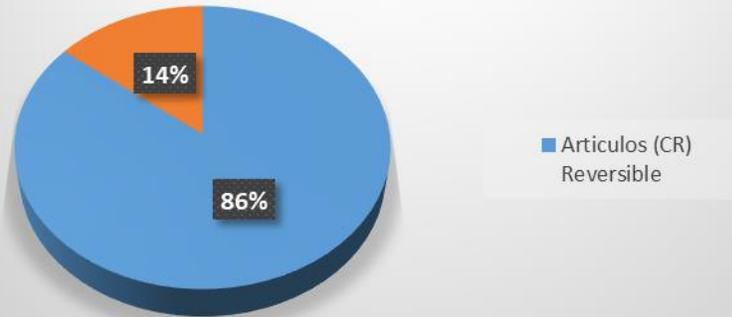


Figura. Artículos en porcentaje de tipo de impacto CR.

Tabla. Tipología de los Impactos Ambientales – Tipo Persistencia.

TIPO DE IMPACTO - PERSISTENCIA (PE)	
Artículos (PE) Temporal	41
Artículos (PE) Permanente	8
Total	49

TIPO DE IMPACTO - PERSISTENCIA (PE)

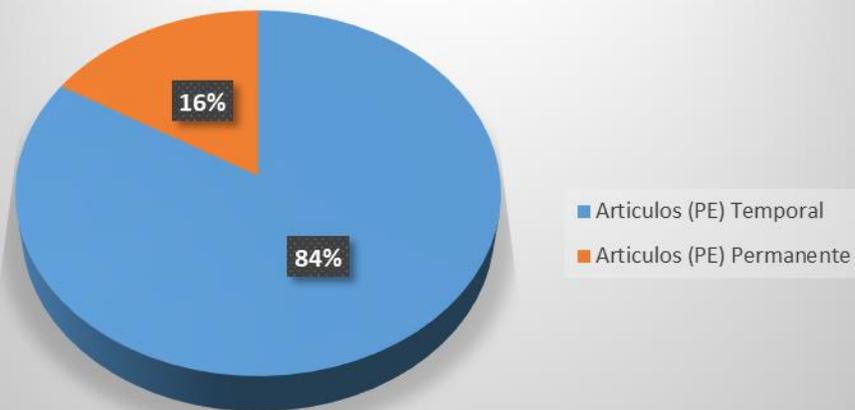


Figura. Artículos en porcentaje de tipo de impacto PE.

Tabla. *Tipología de los Impactos Ambientales – Tipo Efecto.*

TIPO DE IMPACTO - EFECTO (EF)	
Artículos (EF) Directo o Primario	45
Artículos (EF) Indirecto o Secundario	4
Total	49

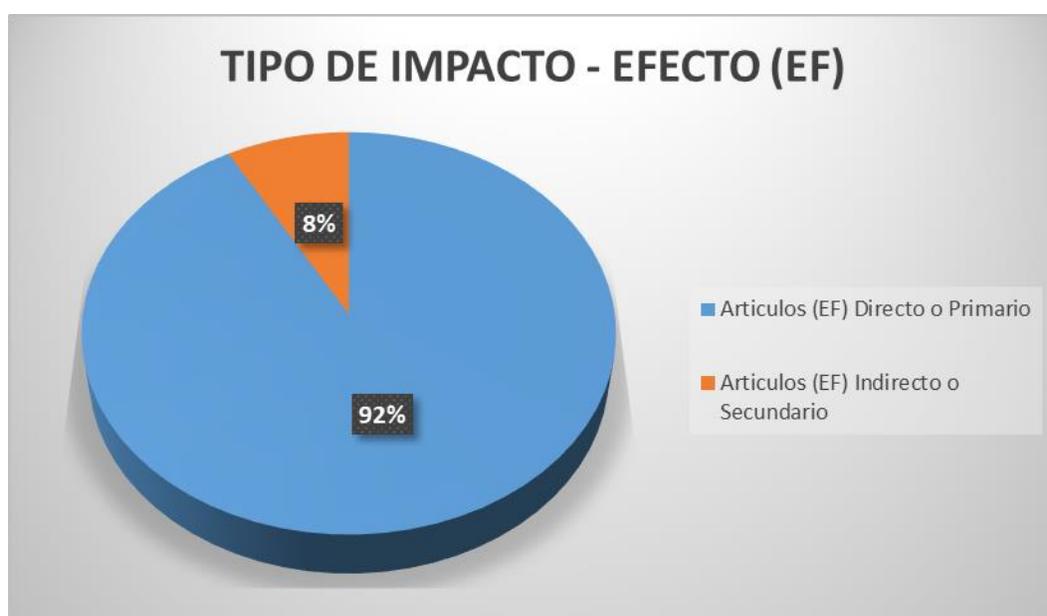


Figura. Artículos en porcentaje de tipo de impacto EF.

Tabla. *Tipología de los Impactos Ambientales – Tipo Interrelación de Impactos.*

TIPO DE IMPACTO - INTERRELACIÓN DE IMPACTOS (II)	
Artículos (II) Acumulativo	41
Artículos (II) Simple	8
Total	49

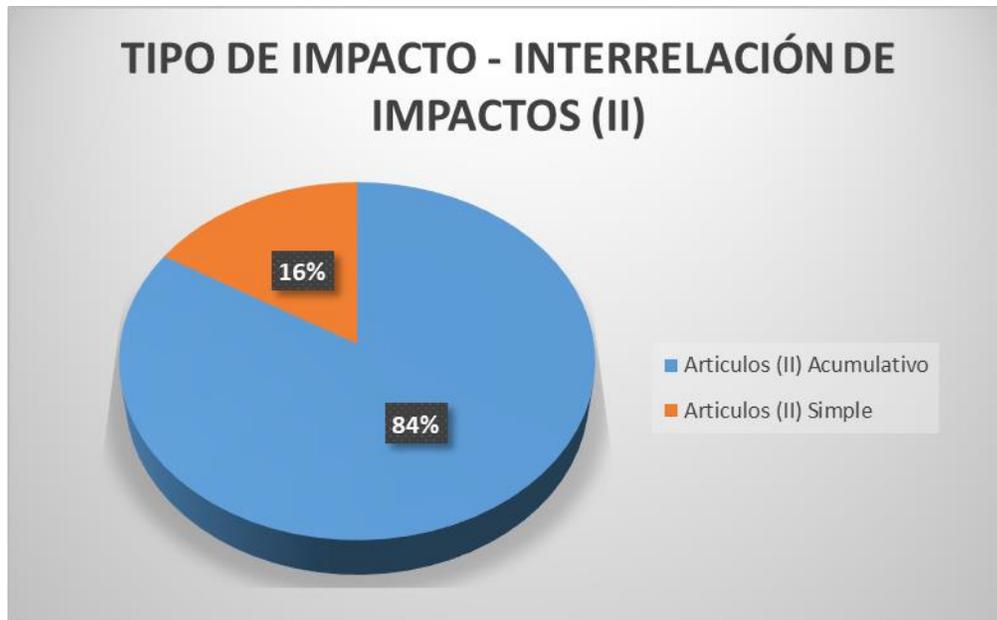


Figura. Artículos en porcentaje de tipo de impacto II.

Tabla. *Tipología de los Impactos Ambientales – Tipo Periodicidad.*

TIPO DE IMPACTO - PERIODICIDAD (PR)	
Artículos (PR) Continuo	45
Artículos (PR) Discontinuo	4
Total	49

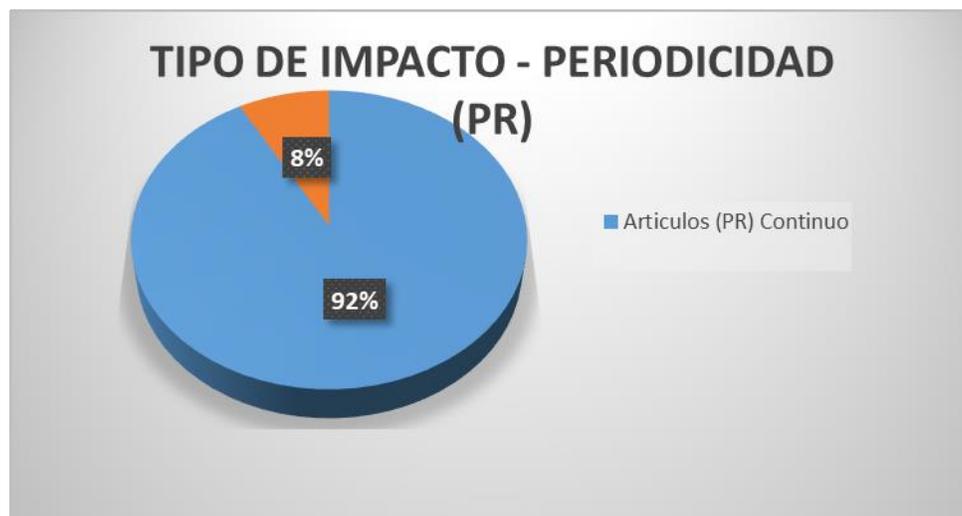


Figura. Artículos en porcentaje de tipo de impacto PR.