

Cómo citar este artículo:

López Rojas, J. B. & Palí Casanova, R. J. (2022). Reciclaje de neumáticos y rentabilidad en empresas de mantenimiento y reparación de vehículos automotores de la región del Maule. *Project, Design and Management*,4(1), 114-127. doi: 10.35992/pdm.4vi1.987

**RECICLAJE DE NEUMÁTICOS Y RENTABILIDAD EN EMPRESAS
DE MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN DE VEHÍCULOS
AUTOMOTORES DE LA REGIÓN DEL MAULE**

José Bernardo López Rojas

Universidad Internacional Iberoamericana (México)

jose.lopez1@doctorado.unini.edu.mx · <https://orcid.org/0000-0002-1912-317X>

Ramón del Jesús Palí Casanova

Universidad Internacional Iberoamericana (México)

ramon.pali@unini.edu.mx · <https://orcid.org/0000-0001-8028-0089>

Resumen. Este estudio presenta una aproximación al creciente mercado del caucho disponible para reciclaje, incorporado en los costos de la evaluación de proyectos relacionados con el reciclaje de neumáticos, para lo que se estudia el comportamiento de las empresas relacionadas con la actividad económica de mantenimiento y reparación de vehículos automotores de la región del Maule en Chile. El tema corresponde al campo de investigación del medio ambiente, calidad y prevención y estará enmarcado en la Ley de responsabilidad extendida del productor y fomento al reciclaje, de reciente promulgación en el país. La metodología utilizada, considerará un modelo sistémico compuesto por entradas, procesos y salidas, además de normas y recursos. Para establecer las entradas, será necesario recurrir a fuentes primarias de información, lo que implicará identificar la población de empresas que generan neumáticos y determinar la muestra que se medirá a través del empleo de herramientas de recolección de información y se diseñarán para que puedan satisfacer criterios científicos aceptables, que puedan ser aplicadas por otros investigadores y puedan ser validados sus resultados, estadísticamente y corroborados mediante fuentes secundarias. Al usar un caso real para una población determinada, se utilizó un diseño descriptivo transversal. El resultado del análisis de la información obtenida mediante el software estadístico SPSS para metodologías cuantitativas, determinan la discusión y conclusiones.

Palabras clave: Reciclaje, neumáticos, caucho, valorización, *Hevea brasiliensis*.

TIRE RECYCLING AND PROFITABILITY IN AUTOMOTIVE VEHICLE MAINTENANCE AND REPAIR COMPANIES IN THE MAULE REGION

Abstract. This study presents an approach to the growing market of rubber available for recycling, incorporated into the costs of the evaluation of projects related to tire recycling, for which the behavior of companies related to the economic activity of maintenance and repair of motor vehicles in the Maule region in Chile is studied. The topic corresponds to the field of research on environment, quality and prevention and will be framed in the Law of Extended Producer Responsibility and Promotion of Recycling, recently enacted in the country. The methodology used will consider a systemic model composed of inputs, processes and outputs, as well as standards and resources. To establish the inputs, it will be necessary to resort to primary sources of information, which will involve identifying the population of companies that generate tires and determining the sample to be measured through the use of information collection tools and designed so that they can satisfy acceptable scientific criteria, which can be applied by other researchers and their results can be validated, statistically and corroborated by secondary sources. When a real case was used for a given population, a cross-sectional descriptive design was used. The result of the analysis of the information obtained by the SPSS statistical software for quantitative methodologies, determines the discussion and conclusions.

Keywords: Recycling, tires, rubber, recovery, *Hevea brasiliensis*.

Introducción

Este estudio pretende describir las características del mercado recientemente creado de reciclaje de neumáticos en la región del Maule en Chile y comparar el proceso de reciclaje entre las capitales provinciales de la mencionada región y contribuir a resolver un problema ambiental alarmante que preocupa a la comunidad científica, al incentivar la eliminación de neumáticos en desuso, evitando que se acumulen en rellenos sanitarios, mares, ríos, lagos, terrenos baldíos, desiertos o que se quemen inapropiadamente presentando riesgos para la sociedad, como incendios, focos infecciosos y transmisión de enfermedades.

Estudiar el reciclaje de neumáticos en esta región de Chile es relevante, puesto que esta información permite identificar las provincias, que deben reciclar en mayor cantidad, los precios de venta en el nuevo mercado y el riesgo que puede ocasionar cuando se almacena impropiamente.

Los indicadores macroeconómicos de Chile presentan un Producto Interno Bruto Per Cápita a Paridad de Poder Adquisitivo (PIB Per Cápita PPP, USD-FMI) de US\$ 24.744 para 2018 (Banco Central de Chile, 2018) que ha producido un aumento de los componentes de la demanda agregada, impactando en el crecimiento de las necesidades de transporte y afectando al parque automotriz, que llegó a 4.680.533 unidades en 2017 (Cámara de la Industria del Neumático de Chile A.G., 2018). El crecimiento de la demanda automotriz ha provocado un aumento en la cantidad de neumáticos incorporados a los vehículos nuevos y también en la cantidad de neumáticos disponibles como reemplazo que se usarán cuando los neumáticos de primer uso sean desechados.

En 2017 se generaron en Chile 134.860 toneladas de neumáticos fuera de uso, que superan en alrededor de un 10% a las 122.757 toneladas generadas en el 2016. Las estadísticas regionales revelan que la región del Maule aporta el 7,9% de neumáticos fuera de uso del total del país (Cámara de la Industria del Neumático de Chile A.G., 2018).

El desecho de neumáticos produce contaminación ambiental en varias modalidades como residuos sólidos como potencial albergue de roedores e insectos, focos de incendios que genere polución ambiental del aire o contaminación del suelo y capas subterráneas de agua.

Esta investigación presenta el problema del aumento de costo en los proyectos de reciclaje, producto de la creación de un mercado en el contexto de la implementación de la Ley de responsabilidad extendida del productor y fomento al reciclaje. Este tipo de proyectos aportan a la descontaminación a través de un sistema industrial de reciclaje, amigable con el medio, para transformarlo en producto terminado a base de caucho, de acuerdo a las normas de reciclaje de clase mundial, con calidad, innovación y resultados satisfactorios y con los estándares ambientales para hacerlo sostenible en el tiempo, así mismo mitigando el impacto ambiental y las consecuencias sobre la salud de la población provocadas por la incineración o almacenamiento inapropiado de neumáticos fuera de uso, lo que requiere cuantificar la materia prima disponible que permitirá determinar el tamaño de planta requerido, para un proyecto de inversión en una planta de reciclaje de este material.

Los neumáticos fuera de uso constituyen un producto de gran potencial para su aprovechamiento por estar compuestos por caucho, metal y fibra textil, susceptibles de ser separados, transformados y reincorporados a nuevos procesos productivos por medio de operaciones de reciclaje (Zarini, 2011). Es relevante aumentar el interés en la reducción del impacto ambiental producido por los neumáticos fuera de uso, por su reutilización mediante métodos sustentables, que al mismo tiempo generen rentabilidad, en el marco de la Ley de responsabilidad extendida del productor y fomento al reciclaje, que obliga a los productores, que sean fabricantes o importadores de neumáticos, hacerse cargo de los residuos derivados de estos productos al término de su vida útil.

El estudio contribuye a resolver un problema ambiental alarmante que preocupa a la comunidad científica, al incentivar el control de la eliminación de neumáticos en desuso, evitando que se acumulen en rellenos sanitarios, mares, ríos, lagos, terrenos baldíos, desiertos o que se quemen inapropiadamente presentando riesgos para la sociedad, como incendios, focos infecciosos y transmisión de enfermedades.

La acumulación de neumáticos se debe gestionar mediante un proceso productivo, desde un residuo contaminante que no es biodegradable a un bien útil, aprovechando la capacidad tecnológica existente, con el objetivo de implementar una planta de reciclaje que sea adecuada, sustentable y que genere rentabilidad desde el punto de vista financiero, agregando productos con valor a la sociedad (Olivares, 2016). El problema se agrava con la incineración de las acumulaciones, dado que ese hecho produce contaminación atmosférica peligrosa por combustión de componentes tóxicos.

El reciclaje de neumáticos en Chile, constituye un tema reciente que se ha tornado importante, fundamentalmente porque en la última década el ecosistema en varias regiones del país ha sido afectado por esta causa, debido a que no ha sido suficiente la autorregulación privada para que exista una solución adecuada al agudizado problema de la contaminación por acopio de neumáticos fuera de uso, lo que ha llevado a actores como el estado de la república y la industria del transporte terrestre, a buscar soluciones a la acelerada generación

de esta externalidad negativa, en un marco de cambio cultural que en cada nueva generación despierta cada vez mayor sensibilidad ecológica y sociedades que presionan para que el cambio se instrumentalice.

La mayor conciencia ecológica de las nuevas generaciones (Pavez, Leon & Triadú, 2016), responde a un fenómeno global, que ha producido efectos en la legislación en varios países incluido Chile. Desde hace pocos años, el estado chileno ha demostrado la voluntad de implementar una Ley que extienda la responsabilidad al productor que genera residuos, de manera que incentive su reciclaje mediante una asociación con un tercero, con implementación gradual.

El 01 de julio de 2016 se promulga la Ley de la república de Chile número 20.920 de responsabilidad extendida al productor y fomento al reciclaje y sus reglamentos que se establecen mediante dos Decretos, el Decreto 7 asociado al artículo 31 de la Ley y el Decreto 8, asociado al artículo 4 de la Ley. Dentro de los residuos considerados en esta Ley de la República, se encuentran los neumáticos fuera de uso. Esta ley obliga a los productores, que sean fabricantes o importadores de productos prioritarios, hacerse cargo de los residuos derivados de sus productos al término de su vida útil.

De acuerdo a la Ley 20.920, los productos prioritarios corresponden a aceites lubricantes, aparatos eléctricos y electrónicos, baterías, envases y embalajes, neumáticos y pilas.

Los criterios para elegir estos productos son su consumo masivo, su volumen significativo, la generación de residuo peligroso, la factibilidad de valorización y la posibilidad de hacer una regulación comparada entre ellos. El neumático fuera de uso en particular cumple con todos los criterios a excepción del criterio de residuo peligroso.

La propia Ley, define su objetivo de reducir la proliferación de estos residuos y fomentar su reutilización, reciclaje y valorización, a través de la determinación de la cuota de responsabilidad extendida que le corresponde al productor y además determina instrumentos de gestión de esos residuos, con el fin de proteger la salud de las personas y el medio ambiente.

Es obligación de las entidades que generen residuos, utilizar un gestor autorizado para su tratamiento adecuado, salvo que decida manejarlos por sí mismo, considerando que su almacenamiento y gestión deberá cumplir con la normativa legal vigente en su oportunidad (Congreso Nacional, 2016).

Se pretende incentivar la gestión de reciclaje al final del ciclo de vida de los productos, tendiendo a que el sistema de recolección, almacenamiento y valorización de los materiales, mejore significativamente. En lugar de abastecer los basureros con desechos o exportarlos para que otros países los reciclen, se propone radicar la responsabilidad con los desechos generados en Chile y aprovechar con esto al máximo, los materiales de desecho que se produzcan. De forma concreta, esta Ley se constituye en un instrumento económico de gestión de residuos que define a los actores que tienen roles y obligaciones complementarias para lograr dicha gestión (Raglianti, 2018).

El generador del producto prioritario debe registrarse en un catastro público, organizar y financiar la recolección y el tratamiento de los productos prioritarios, asegurándose que el tratamiento se realice por gestores autorizados, también, tiene que cumplir con algunas metas y obligaciones definidas por el Ministerio del Medio Ambiente.

El consumidor del producto prioritario debe entregar el producto que ya terminó su vida útil, a un gestor oficial. Si se trata de un consumidor industrial, él podría valorizar por sí mismo sus residuos.

Los gestores de residuos, por su parte, son entidades registradas en el Ministerio del Medio Ambiente, cuya misión es de declarar el tipo, la cantidad, los costos, el origen, el tratamiento y el destino de los residuos, para asegurar la trazabilidad de los residuos a largo plazo. Dentro de los gestores se encuentran los recolectores y los valorizadores.

El Ministerio del Medio Ambiente tiene como obligación establecer metas a seguir para los productos prioritarios, implementar y administrar el sistema de registro para la trazabilidad de los productos, elaborar un reglamento para regular todo el proceso que implica la Ley y proponer programas de educación ambiental, con el fin de que el reciclaje sea algo intrínseco en los consumidores.

Otros actores son los importadores y exportadores. La responsabilidad extendida del productor corresponde a un régimen especial de gestión de residuos, conforme al cual los productores de productos prioritarios, como los neumáticos, son responsables de la organización y financiamiento de la gestión de los residuos de los productos prioritarios que comercialicen en el país (Congreso Nacional, 2016).

El Decreto 7 fechado el 17 de marzo de 2017, asociado al artículo 31 de la Ley 20.920, regula el fondo para reciclaje y señala su objeto que el Ministerio del Medio Ambiente contará con un fondo para la prevención de la generación, el fomento de la reutilización y la valorización de residuos, cuyo objeto es el financiamiento total o parcial de proyectos, programas y acciones que prevengan la generación de residuos, fomenten su separación en el origen, la recolección selectiva, su reutilización, reciclaje u otro tipo de valorización, ejecutados por municipalidades o asociaciones de éstas (Congreso Nacional, 2017).

El Decreto 8 fechado el 17 de marzo de 2017 asociado al artículo 31 de la Ley 20.920, regula el procedimiento de elaboración de los Decretos Supremos establecidos en la dicha Ley (Congreso Nacional, 2017).

La Ley de responsabilidad extendida del productor está basada, al menos en los siguientes principios: libre competencia, transparencia y responsabilidad del que contamina, de manera que “el que contamina, paga”.

Se aplican a los productores, que la propia Ley define como toda persona que, independientemente de la técnica comercial utilizada, enajena neumáticos como producto prioritario, por primera vez en el mercado nacional, o lo importa para su propio uso profesional.

En el caso de los neumáticos nuevos existen dos tipos de mercados a nivel global, el mercado de neumáticos nuevos, que provee los neumáticos para la industria de vehículos y por los fabricantes de máquinas rodante y el mercado dedicado al reemplazo, que permite a los consumidores, transportistas y otras empresas, tener una oferta de neumáticos necesarios para sustituir a aquellos que por desgaste o por deterioro, ya no pueden seguir operando.

Aquellos neumáticos fabricados para equipo original, técnicamente no presentan diferencias significativas con aquellos fabricados para su reemplazo, ya que ambos otorgan las mismas prestaciones a los vehículos en los cuales se instalan y, por lo tanto, el impacto ambiental que cualquiera de ellos tendrá al final de su vida útil será exactamente el mismo (Cámara de la Industria del Neumático de Chile A.G., 2018).

De acuerdo con la Cámara de la Industria del Neumático de Chile A.G. (2018), en Chile prácticamente no existen plantas ensambladoras de vehículos, por lo que todos los neumáticos de equipo original ingresan al mercado como componentes reemplazables en los vehículos importados. Para el mercado de reemplazo, existe una sola fábrica de neumáticos en Chile, ubicada en Maipú y propiedad de “The Goodyear Tire & Rubber Company”,

empresa norteamericana con matriz en la ciudad de Akron en Ohio, Estados Unidos. Se trata de una fábrica tecnológicamente compleja, que produce neumáticos de alto desempeño para automóviles de pasajero y camionetas, destinados a los mercados de exportación y de los cuales sólo una mínima cantidad se vende en el mercado local. Por esta razón, igual que para el mercado de los neumáticos de equipo original, puede considerarse que el mercado de los neumáticos de reemplazo también está compuesto, casi en su totalidad, por neumáticos importados (Cámara de la Industria del Neumático de Chile A.G., 2018).

De conformidad a lo establecido en el estudio de antecedentes técnicos, económicos y sociales para la elaboración de los Decretos Supremos que establecen las metas de recolección y valorización de neumáticos fuera de uso (Cámara de la Industria del Neumático de Chile A.G., 2018), el mercado de reemplazo de neumáticos en Chile, representa aproximadamente un 65% del total y el 35% restante corresponde a los neumáticos ingresados como equipo original de vehículos y maquinaria rodante.

A pesar que la propia Ley 20.920 no considera que los neumáticos fuera de uso sean residuos peligrosos, generan relevantes problemas ambientales. En general, son difíciles de controlar los incendios en lugares donde se acopien neumáticos, además, los neumáticos desechados a la intemperie, acumulan humedad en su interior, formándose un ambiente ideal para la reproducción de vectores de transmisión de enfermedades. Para minimizar estos efectos, los generadores deben cumplir con sus metas de reciclaje determinadas por la autoridad, ya sea en forma directa o a través de gestores que recolecten en centros de acopio.

El costo de manejo del neumático de desecho, debe estar incluido en el precio de los neumáticos de reemplazo que compra un pequeño empresario para seguir operando su negocio, sin embargo, no debería estar incluido en el precio de un nuevo vehículo que desembolse un particular o una gran empresa. Excluir de la responsabilidad extendida del productor a los neumáticos de equipo original, constituiría una práctica discriminatoria en el comercio internacional, al subsidiar sólo a los fabricantes de vehículos y maquinaria.

Es necesario considerar que los neumáticos se fabrican con el único propósito de ser instalados en los vehículos o equipo rodante que los necesitan para desplazarse, por lo que se genera un neumático fuera de uso cada vez que un neumático se retira de un vehículo y es reemplazado por un neumático nuevo o recauchado, siempre y cuando el neumático usado que se desecha no sea instalado nuevamente en el mismo u otro vehículo luego de ser sometido a un proceso de reparación, redibujado o recauchado.

En el estudio mencionado de la Cámara de la Industria del Neumático de Chile A.G. (2018) se concluye que la generación de neumáticos fuera de uso, corresponderá a las unidades de neumáticos nuevos que ingresan al mercado para reemplazarlos. Los neumáticos son reemplazados porque al rodar se les desgasta la goma de su banda superior, elemento del neumático que está en directo contacto con la superficie sobre la que rueda, o porque sufre impactos o daños en su estructura que lo inutilizan para seguir operando con seguridad. En ambos casos, el neumático llega al final de su vida o neumático fuera de uso, pesará menos que el neumático nuevo original, debido a la pérdida de masa por desgaste.

Se presenta la clasificación de la Cámara de la Industria del Neumático de Chile A.G. (2018), que generalmente se simplifica tipificando a los neumáticos en dos tipos, para vehículos livianos y para vehículos pesados: a

- Auto y camioneta: Los utilizados en vehículos para el transporte de pasajeros o mercaderías.

- Camión y bus: Todos aquellos utilizados para el transporte colectivo de pasajeros o para el transporte de carga.
- Minería y construcción, pequeños y medianos: Utilizados en vehículos que operan fuera de carretera, en faenas mineras o de construcción.
- Minería, gran diámetro: Utilizados en camiones de extracción y palas de carguío en faenas mineras.
- Agrícola, forestal en industrial: Usados en la industria, puertos, faenas agrícolas o forestales.
- Otros: Neumáticos para motocicletas, bicicletas, sillas de ruedas, carros manuales y múltiples otras aplicaciones.

Existe un mercado internacional denominado “Tire Derivated Fuel” en inglés, de tamaño suficiente para exportar todos los neumáticos fuera de uso, generados en el país, que no se puedan valorizar localmente, lo que limita el costo del acopio de neumáticos fuera de uso, pero aunque parezca ser más sencillo la exportación de los neumáticos fuera de uso para que los reciclen en países que tengan mejores infraestructuras para el reciclaje, es conveniente que Chile sea independiente en cuanto a sus desechos, sobre todo si se quiere hacer responsable del tratamiento de sus desechos a los generadores de neumáticos.

En general, en Chile se reciclan normalmente los neumáticos fuera de uso para autos y camionetas y para camiones y buses, pero dependiendo de la región, se requiere incorporar al reciclaje aquellos neumáticos que han sido usados en actividades mineras y en actividades agrícolas. Aunque los costos incurridos en el tratamiento de los desechos pueden ser algo mayores para los neumáticos usados en actividades mineras, los costos de traslado pueden ser menores cuando las instalaciones de valorización se ubican cerca de los centros de explotación minera, donde se concentra el acopio de este tipo de neumático fuera de uso.

Después de un proceso de corte para reducir su tamaño, las tecnologías para el tratamiento de estos neumáticos derivados de la minería o la agricultura, no tiene por qué ser significativamente diferente en comparación con las tecnologías utilizadas en el tratamiento de neumáticos de las otras categorías. Considerando que en las faenas de la minería existen requerimientos altos de energía, la valorización energética y la generación de combustibles a partir de neumáticos en desuso, presenta oportunidades para el desarrollo de la minería más sustentable.

El acopio de grandes cantidades de neumáticos fuera de uso en las instalaciones mineras, o su transporte a sitios de acopio del generador, presenta actualmente un complejo reto para las empresas mineras, las generadoras y las gestoras, además de los costos que representan para las empresas mineras los cierres de sus faenas.

Es conveniente ampliar la capacidad instalada en centros de acopio regionales, la que requiere de plazos, inversiones y niveles tecnológicos de mayor envergadura. De este modo se podrá conocer el destino de los neumáticos fuera de uso, en centros de acopio de gestores debidamente autorizados, en lugares protegidos contra incendios del material acumulado y que eviten la humedad para disminuir el riesgo de proliferación de vectores peligrosos para la salud humana señalado en el estudio mencionado de la Cámara de la Industria del Neumático de Chile A.G. (2018).

La Ley de responsabilidad extendida del productor y fomento al reciclaje (Congreso Nacional, 2016), establece que el generador de neumáticos fuera de uso tiene la obligación de entregar el residuo respectivo al sistema de gestión, pero el sistema de gestión no tendrá la capacidad ni la obligación legal de retirar volúmenes por sobre su meta de recolección. Si

las metas de recolección son limitadas, podrán aparecer graves conflictos de interés y distorsiones a la libre competencia al momento de decidir cuáles serán los generadores favorecidos con el retiro de sus neumáticos fuera de uso y cuales deberán acopiarlos indefinidamente en sus propias instalaciones.

El caso de los neumáticos fuera de uso de gran diámetro utilizados en la minería constituye una excepción ya que por su gran volumen no sería eficiente, desde el punto de vista económico, trasladarlos a centros de acopio para su posterior reciclaje. Para esta categoría las metas de recolección deberán ser iguales a las metas de valorización (Cámara de la Industria del Neumático de Chile A.G., 2018).

El acopio de neumáticos fuera de uso ya tratados en lugares conocidos, es una información importante para las decisiones de inversión de plantas de reciclaje de neumáticos fuera de uso, para planificar su mejor localización, para estimular y facilitar el desarrollo de la industria de reciclaje de neumáticos y además para reducir el costo por tonelada transportada hacia las plantas de reciclaje, ya enteros ocupan gran parte de su volumen conteniendo aire (Tirel, 2017).

Retirar un porcentaje equivalente a la capacidad de planta en forma equitativa para todos los generadores de neumáticos fuera de uso, impondría costos de recolección extremadamente altos al sistema de gestión, a los consumidores y a la industria del transporte, sin solucionar tampoco al generador el problema de disposición para los neumáticos fuera de uso no retirados (Cámara de la Industria del Neumático de Chile A.G., 2018).

Por otra parte, retirar sólo desde los generadores mayores y más cercanos a las plantas de reciclaje, optimizaría los costos de recolección durante los primeros años, pero sería altamente injusto para los generadores menores, las pequeñas y medianas empresas y los establecimientos de las regiones, acentuando la excesiva centralización de la economía nacional chilena.

Se vislumbra una oportunidad de negocios al concebir un proyecto de instalación de una planta de reciclaje de neumáticos en la región del Maule, que permita procesar los neumáticos que hayan cumplido con su vida útil, para generar como producto principal las migas o polvo de caucho, utilizables en distintas líneas de productos que se detallan en el estudio.

Un proyecto de reciclaje de neumáticos fuera de uso constituye una fuente de desarrollo económico sustentable y genera empleo, permite sustituir importaciones, liberar suelo productivo, generar conciencia ambiental, determinar el grado de conocimiento y aplicación de la Ley de responsabilidad extendida del productor y fomento al reciclaje, de la República de Chile y sus reglamentos (Congreso Nacional, 2016 y 2017), provocar inquietud por generar nuevas leyes respecto del tema e incentiva la realización de trabajos de investigación respecto de las propiedades y usos del material reciclado.

Se espera que el estudio aporte con una metodología de análisis que permita su transferencia al medio, para evaluar la rentabilidad para inversionistas que tengan como alternativa proyectos con el mismo nivel de riesgo y que puedan implementarse mediante aplicaciones innovadoras que sean atractivas y útiles para el mercado.

Metodología

Se efectuó un estudio de tipo descriptivo transversal en empresas con giro relacionado al “Mantenimiento y Reparación de Vehículos Automotores” de la región del Maule (Chile).

La región del Maule está localizada aproximadamente a poco más de 250 km. al sur de Santiago la capital de Chile. Esta región tiene cuatro provincias con capitales denominadas Talca que es a su vez la capital regional, Curicó, Linares y Cauquenes.

De acuerdo al Servicio de Impuestos Internos de Chile, el universo de empresas de la región del Maule es de 273 empresas. Para seleccionar el tamaño de la muestra se optó por el tipo probabilístico (sistemático). Se utilizó la siguiente formula:

$$n = \frac{Z^2 \cdot N \cdot p \cdot q}{e^2 \cdot (N - 1) + Z^2 \cdot p \cdot q} \quad (1)$$

En donde: $N = 273$, tamaño del universo, corresponde a las empresas en la región del Maule, $Z = 1,96$, nivel de confianza que corresponde al 95% de seguridad, $p = 0,5$, correspondiente a la probabilidad de éxito o proporción esperada de empresas que generan neumáticos fuera de uso, $q = 0,5$, correspondiente a la probabilidad de fracaso o proporción esperada de empresas que no generan neumáticos fuera de uso, $e = 0,1$, precisión o error máximo admisible que se considera de un 10%, utilizando la ecuación (1), $n = 71$, es decir, el tamaño de la muestra corresponde a 71 empresas. Para identificar a las empresas se utilizó la plataforma del Servicio de Impuestos Internos de Chile, para aquellas empresas que tengan el giro de “Mantenimiento y Reparación de Vehículos Automotores” que corresponde al código de actividad económica “502080”.

Se incluyeron a todas las empresas que se encontraban dentro del rubro y las que mediante un representante accedieran a la aplicación de la encuesta. Este procedimiento se efectuó de acuerdo al comité de ética local.

Para evaluar la variable reciclaje de neumáticos se utilizó un cuestionario de ocho preguntas validadas por un panel de expertos. La variable reciclaje de neumáticos corresponde a la cantidad valorizada de neumáticos disponibles para reciclaje, la que se compone de los indicadores cantidad, precio y riesgo operacionalizada en la tabla 1 que se presenta a continuación.

Tabla 1
Operacionalización de la variable reciclaje de neumáticos

Variable	Indicador	Sub-indicador	N° pregunta
Reciclaje de neumáticos	Cantidad	Generación	P1
		Cuantificación	P2
		Tipo	P3
		Acción	P4
	Precio	Convenio	P5
		Valorización	P6
	Riesgo	Tipo	P7
		Reglamentación	P8

Nota: Fuente: Panel de expertos. Leyenda: P1: Generación de neumáticos, P2: Cantidad de neumáticos mensual, P3: Tipo de neumático, P4: Uso de los neumáticos, P5: Convenios, P6: Precio, P7: Riesgo por acumulación, P8: Conocimiento de la Ley de responsabilidad del productor

Cabe hacer notar que antes de la promulgación de la Ley 20.920 de Responsabilidad Extendida del Productor y Fomento al Reciclaje (Congreso Nacional, 2016), los neumáticos estaban disponibles gratuitamente y si eran retirados terminaban en basurales.

El instrumento se aplicó por teléfono y presencialmente, para lo que se contactó previamente describiendo el objetivo de la encuesta y una segunda vez para efectuar la encuesta. Este procedimiento estuvo a cargo de un investigador con amplia experiencia.

La confiabilidad del instrumento se verificó por medio de alpha de Cronbach, en el que se obtuvo una consistencia de $r=0.89$, lo que indica una alta capacidad de reproductibilidad del instrumento.

Los datos fueron analizados por medio de estadística descriptiva (promedio, media aritmética, desviación estándar y porcentaje). Para comparar entre provincias se utilizó Anova de una vía. En todos los casos la probabilidad fue de $p<0.05$. Los cálculos se efectuaron en planillas de Excel, y SPSS.

Resultados

La tabla 2 muestra la cantidad de empresas de neumáticos de la región del Maule según provincias. En la tabla 2 se observa que la ciudad de Talca presenta la mayor cantidad de empresa que reciclan neumáticos, seguido de Linares, Curicó y Cauquenes.

Tabla 2
Número de empresas de la región del Maule que reciclan neumáticos

Numero	n	%
Talca	32	45%
Curicó	11	16%
Linares	15	21%
Cauquenes	5	7%
Otros	8	11%
Total	71	100%

Nota: Fuente: Elaboración propia. Leyenda: Otros: Hualañé, Maule, Rio Claro, Romeral, Sagrada Familia, San Clemente y San Rafael

Las comparaciones del proceso de reciclaje de neumáticos por provincia se observan en la tabla 3. Se puede apreciar que la provincia de Talca, Curicó y Cauquenes reflejan valores promedios significativamente superiores en relación a Linares y otras ciudades de la región del Maule. Las ciudades de Linares y otros han mostrado valores promedios más bajos que las demás ciudades en los tres indicadores (cantidad, precio y riesgo).

Tabla 3
 Comparación del proceso de reciclaje de neumáticos según cantidad, precio y riesgo entre provincias de la región del Maule

Indicadores cuestionario	Ciudad									
	Talca		Curicó		Linares		Cauquenes		Otros	
	X	DE	X	DE	X	DE	X	DE	X	DE
Cantidad	9,66	3,62	9,55	3,72	6,33	3,64	8,40	4,04	7,88	3,76
Precio	6,41	2,66	6,45	3,11	3,73	2,99	5,20	3,35	4,50	3,07
Riesgo	4,63	1,58	4,27	1,49	3,53	,99	4,20	1,10	3,75	,89
Total	20,69	7,01	20,27	7,81	13,60	7,43	17,80	8,17	16,13	7,20

Nota: Fuente: Elaboración propia. Leyenda: X: Promedio, DE: desviación estándar Otros: Hualañé, Maule, Rio Claro, Romeral, Sagrada Familia, San Clemente y San Rafael

Las comparaciones entre provincias se observan en la figura 1. No hubo diferencias entre Talca y Curicó ($p > 0,05$), sin embargo, entre estas dos ciudades (Talca y Curicó) si hubo diferencias significativas cuando se comparó con las demás ciudades (Linares, Cauquenes y otros). Además, no se encontró diferencias entre las ciudades de Linares, Cauquenes y otros ($p > 0,05$). Estos resultados graficados en la figura 1, indican que las ciudades de Talca y Curicó son las que reciclan más neumáticos en relación a las demás ciudades.

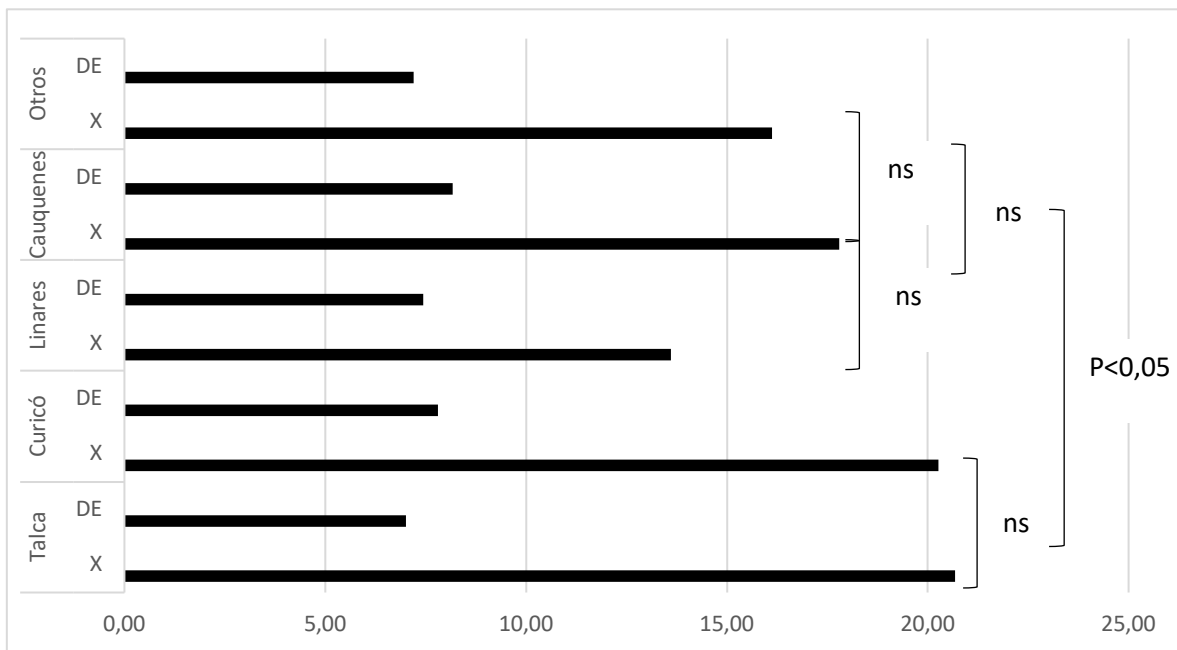


Figura 1. Valores descriptivos del proceso de reciclaje de neumáticos obtenidos por medio del cuestionario de reciclaje de neumáticos en la región del Maule

Nota: Fuente: Elaboración propia. Leyenda: P: puntaje total del cuestionario, ns: Puntaje medios, X: Promedio, DE: desviación estándar, Otros: Hualañé, Maule, Rio Claro, Romeral, Sagrada Familia, San Clemente y San Rafael.

Discusión

Los resultados han demostrado que de las cuatro ciudades, Talca, Linares y Curicó presentan mayor cantidad de empresas que reciclan neumáticos, seguidas de Cauquenes y otras.

Cuando se comparó por cantidad, precio y riesgo, las ciudades de Talca y Curicó, presentaron valores más elevados en relación a las demás ciudades. Esto se debe a que estas ciudades presentaron 32 y 11 empresas, presenten consecuentemente mayor cantidad, precio y riesgo respectivamente. Además, estas ciudades presentan mayor flujo vehicular, densidad poblacional y desarrollo de servicios.

La ciudad de Linares, pese a tener 15 empresas, ha mostrado bajos valores promedios en relación a las demás ciudades, lo que se podría deber a que estas empresas son redistribuidoras de empresas de Talca, la capital de la región, pero no cuentan con un desarrollo de la agroindustrial comparable a Curicó que se encuentra hacia el norte de la región y más cerca de la capital del país.

Las estadísticas regionales revelan que la región del Maule aporta el 7,9% de neumáticos fuera de uso del total del país (Cámara de la Industria del Neumático de Chile A.G., 2018).

Peláez, Velásquez y Giraldo (2017), sostienen que los restos de caucho en desuso se han convertido en un problema medioambiental y de salud pública. Los gobiernos han promulgado legislación con el objetivo de mitigar el impacto negativo que provocan los neumáticos fuera de uso, que, en el caso de Chile, considera a los generadores de neumáticos, responsables de ejercer una cuota de reciclaje, acelerando de esta forma, la búsqueda de alternativas para el aprovechamiento del neumático en desuso y modificando la rentabilidad de las plantas recicladoras de esta materia prima que adquiere mayor valor económico para este mercado.

Esta investigación pretende contribuir en el estudio de costos conducente a la solución de un problema ambiental grave, que preocupa a la comunidad científica, que incentivar el control y la eliminación de neumáticos en desuso, evitando que se acumulen en rellenos sanitarios, mares, ríos, lagos, terrenos baldíos, desiertos o que se quemem inapropiadamente, presentando riesgos para la sociedad de incendios, focos infecciosos y transmisión de enfermedades.

Bajo las condiciones adecuadas, la reutilización de caucho que se obtiene a partir de neumáticos fuera de uso reciclados, no es perjudicial ni para la salud humana, ni para el medio ambiente, características funcionales que son deseables para fomentar su empleo (Peláez et al., 2017).

El aumento del costo por materia prima se hace relevante con la aplicación de la Ley 20.920 de Responsabilidad Extendida del Productor y Fomento al Reciclaje (Congreso Nacional, 2016), puesto que antes de su promulgación los neumáticos estaban disponibles gratuitamente, ya que los generadores tenían las opciones de mantener los residuos almacenados o pagar por su retiro hacia basureros municipales.

Es obligación de las entidades que generen residuos, utilizar un gestor autorizado para su tratamiento adecuado, salvo que decida manejarlos por sí mismo, considerando que su almacenamiento y gestión deberá cumplir con la normativa legal vigente en su oportunidad (Congreso Nacional, 2016).

El reglamento de la Ley 20.920 establece cuotas obligatorias de reciclaje correspondiente al 30%, el 2021 alcanzará el 50% y el 2028 deberá llegar al 90%, lo que conforma un marco regulatorio para un mercado que abre oportunidades de negocios,

variando los precios y las cantidades disponibles de su materia prima reciclaje (Congreso Nacional, 2017).

El costo variable medio identificado por Sapag et al. (2014), representa el costo marginal de producir una unidad más, que, en términos de materia prima, corresponde al precio de adquisición de cada unidad que en nuestra muestra es de US\$1,7, la cantidad de la población corresponde a 7.402 unidades por lo que el costo variable total es de US\$12.853.

Conclusiones

Este estudio demuestra que el proceso de reciclaje en la región del Maule (Chile) es en función del número de empresas de la ciudad, por lo que las ciudades de Talca y Curicó que presentan mayor cantidad de empresas, consecuentemente presentan valores elevados de reciclaje en relación a las demás ciudades. Sin embargo, la ciudad de Linares que tiene un elevado número de empresas, presentó bajos valores de reciclaje, lo que al parecer puede presentar bajos niveles de reciclaje y podría presentar mayor riesgo de contaminación en la región, sin embargo, se comprobó por medio de corroboración telefónica, que son distribuidoras de empresas de la ciudad de Talca o de Santiago, la capital del país.

El aumento del costo de la materia prima, afecta los costos del reciclaje y por tanto es un factor relevante a considerar en el cálculo de la rentabilidad de los recicladores respecto a la situación anterior de gratuidad eventual (Pérez y Pérez, 2006).

El precio de venta en un proyecto de reciclaje de neumáticos fuera de uso, debe absorber el costo de la materia prima, que constituye parte fundamental del flujo de caja que debe ser proyectado para determinar la rentabilidad de la inversión (Tirel, 2007), de instalar una planta de reciclaje de neumáticos fuera de uso en la región del Maule en Chile.

Referencias bibliográficas

- Banco Central de Chile (2018). *Base de datos estadísticos*.
https://si3.bcentral.cl/Siete/ES/Siete/Cuadro/CAP_CCNN/MN_EST_MACRO_IV/PEM_ACTyDDA_IndMacA_2/PEM_ACTyDDA_IndMacA_2?cbFechaInicio=2018&cbFechaTermino=2018&cbFrecuencia=ANNUAL&cbCalculo=NONE&cbFechaBase=
- Cámara de la Industria del Neumático de Chile A.G. (2018). *Antecedentes técnicos, económicos y sociales para la elaboración de los Decretos Supremos que establecerán las metas de recolección y valorización de Neumáticos Fuera de Uso*.
<https://rechile.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2019/06/16.-CINC-Camara-de-la-Industria-del-Neumatico-de-Chile.pdf>
- Biblioteca del Congreso Nacional (2016). *Ley de la república de Chile 20.920 del 01 de julio de 2016 para la responsabilidad extendida al productor y fomento al reciclaje*.
<https://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=1090894>
- Congreso Nacional (2017). *Decreto 7. Reglamento para el fondo de reciclaje*.
<https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1109335>
- Olivares, D. (2016). *Planta de reciclaje de neumáticos de caucho, comercialización de miga de caucho* [Tesis de Magíster, Universidad de Chile].
<https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/140906/Olivares%20Carmona%20>

- [20Daniel.pdf?sequence=1&isAllowed=y](#)
- Pavez, I., León, C. & Triadú, V. (2016). Jóvenes universitarios y medio ambiente en Chile: Percepciones y comportamientos. *Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales, Niñez y Juventud*, 14 (2), 1438-1446.
<https://doi.org/10.11600/1692715x.14237041215>
- Peláez, G., Velásquez S. y Giraldo D. Aplicaciones de caucho reciclado: una revisión de la literatura. *Ciencia e ingeniería Neogranadina*, 27 (2), 27-50.
<http://dx.doi.org/10.18359/rcin.2143>
- Pérez, D. y Pérez, I. (1 de enero de 2006). *El Conocimiento del Mercado: análisis de Clientes, Intermediarios y Competidores*.
<https://www.eoi.es/es/savia/publicaciones/20265/el-conocimiento-del-mercado-analisis-de-clientes-intermediarios-y-competidores>
- Raglianti, G. (2018). Aplicación de principios de democracia ambiental en la Ley N° 20.920, marco para la gestión de residuos, la Responsabilidad Extendida del Productor y fomento al reciclaje. *Revista de Derecho Ambiental*, 10, 69-98.
<https://doi.org/10.5354/0719-4633.2018.51983>
- Sapag, N., Sapag, R. & Sapag, J. (2014) Preparación y Evaluación de Proyectos (pp. 89-101). McGraw-Hill. Mexico D.F.
- Stanton, W. (2007). Fundamentos Del Marketing (pp. 338-363). McGraw-Hill/Interamericana.
- Tirel, K. (2017). *Ingeniería de perfil de modernas plantas para reciclaje de neumáticos fuera de uso* [Tesis de Pre-grado, Universidad de Chile].
<https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/144472/Ingenier%C3%ADa-de-perfil-de-modernas-plantas-para-reciclaje-de-neum%C3%A1ticos-fuera-de-uso-%28NFU%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Zarini, A. (2011). *Alternativas de reutilización y reciclaje de neumáticos en desuso* [Tesis de Pre-grado, Tecnológico de Buenos Aires].
<https://ri.itba.edu.ar/bitstream/handle/123456789/507/Z37%20-%20Alternativas%20de%20reutilizaci%C3%B3n%20y%20reciclaje%20de%20neum%C3%A1ticos%20en%20desuso.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Fecha de recepción: 19/12/2021

Fecha de revisión: 07/01/2022

Fecha de aceptación: 21/04/2022