

Movilización vehicular y medio ambiente, ¿son los autos eléctricos la ruta hacia una solución definitiva?: el caso costarricense.

Vehicle mobility and the environment: Are electric cars the route to a definitive solution? The Costa Rican case.

Mobilidade automóvel e ambiente: serão os automóveis eléctricos a via para uma solução definitiva? O caso da Costa Rica.

Msc. Elmer Ramírez Chaves
Universidad Fundepos, Costa Rica
elmerramirezch@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0008-1634-1068>

Resumen

Costa Rica es considerado un país abierto hacia la movilización eléctrica vehicular privada. Gracias a la promulgación de incentivos políticos, se ha producido un importante incremento de automóviles eléctricos para uso diario, calculándose poco más de 14.000 automóviles a julio de 2024 (según MINAE, sin contar motos, vehículos especiales o de trabajo). Este crecimiento está impulsado en parte por la conexión al concepto de cero emisiones de CO₂ y, quizá más aún, por el marketing que destaca la percepción de ahorro en combustibles y menores costos en lubricantes derivados. El objetivo consiste en responder: ¿Qué se ha previsto en esta nación respecto a los futuros impactos ambientales, por una eventual masividad de autos usados o retirados cuando se generen desechos químicos como el cobalto, níquel o litio? Esto motivó a una investigación de tipo descriptivo, sustentada en amplio material bibliográfico y datos oficiales publicados por agencias de energía, así como en aportes de sectores de interés tanto nacionales como internacionales, lo cual llevó a la construcción de resultados basados en datos estadísticos oficiales y experiencias en países como Alemania, especialmente, en el manejo de desechos de baterías de iones de litio. En este artículo plantea una cuestión crucial para un país que se ufana de ser amigable con el ambiente, dentro de un marco de políticas que aún no se han desarrollado para valorar todo el ciclo de vida de estos materiales que, si no se tratan, son potencialmente dañinos para el medio ambiente.

Palabras clave:

Vehículos eléctricos, impacto ambiental, energías limpias, baterías de iones de litio, autos ecológicos.

Abstract

Costa Rica is considered a country open to private electric vehicle mobility. Thanks to the enactment of policy incentives, there has been a significant increase in electric cars for daily use, with just over 14,000 cars estimated by July 2024 (according to MINAE, not counting motorcycles, special or work vehicles). This growth is driven in part by the connection to the zero CO₂ emissions concept and, perhaps even more so, by marketing that highlights the perception of fuel savings and lower costs in derived lubricants. The objective is to answer: what has been foreseen in this nation regarding future environmental impacts from an eventual massivity of used or retired cars when chemical wastes such as cobalt, nickel or lithium are generated? This motivated a descriptive type of research, supported by extensive bibliographic material and official data published by energy agencies, as well as contributions from both national and international sectors of interest, which led to the construction of results based on official statistical data and experiences in countries such as Germany, especially in the management of lithium-ion battery waste. What we are about to discover with this article raises a crucial issue for a country that boasts of being environmentally friendly, within a policy framework that has not yet been developed to value the entire life cycle of these materials.

Key words:

Electric vehicles, environmental impact, clean energy, lithium-ion batteries, green cars.

Resumo

A Costa Rica é considerada um país aberto à mobilidade privada de veículos eléctricos. Graças à promulgação de incentivos políticos, houve um aumento significativo de carros eléctricos para uso diário, com pouco mais de 14.000 carros estimados até julho de 2024 (de acordo com o MINAE, sem contar motocicletas, veículos especiais ou de trabalho). Este crescimento é


impulsionado em parte pela ligação ao conceito de emissões zero de CO₂ e, talvez ainda mais, pelo marketing que destaca a percepção de poupança de combustível e custos mais baixos nos lubrificantes derivados. O objetivo é responder: O que foi previsto nesta nação no que diz respeito aos futuros impactos ambientais de uma eventual produção em massa de carros usados ou recuperados quando são gerados resíduos químicos como o cobalto, o níquel ou o lítio? Isto motivou uma investigação de tipo descritivo, apoiada numa extensa literatura e em dados oficiais publicados por agências de energia, bem como em contributos de partes interessadas nacionais e internacionais, que levaram à construção de resultados baseados em dados estatísticos oficiais e em experiências em países como a Alemanha, especialmente na gestão de resíduos de baterias de íões de lítio. O que vamos descobrir com este artigo levanta uma questão crucial para um país que se gaba de ser amigo do ambiente, dentro de um quadro político que ainda não foi desenvolvido para valorizar todo o ciclo de vida destes materiais.

Palavras-chave:

Veículos eléctricos, impacto ambiental, energia limpa, baterias de íões de lítio, automóveis ecológicos.

Introducción

Este trabajo es consecuencia de mi tesis de investigación para Maestría en Negocios Internacionales denominada "*Análisis del impacto en el mercado de vehículos usados que tendría en el corto y mediano plazo una creciente tendencia en la importación de vehículos eléctricos en Costa Rica, según información y tendencias al mes de marzo de 2023*". Entre sus alcances y objetivos se debían encontrar respuestas científicas a la problemática de información sobre las nuevas tendencias para la adopción de estas unidades en el orbe; por lo cual se abordó un capítulo destinado al medio ambiente. Sucediendo al empleo de energías y materiales dentro de la cadena de suministros, así como los procesos de fabricación, venta y traslado, que pudiesen afectar tanto la vida útil, la demanda de estas unidades, así como la generación de desechos que pudiesen acumularse en un mediano a largo plazo y que requieren serias políticas e inversión para su tratamiento antes que impacten el equilibrio ecológico.



Esto se convirtió en una cuestión de importante complejidad, pues tiene que ver con procesos para la manufactura de vehículos eléctricos, las bondades, potencialidades, así como expectativas e incluso los argumentos publicitarios para colocar masivamente estas unidades en el planeta, son contrastadas con detalles que aún deben conocerse en cuanto a los procesos de extracción de insumos, cantidad y materiales para que las baterías de iones de litio jueguen su papel protagónico dentro de las esperanzas de cumplir con un objetivo de eliminar la huella de carbono que generan los combustibles fósiles. Aunque algunos dan por sentado los fundamentos para afrontar los retos climáticos de hoy, se busca explorar el tema dentro de un espectro mucho más integral, necesario para completar la narrativa. Se logró determinar que, en las etapas de la vida útil en la producción de autos eléctricos, persiste la utilización intensiva de energías fósiles y a gran escala. Por lo cual, para generar perspectivas que permitan dilucidar la existencia de otras probabilidades que emergen de forma paralela al frenesí comercial que acompaña los intereses económicos de los grandes productores de vehículos eléctricos a nivel mundial y que quizá, se han postergado para dar la prioridad al auge comercial que produce este sector tan fundamental en la vida económica.

Es propicio comprender a la sazón, que se ha abierto un corredor para la discusión sobre riesgos potenciales que pueden afectar en forma colateral al medio ambiente. Entiéndase por lo tanto, que aquí se trata de esclarecer eventuales esquemas de contaminación que un futuro, quizá no tan lejano, se podría estar desbordando como una nueva problemática sino se toman las medidas correctivas en tiempo o en forma; porque no es lo mismo producir en masa pequeñas baterías para atender una ya anegada industria global de aparatos electrónicos que, adicionar a ésta una de mucho mayor consumo, para cubrir un incremento exponencial en la producción de baterías de iones de litio que necesitan los autos 100% eléctricos, evidentemente de más grandes proporciones. Se debe recordar que éstas son de mucho mayor dimensión y complejidad, al tiempo que su cantidad se desborda ante la rimbombante apetencia por vender esas unidades para el transporte privado de personas bajo un distintivo de "cero emisiones" pero en cuestión, no ha dado campo suficiente para valorar si realmente son totalmente amigables con el ambiente, como usualmente se nos dice políticamente. Aún falta tomar en consideración de si están integradas o no, dentro del complejo argumento de "economía circular", que debería incorporar la formulación de estrategias para el tratamiento de desechos o el reciclaje de componentes químicos cuando llegue a su fin de vida



útil.

Se habla de resultados y hallazgos ampliamente estudiados, desde la vertiente metodológica de investigación para explicar como resultado de la proyección de una creciente demanda y que, de forma natural e ineludible, ha conducido al tema de la huella ambiental, dentro del esquema de retos que debe atender tanto la humanidad como los países. En nuestro caso, Costa Rica ante una progresiva industria cuya vorágine por obtener supremacía en las ventas no se detiene a valorar las implicaciones particulares de cada país en cuanto a su deber de manejar desechos tóxicos futuros. En el mundo, todos los vendedores apuntan a un mercado de por lo menos unos 2 billones de personas usuarias de vehículos. Esto debería llevar a reflexionar sobre un panorama potencialmente delicado al tener que enfrentar el cómo se trataría una enorme cantidad de desechos tóxicos al medio ambiente, sobre todo, sino hay una buena cultura o capacidad de preparación para desechos en países como el nuestro. Es necesario afrontarlo con una visión más amplia de este tema para que, de forma crítica y objetiva, siguiendo con la metodología y resultados con la pretensión de generar reflexión y extraer conclusiones urgentes para una temática que se torna interesante al prospectar un paisaje más allá del simple hecho de inundar el mundo con autos eléctricos. Al parecer, todo se mueve bajo una atmósfera de panacea en torno a temas energéticos y ambientales, pero el abordaje de retos como el ¿Qué hacer con los desechos de baterías? No se tiene aún claro en Costa Rica o se espera que países avanzados como Alemania lo puedan resolver para el resto de nosotros.

Objetivo fundamental al investigar el impacto ambiental.

Analizar el eventual impacto ambiental y comercial que tendría una creciente preferencia por la importación y venta de vehículos eléctricos en Costa Rica sobre el mercado de vehículos usados, a través de las tendencias en la demanda y precios de los vehículos usados, riesgos y oportunidades en el corto y mediano plazo, reconociendo los desafíos que tiene el país para solventar problemas estructurales que tendrían que afrontarse ante una eventual masificación de estas unidades.

Sinopsis del método.

Se trata de un estudio de investigación descriptiva sustentado en material bibliográfico, datos oficiales publicados por agencias de energía y sectores de interés que llevó a la construcción de relaciones a partir de información proveniente de otras investigaciones, de fuentes primarias y secundarias, así como de datos estadísticos oficiales en el mundo con corte al mes de marzo 2023. Se buscó abordar un fenómeno que consiste en las primeras etapas de comercialización de vehículos eléctricos, con la expectativa de un incremento exponencial en el parque vehicular durante los siguientes años y la pregunta ¿Cómo se comportaría más adelante el mercado de vehículos eléctricos usados? y lo más importante, ¿qué hay de las políticas pendientes (al menos en Costa Rica) de cómo tratar los desechos químicos? Estas dos variables están profundamente conectadas, pues a partir de la vida útil de los autos eléctricos, el buen o mal uso, así como su valor de rescate no son iguales a lo que clásicamente estamos acostumbrados con los autos de combustión fósil.

Como tema de interés general se desarrolló pensando en el contexto de un análisis exploratorio, en el cual se determinó que en Costa Rica no se ha valorado el asunto a largo plazo bajo un enfoque que pronostique eventuales impactos ambientales, derivados del uso o tratamiento de desechos tóxicos (economías circulares). Empero, los planes políticos para mostrar a este país como un país altamente receptivo a tecnologías amigables con el ambiente fueron concentrados en el palmario interés de incrementar el parque de autos eléctricos, pero dejó como un problema para heredar a futuro el ¿Qué hacer con los desechos de baterías? Era necesario involucrar en el estudio a otros actores como consumidores, sector mantenimiento e incluso, personas con visión de la problemática ambiental en el mediano y largo plazo.

Como parte de todo este esquema, juega un papel la perspectiva del consumidor costarricense, el cual aflora aportando datos con una visión más participativa siendo tales una fuente de información esencial. Es decir, alejada de aquel esquema clásico de investigación de mercado que se ocupa en conocer los motivos, sensaciones o percepciones que permiten conocer y gestionar por medio de la publicidad los impulsos del sector consumidor en su búsqueda de satisfacer gustos y preferencias. No hay intención de generar estrategias de *marketing* o publicidad encausados al incremento de colocación de vehículos eléctricos sino, más bien, valorar el efecto de ese incremento para un futuro cuando todavía las autoridades no hablan contundentemente de cómo tratar las


potencialmente mayores cantidades de desechos químicos derivados como el cobalto, níquel o litio.

Es sin duda el tema ambiental una de las aristas esenciales para exponer el valor intrínseco que tiene este fenómeno dentro de las metas de colocación y estrategias políticas para gestionar un incremento de las denominadas “energías limpias”, particularmente al tenor del Acuerdo de París del año 2015, cuyos postulados y compromisos se asumieron como políticas para reducir la huella de carbono.

Paralelamente, surgió el planteamiento de cómo prospectar un mundo inundado con vehículos eléctricos (bienes con una vida útil determinada, pues no quedará exento de las tácticas de renovación comercial, siempre a la acechanza por la venta de nuevos modelos), afrontando como hechos subsecuentes la tanto evidente como esperada alta probabilidad de que la demanda de esos minerales esenciales dentro de la cadena productiva; llámense litio, cobalto, níquel e incluso el uso de combustibles fósiles se incrementen desmedidamente. Todo lo anterior, conduce a una relación de análisis consecuentes con las metodologías de extracción, ubicación geográfica para transporte, sin dejar de lado factores geopolíticos o económicos que pueden tener una incidencia en políticas locales, como lo es la relevación de asuntos estratégicos ambientales que, aparentemente, han quedado rezagados como lo es el planteamiento de objetivos para una economía circular o tratamiento de desechos considerados altamente contaminantes.

Resultados más relevantes de esta investigación.

Con tan sólo observar cuidadosamente en las principales vías en el Gran Área Metropolitana costarricense, se logra percibir una mayor presencia de autos eléctricos circulando, siendo cada vez más notoria su cantidad. Una tarea de escrutinio simple, pero aplicada con estándares de conciencia, tiempo y dedicación, permite vislumbrar cómo se han popularizado acá las marcas chinas más que cualquier otra. En ciertas regiones de concentración poblacional con mayores ingresos se elevan rozagantes vallas publicitarias anunciando autos eléctricos de alta gama, esencialmente, modelos europeos tentando a probar “sensaciones de placer” o a ser más osados para ser los primeros en estar “in” con las tecnologías de movilidad con cero emisiones de CO₂ y con mayor lujo



tecnológico. En cualquier caso, pareciera que el principio para posicionarlo es mediante una imagen amigable con el ambiente. En cierto modo de ahí parte un mensaje psicológico orientado hacia una conducta responsable, pero en el fondo, el espectro comercial no pierde su esencia para motivar los hábitos de consumo.

Estadísticamente, en últimos años, los vehículos eléctricos irrumpen silenciosos en las calles de todo el mundo, prometiendo ser una esperanza firme contra el cambio climático y la contaminación ambiental. La EIA (*U.S. Energy Information Administration*) proyectó que, para el 2050, la flota mundial de estas unidades aumentaría en 2,21 mil millones de unidades. En Estados Unidos, los segmentos de marcas de lujo son las que toman mayor auge. La misma entidad señala que, para fines del 2023; se proyecta una participación del 20% de las ventas totales para este segmento (Dwyer, 2023). En Costa Rica, la participación del parque total no alcanza el 1% en todos sus segmentos. Sin embargo, tomando datos del MINAE (Ministerio de Ambiente y Energía, 2023) el número se incrementa en el orden de un 72% cada año desde el 2020; para finales del 2023 se podría cerrar con un crecimiento récord del 150%.

Ees ineludible el tener que abordar de manera más profunda esas alternativas bajo el contraste de los desafíos y dilemas éticos que vendrían ante una eventual masificación de estas unidades en cuestiones ambientales. Este es precisamente el propósito: mostrar resultados de un estudio en el cual se abordó al tenor de las complejidades propias del ciclo de vida de los autos eléctricos y que en realidad permiten rediseñar el análisis de trasfondo ecológico que será imposible de ignorar si en algún momento no se da un manejo tanto adecuado como oportuno de los materiales o posiblemente muchos residuos tóxicos. Surge así la pregunta de hasta qué punto estos avances tecnológicos pueden ser realmente sostenibles, manteniendo ese discurso ambiental que tanto se usa para masificar estas unidades en el público consumidor.

Conviene adentrarse sobre tal interrogante para obtener una visión más amplia del espectro comercial que envuelve todo esto, más allá de la conciencia sobre el aporte global que tienen en el medio ambiente. Mediante una sinopsis de los resultados que emanan de un análisis más exhaustivo, elaborado con intención de ser equilibrada e independiente por su naturaleza académica, se estudiaron varios ángulos que podrían ser esenciales como para que, una nación como Costa Rica - país no industrial y consumidor neto- o cualquier otra nación, puedan, eventualmente, darse una oportunidad de explorar más allá del sesgo

comercial sobre los potenciales beneficios de los vehículos eléctricos.

Acá mucho se habla sobre ahorros en gasolina o mantenimiento. Más aún, otros se ensañan en exhibir artilugios electrónicos incorporados como un imán para estimular la complacencia y entretenimiento digital. Es evidente que, por cualquier medio publicitario, todo eso ayuda a estimular la compra. Pero se requiere observar más allá de lo evidente algo que estimule el sentido de la visión para abordar esos riesgos que estén asociados con una acelerada transición energética y que por toda premura competitiva quedan soslayados en muchos casos, incluso dentro de la planificación o control comercial que compete a las autoridades del Estado o bien a los consumidores propiamente. De ahí se justifica con creces que se haya planteado como una investigación científica el hecho de valorar qué pasaría con el mercado de vehículos usados en un futuro no muy lejano y en qué medida afecta o no al medio ambiente.

¿Por qué es inevitable hablar del impacto ambiental cuando se habla de vehículos eléctricos?

Evidentemente, la preferencia por los autos eléctricos ha crecido de forma acelerada. No solo en Costa Rica, sino en el mundo entero. Las tasas de progresión estimadas alcanzan el orden del 70% por año -en todo el mundo- lo que propició a esbozarlas bajo una intencionalidad de análisis más profundo. Algunos países como Noruega marcan un hito más allá de esas tendencias, teniendo un parque vehicular eléctrico de alrededor el 20% de todas las unidades. Con números así, se esgrime el asunto desde una óptica de auge, y se torna poco a poco más fuerte al punto de generar preguntas sobre asuntos relacionados con el conocimiento y la planificación de un salto quizá más repentino que planificado: ¿De qué manera afectará o influirá en el corto o mediano plazo las tendencias de importación y comercialización de vehículos eléctricos en el mercado de vehículos usados en Costa Rica? ¿Estamos realmente preparados para atender un costo ambiental asociado con una búsqueda de movilidad más limpia, o, mejor dicho, más barata para un consumidor nacional?

Así el asunto se torna realmente inquietante. Sobre todo, porque predomina el ingreso de la primera generación de autos con marcas chinas, hasta no hace mucho poco conocidas por acá. Se confirmó, así como una cuestión que valía la pena aclarar, dado que de forma repentina explotó también la red publicitaria más intensificada en redes sociales. A esto, le antecede que

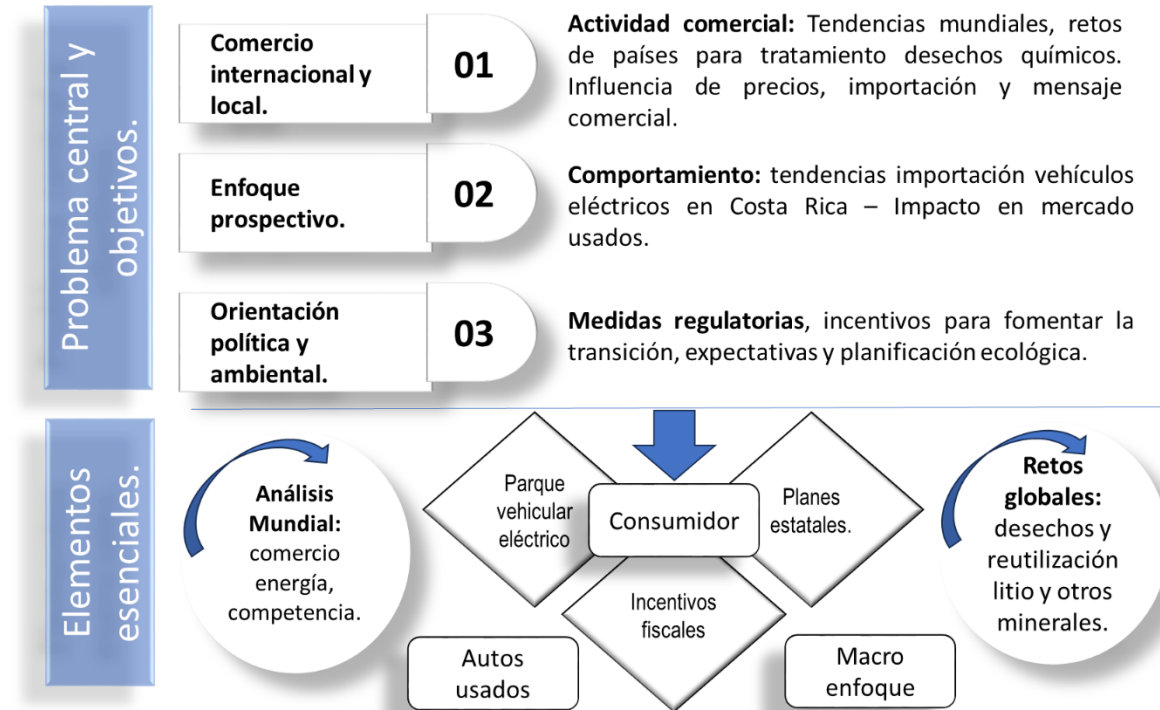
el propio gobierno costarricense publicó en el año 2019, al tenor del Acuerdo París de 2015 y con palmaría seguridad, formuló su ánimo de propiciar políticas para direccionar directamente al país hacia una transición total hacia la modalidad de transporte eléctrica. Esto, evidentemente, como un medio para impulsar la imagen nacional, buscando promover al país como una especie de “laboratorio de descarbonización para el resto del mundo” (Gobierno de Costa Rica, 2019, p. 3).

Con tal intencionalidad como punto de partida, resultó que había un vacío en cuanto al enfoque y el sustento para dar ese fuerte impulso, sobre todo en cuanto a los niveles, así como la calidad de información relacionada con esta aparentemente “novedosa” tecnología de movilidad. Es decir, se encontró que hay escasez de datos -al menos de manera consolidada- como para que los consumidores cuenten con elementos que les ayuden conocer pormenores y expectativas tanto por sus alcances económicos como impactos a su economía personal derivados de una decisión de compra.

De acá deriva por naturaleza el abordaje sobre esa cuestión de fondo que es la perspectiva ambiental. Como estudio independiente la separación intencionada de cualquier tipo de sesgo mercadológico permitió la identificación de sectores que han quedado rezagados en los esquemas de planificación, como, por ejemplo, el asunto sobre el tratamiento de desechos o el reciclaje de materiales esenciales para las baterías de iones de litio, por citar algunos elementos potenciales para abordar un esquema de economía circular que otros países como Alemania llevan años tratando de resolver, antes que el asunto se torne un problema serio.

Fue así como se encontraron diversas facetas que para efectos analíticos se clasificaron y agruparon en tres aristas fundamentales que permitieran correlacionar y amalgamar el asunto de las tendencias en el comercio de vehículos eléctricos en Costa Rica, bajo un esquema de análisis situacional dirigido con una estructura más lógica que dispersa. Al dilucidar un estado sobre la situación nacional, así como una forma de prospectar las políticas y necesidades circundantes como retos para incorporar la perspectiva de los ciudadanos y consumidores potenciales en una cosmovisión que fuera más objetiva y general (no dirigida a indagar sobre sus intereses o impulsos emocionales que los llevan a realizar compra), como pieza dentro de un complejo engranaje situacional de un subsector comercial que toma cada vez más fuerza.

Figura 1
Planteamiento del marco situacional en el esquema de la investigación.



Fuente: elaboración propia (2023).

El tema fue asentado desde esas tres aristas principales. Mediante un análisis tendencial y prospectivo, considerando las orientaciones políticas tendientes al fomento de transición energética, como parte de un análisis global que incorporan las influencias del comercio internacional para llegar a explicar el comportamiento local, bajo la orientación primaria de las políticas estatales, inclinaciones ambientales y, por supuesto, los intereses comerciales que llevan a este fenómeno de importación de autos eléctricos en dos sectores muy marcados: autos de alta gama y autos fabricados en China.

Desde las primeras exploraciones se originaron las ideas y a partir de éstas, se constituyeron resultados como acercamiento a una realidad (Sampieri, Fernández y Baptista, 2013, p. 13). Evidentemente, no se había previsto lo que sucedería con un mercado tan importante como lo es el de autos usados, no con ese nivel de enfoque. La resolución del problema principal llevaría al siguiente

paso para dar rigurosidad científica y metodológica:

¿De qué manera afectará o influirá en el corto o mediano plazo las tendencias de importación y comercialización de vehículos eléctricos en el mercado de vehículos usados en Costa Rica?

Esa pregunta se responde fundamentalmente con elementos racionales que puedan aportarse mediante el desarrollo de la investigación científica. Al menos así, se inicia con la identificación y trazos de una ruta al conocimiento de factores que quizá, no se han analizado desde una perspectiva futurista, sobre el comportamiento esperado en los mercados ya sobre la marcha, antes que el infalible aparato de *marketing* haga lo suyo para inundar el orbe de esta modalidad de vehículos. El proceso para recopilar y analizar de manera exhaustiva mucha información que en principio no tenía relación, pues se toma de diversas fuentes, originadas en varios contextos.

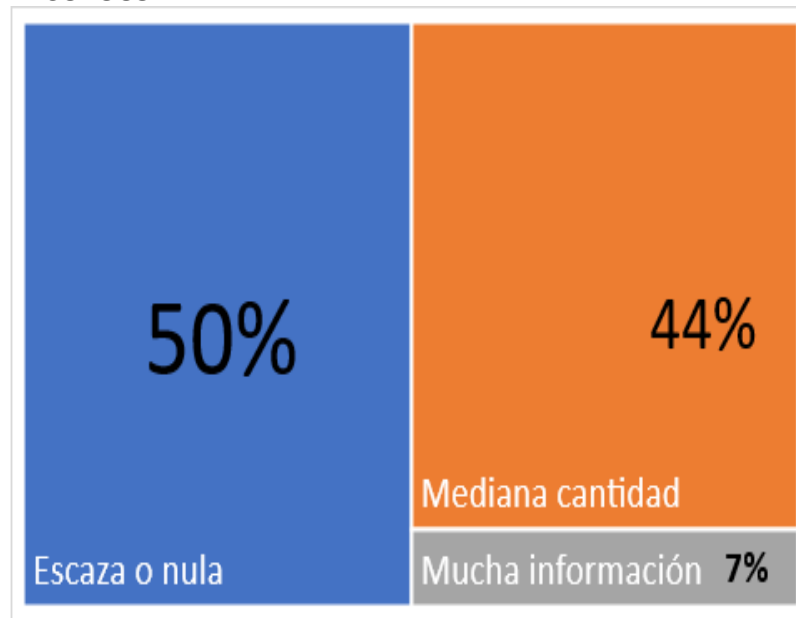
La transcendencia en los resultados descansa en el diseño mismo, así como por la metodología permite enfocar los análisis mediante una secuencia previamente estructurada, se logra conseguir el sentido a partir de elementos o variables que logran ser correlacionadas hacia es este fin concreto. Se designó como el más adecuado el modelo de investigación sistemático y descriptivo. Iniciando desde la una esfera global hasta concretar en a los hechos más particulares, lo nacional (lo cual se traduce: partiendo de los mercados internacionales y aterrizando en el mercado local de vehículos eléctricos en Costa Rica, sin perder el hilo del trabajo).

Se incorporó al consumidor nacional, no como un objetivo en sí mismo sino como fuente de información objetiva e independiente. Se realizó una segmentación entre población económicamente activa, miembros del sector comercial y de mantenimiento de vehículos.

Mediante la aplicación de un cuestionario diseñado y una muestra representativa por conveniencia, se planteó conocer la perspectiva de personas que podrían dar un criterio más objetivo dado un mayor nivel de escolaridad o conocimiento propio de la industria en alguno de sus sectores asociados; por ejemplo, repuestos, mantenimiento, electricidad de vehículos, entre otros. Los resultados resultaron encajar muy bien con todo el esquema de trabajo. En el engranaje secuencial se practicó un enlace con la meta principal, para generar una descripción más objetiva de los fenómenos.

Figura 2

Grado de información, en cuanto a calidad y cantidad, percibidas por los agentes económicos costarricenses



Fuente: elaboración propia (estudio investigación, 2023)

Al obtener una perspectiva diferente de las personas que manifiestan sus conocimientos, expectativas o preocupaciones en forma de sus percepciones racionales, se encuentran algunos vacíos aparentes que bien podrían determinar un futuro para este mercado.

Aquí es donde se engranan otras piezas con la búsqueda de respuestas sobre demanda futura y aparece naturalmente la cuestión ambiental como algo de peso en todo el efecto esperado (aparte del enfoque comercial e impacto para el mercado de autos usados, tratándose del hecho que se está en la presencia de una primera generación de vehículos).

Lo interesante ha sido encontrar esa tendencia general cuando se solicitó cuestionar si los vehículos eléctricos son realmente confiables o no, a ojos de lo que hasta hoy se conoce. Los encuestados aseguran primero, que no se cuenta con información suficiente sobre esta modalidad y segundo, que realmente no encuentran elementos suficientes como para confiar en esta modalidad de transporte. Luego viene el asunto de la ventaja competitiva que se cree tienen estas unidades en la actualidad. Los resultados son claramente expuestos en el

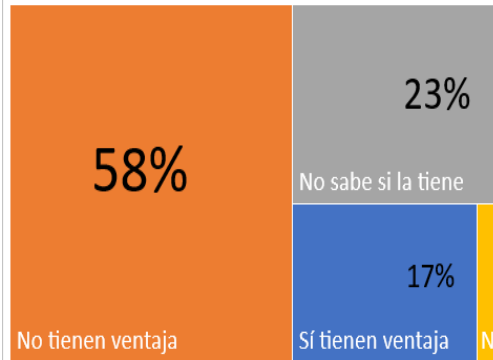
40



siguiente gráfico.

Figura 3

Percepción de agentes económicos costarricenses sobre ventaja competitiva de los V.E. sobre vehículos de combustión.



Fuente: elaboración propia (estudio investigación, 2023)

Si se tiene en consideración que un 58% de los encuestados asegura que los VE no tienen ventajas sobre la modalidad tradicional (Combustión Interna) o bien, señalan desconocimiento de si hay o no ventaja (23% del total), no se atreven a inclinar su opinión, lo que lógicamente podría llevar a interpretar que se sentirán más cómodos con lo que ya conocen. De esta manera, se tiene que apenas el 17% cree que los vehículos eléctricos si aventajan a su contraparte.

Resulta aquello muy interesante en cuanto a la prospectiva y futuro de los VE dando sus primeros pasos en la competencia abierta. Claramente, la convergencia de elementos como el conocimiento, difusión informativa o expectativas sobre las ventajas, llevan claramente hacia otro asunto de trascendencia: el de si el argumento ecológico que acompaña el mensaje emocional -aunque realmente no es tan evidente en la publicidad comercial- suena fuertemente dentro de los objetivos políticos (muy patentes en el gobierno anterior) no es en realidad tan convincente para las personas de hoy. O bien, si eventualmente existe algo más por averiguar sobre una imagen que se vende como 100% ecológica.

Aunque las ventas de vehículos eléctricos han aumentado en cifras porcentuales bastante importantes, lo cierto es que su participación relativa respecto del parque vehicular total sigue siendo muy pequeña en Costa Rica (alrededor de un 0,6%). Con lo cual, no se puede admitir que por ahora exista un impacto concluyente, pero sí una perspectiva de crecimiento que vale la pena



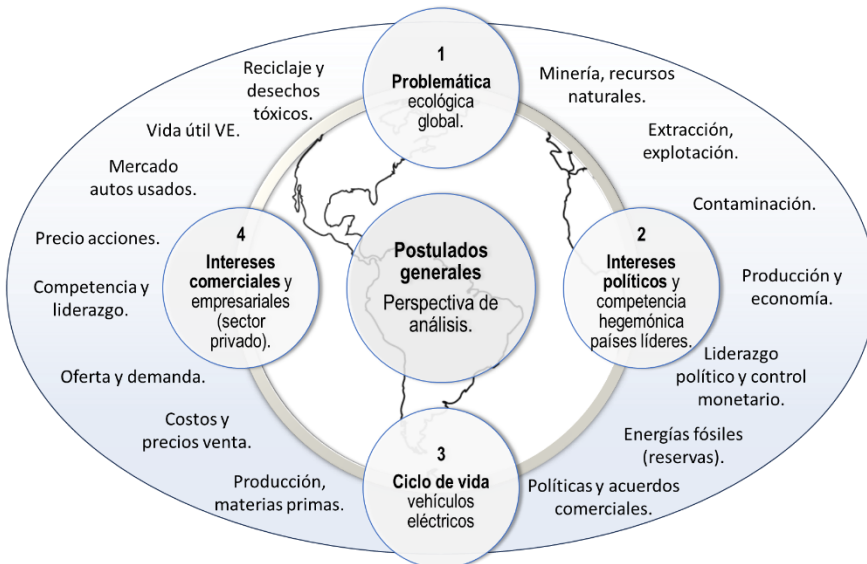
estudiar al considerar que en esta nación existe un fuerte arraigo cultural hacia todo lo que sea determinante para cuidar el medio ambiente.

Es factible confirmarlo como un tema sumamente importante de plantear con aquellas aristas que lo puedan identificar dentro de su contexto global, el cual, de hecho, resulta ser mucho más complejo de lo que parece. Es aquí donde torna su protagonismo el contar con esa guía conceptual en el cual se juntan muchas variables que nos permiten una perspectiva que, aunque más completa, no es tan sencilla de dilucidar en tan pocas líneas.

Dentro de todo ese engranaje, no podía quedar sin protagonizar los ejes ambiental y ecológico, pues realmente unen varias industrias con diversas problemáticas y objetivos, lo cual permite conocer la existencia de multiplicidad de variables tan determinantes que, sin duda alguna, podrían venir a tener algún grado de influencia sobre estas tendencias actuales y posiblemente las esperadas al conocer su real impacto en el futuro ambiental del planeta. En la siguiente figura se puede apreciar muchos de esos factores, cuyo eje se perfila a conocer esos postulados que han aportado perspectiva al análisis y conclusiones.

Figura 4.

Multiplicidad de variables bajo un enfoque ambiental de autos eléctricos.



Fuente: elaboración propia (2023).

Vehículos eléctricos bajo el foco de investigación.

Emergen diversas inquietudes como derivación de las gestiones para dar respuestas a las variables planteadas. Cuando se busca resolver un asunto en perspectiva, las premisas resultantes tienden a ser más interesantes, tanto porque permiten encausar una guía general a la lectura de variables como para mantener una visión holística y enfocada a la vez hacia esa misma cuestión fundamental. Es como ver las cosas desde arriba hasta enfocarlas en una cuestión muy determinada. Por eso, del entorno mismo nacen estas otras premisas para responder ¿Será que, si el planeta se inunda de autos eléctricos, se habrá solucionado o al menos, en gran parte, el problema ambiental?

En realidad, existe un complejo espectro de variables que pueden entrar dentro de estos argumentos de comercio y ecología. Acá se han repasado muchas (ver figura anterior), pero se dejan planteadas aquellas que en el foco de interés aportan contexto al escrutinio, como utilitario para comprender qué clase elementos circundan todo este complicado mundo de producción, comercialización y consumo del medio transporte eléctrico; el cual, de paso, aunque para muchos es algo muy nuevo, en realidad no lo es tanto (ya veremos porqué un poco más adelante). Con esto se ratifica la posibilidad de forjar una idea más clara de cuán complejo se puede tornar comprender un tema cuando se hace un esfuerzo por ubicarse dentro de su mapa conceptual. No se debe perder de vista la presencia de esos hechos que no cambian a pesar de los avances tecnológicos o las cuestiones políticas.

En esto se buscó considerar esos cuatro postulados generales sobre los cuales se abordó toda esta cuestión:

1. *Hablar sobre el efecto invernadero del planeta, constriñe a vislumbrarlo como un problema global, no local.*

Si se quiere hablar de una especie de laboratorio para el mundo, el asunto no puede quedar circunscrito a una ventaja característica, como lo es para Costa Rica, por ejemplo, el hecho de que la generación eléctrica proviene en más del 99% de fuentes renovables siendo casi un 76% de energía hídrica. Aunque se podría afirmar que hace un gran aporte con este compromiso mundial, el impacto como país no tendrá un efecto predominante. En realidad, se estima que la producción eléctrica en el planeta se produce en un 80% por energías fósiles (*World Energy Trade, 2022*). Se debe recordar que en los planes se enfatiza el lanzamiento del país como "un laboratorio

para el mundo”, teniendo en cuenta que dentro del otro 20% del orbe se da la generación por medio de fuentes eólicas, nuclear o la solar.

- 2. Cuando se habla sobre bondades potenciales de un vehículo eléctrico, en materia ambiental, se debe reflexionar en todo el ciclo de vida del producto.*
En Costa Rica prevalece el discurso de “cero emisiones” cuando se habla del uso de vehículos eléctricos. Pero, es importante considerar todo el impacto global -considerando el postulado anterior, que propicia ver el tema más íntegramente- cuando se considera una contribución marginal al problema ecológico. De esta manera, se debe contar con una perspectiva de mayor amplitud cuando se parte desde la extracción de minerales, la industria de fabricación y ensamblaje (incluyendo el uso de energía necesaria), los insumos, el transporte, uso y consumo hasta el momento que tenga que tratarse las baterías como desecho o reciclaje. Si cualquier país está encaminado a incrementar su parque vehicular, necesariamente afectará otros sectores como lo son el minero, comercial y económico en otras regiones del planeta.
- 3. Los intereses políticos – económicos, en una competencia hegemónica, afectan los suministros energéticos.*
Esto es un asunto que al profundizar adquiere un peso realmente considerable dentro de toda la ecuación de análisis. No se puede soslayar, de ninguna manera. Más concretamente, no es de extrañar que China se esté abocando el liderazgo de producción mundial de vehículos eléctricos. Este sector en particular le provee muchos recursos económicos y coadyuva con otros intereses que buscan fortalecer esta enorme industria como medio para cumplir otros objetivos de generar un liderazgo monetario mundial -tema que acá no se aborda para no perder el enfoque- pero que sí entra por su interés palmario de convertirse en un líder proveedor de productos a todo el planeta. Para lograrlo, de forma paralela, tendrá que incrementar el uso de insumos minerales y contaminantes, por ejemplo, energías fósiles, así como minerales como litio y cobalto.
- 4. La industria automotriz global se conforma por empresas privadas con fines lucrativos que compiten ávidamente por incrementar el valor de sus acciones.*

Operan en un mercado ampliamente maduro y competitivo, por lo que su

orientación es la generación de ganancias para accionistas y propietarios.

Aunque podrían generarse acuerdos de colaboración con gobiernos o contar con incentivos fiscales (por ejemplo, para vender más autos eléctricos), sus fines serán siempre independientes, aunque se puede comprender con ciertos grados de regulación política. Es decir, no se puede dar por sentado que sus intenciones sean 100% altruistas, aunque el discurso de *marketing* destaque algunas "bondades o amigabilidad con el ambiente" siempre se debe analizar su participación considerando sus postulados de responsabilidad social en un lado, pero sus propósitos comerciales y lucrativos del otro.

Todo esto, se concibe bajo una pretensión de un punto mucho más general del que se percibe en la población o el mismo Estado. Si se quiere, un objetivo visionario acerca del rumbo que el mundo parece ya haber elegido. En el caso de Costa Rica, evidenciado de manera expresa en el ámbito político, así como consecuencia en la institucionalidad. En el Ministerio de Ambiente y Energía se proyectó "dar el salto" hacia la movilidad eléctrica gracias al financiamiento otorgado por la Fundación CRUSA y la ejecución del Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA).

Características intrínsecas de los vehículos construidos con baterías de iones de litio.

Veamos algunos de los puntos medulares sobre este contexto en cuanto a la demanda, extracción de materiales y aplicaciones en la industria global automotriz.

1. Los autos eléctricos son los verdaderos precursores de la movilidad para personas.

Fue en los albores de los 90's cuando se conocen las primeras referencias de masificación productiva de autos eléctricos modernos. La compañía estadounidense *General Motors* lanzó un modelo conocido como el *EV1* y de ahí en adelante empezaron a aparecer los híbridos y primeros modelos en masa modernos. No obstante, parece que los precursores en esta modalidad se remontan a los años de 1832 y 1839, ¡Incluso antes de que aparecieran los autos movilizadas por combustión! Estos se registran formalmente alrededor de 1861 según el sitio *Motorpasión* (2019).

Sin ahondar mucho al respecto, la razón por la cual prevalecieron los autos de combustión sobre sus antecesores se debió a que, en aquellas épocas, los


primeros propietarios eran personas con mayor poder adquisitivo, aficionados a las carreras, sobre todo en Francia o Alemania originándose así una competencia entre fabricantes. Los autos eléctricos presentaron problemas de recarga, primero, fueron hechos a base de plomo lo cual le restaba ligereza y, posteriormente, se experimentó con el níquel-cadmio con el mismo problema en cuanto al peso (Trujillo, 2020). Su contraparte, los vehículos de combustión fueron masificados por Henry Ford, quien dio el salto a la producción en masa, más accesibles a toda la población alrededor de 1913.

2. La tecnología de iones de litio, como fuente de energía conocida, con una demanda a mayor escala.

Cuando utilizamos el teléfono inteligente (“celular” como se le dice en Costa Rica), una *Tablet* o cualquier dispositivo móvil, hasta mencionar los vehículos eléctricos, se habla esencialmente de lo mismo. La diferencia es la cantidad de litio que se requiere en la fabricación de autos. Según Motorpasión (Murias Andrade, 2021) la demanda para una unidad es de aproximadamente 8 kilogramos para una demanda de 50 Kwh (esa es una especificación para el modelo iX de la BMW, por ejemplo). Para un teléfono móvil es apenas 28 gramos. Por lo cual, si se espera un incremento realmente colosal en la demanda, lógicamente provocaría un crecimiento exponencial del citado mineral. Esto sin mencionar otros como el cobalto, níquel, manganeso, aluminio y cobre que llevan, entre otros materiales, una batería para estas unidades.

3. Autonomía de autos eléctricos, un gran seductor para impulsar su demanda.

El argumento predomina sobre autos eléctricos en cuanto a su evolución y competitividad ha sido la capacidad de autonomía. Se puede a uno de los primeros en crear un modelo eléctrico, la marca Peugeot con el VLV (*Light City Vehicle*) en 1941, el cual podía transitar 80 kilómetros y a una velocidad máxima de 36 kilómetros por hora (Trujillo, 2020). Hoy día, los autos que se comercializan destacan esa capacidad de hasta 600 kilómetros, siendo tal un factor muy explotado como atractivo comercial en el lenguaje de *marketing*. En esto la tecnología moderna se ha vuelto ávida en mejorarlo para fines competitivos, principalmente se busca mayor autonomía disminuyendo el peso

de  las unidades o acelerando la velocidad de carga (Ramey & García, 2023).

4. *La velocidad de carga y uso correcto son determinantes para la vida útil.*

Todo un tema por cuanto el rendimiento y durabilidad de una batería de iones de litio depende del uso y temperatura que se genera por las cargas rápidas a la que puede someter el auto. Esto es algo que dentro de los resultados de la investigación apareció como un factor de escaso o casi nulo conocimientos dentro del grupo de investigación seleccionado. ¿Qué tiene que ver la recarga con la durabilidad y la autonomía? Veamos:

También entran en juego aspectos como el trato de dicha batería. Por ejemplo, no se debe dejar bajar la carga por debajo del 20%. Tampoco, aunque en menor medida, debemos cargarla al 100%. De nuevo, no pasa nada si cargamos al 100% e iniciamos un recorrido que en pocos minutos permita consumir.

La compañía Geotab (*Geotab Inc. Oakville, Ontario*) ha realizado un informe que recoge datos de un total de 6.300 vehículos eléctricos, lo que le ha permitido determinar la degradación media de los packs y los factores que más influyen en ella: todo indica que las baterías de los coches eléctricos tienden a perder actualmente un 2,3% de capacidad al año, si bien la pérdida no es nunca lineal (es estable durante los tres o cuatro primeros años, y se acelera posteriormente). (Berizzo, 2021, p.3)

Aunque se debe hacer hincapié de lo anterior, que la degradación anual de las baterías, según el mismo autor de cita, es mucho mayor para otras marcas. En un uso normal algunas llegan hasta el 8%; aludiendo además que, con las cargas rápidas la degradación en todos los casos supera ese porcentaje. Recordemos acá, la carga rápida es una cualidad por el cual luchan las compañías por superar en ventas a sus competidores y los consumidores, no conscientes en muchos casos (por no decir, la mayoría) podrían caer en un uso indebido de sus baterías.

5. *La refrigeración y otros componentes especiales también suman al impacto.*

Acá entra en juego otro elemento para cuidar este factor de calor y es la incorporación de sistemas de refrigeración. En algunos casos se evoca el uso de sistemas de glicol como una base amigable con el ambiente, pero, esto es otra

cuestión al beneficio de durabilidad. Un rendimiento óptimo de esos sistemas es fundamental para la autonomía y como consecuencia los materiales juegan un rol importante. Lógicamente entre mayor calidad sean éstos, serán determinantes en el costo final. Esto podría esperarse fácilmente de autos de

alta gama, pero en otros fabricantes, serían válidas algunas dudas.

Debido a que los ventiladores y las bombas tienen un alto potencial de consumo de energía parasitaria, energía que no se utiliza para el movimiento y que afecta a la ecuación general energética del vehículo y por ende al rendimiento general del vehículo, hay que seleccionar componentes muy eficientes para el sistema de refrigeración de las baterías. (Berizzo, 2021)

En relación con los componentes, estas unidades están cargadas de dispositivos y artificios consumibles de energía como pantallas, luces de ambiente, sensores y demás artilugios que permiten ofrecer una alternativa más atractiva a las sensaciones humanas. Se ha llegado al colmo de usar como gancho publicitario la posibilidad de conectar el auto una máquina de palomitas, pero eso es otra historia.

En fin, todo lo anterior interesa desde la óptica de responder a la cuestión esencial. Si las baterías de iones de litio tienen una vida limitada, ergo los vehículos se convertirán algún día en desechos o en el mejor de los casos en partes o insumos que se podrían reciclar. ¿Qué impacto tendrá realmente en el medio ambiente si antes en la historia no se contaba con una demanda de este mineral que podría calcularse en 40 veces mayor, quizá más?

Factores ambientales directos y sus resultados esperados.

Los mercados internacionales, industrias, así como proveedores de insumos de fabricación se incorporan dentro de una mezcla de variables que permiten representar con mayor amplitud el asunto del tema ambiental. Dentro de los más relevantes se habla de lo siguientes.

1. Predominio energético fósil y su impacto esperado en fabricación de los VE.

Para tomar como punto de partida el impacto ecológico global se debe partir de lo existente y cómo se ha llegado hasta acá. Es decir, de la producción y consumo en masa de autos mediante la utilización de energías fósiles. Hay mucho que contar sobre esta industria, lo que conviene hacer hincapié es que durante todo un siglo se mantuvo la supremacía de los autos de combustión. La

generación de energía eléctrica también tiene como fuente principal este recurso y es una de las razones por las cuales, a través del tiempo, países productores y dominantes del mercado petrolero aprovecharon diversas coyunturas para establecer su liderazgo y uno en particular, su hegemonía monetaria a través de este comercio; como, por ejemplo, el tratado de Bretton Woods. ¿Qué tiene

que ver esto con la transición energética?

En primer lugar, porque se estima que en el mundo andarían circulando un total un estimado de 1.446 millones de vehículos al cierre de diciembre de 2022, esto con base en números aportados por la Organización Internacional de Fabricantes de Vehículos de Motor (Amadoz, 2022). Anualmente, esta cifra crece en el orden del 4%. Por lo cual, podría hablarse sin titubear de al menos unos 1.503 millones de unidades para concluir el 2023. Esto conlleva a estimar que la entrada de autos nuevos podría rondar unos 90 millones de unidades. La mayoría de los cuales usan Diesel o gasolina como medio energético. Esto no se puede apagar de la noche a la mañana, ni siquiera en nombre de la ecología, por cuanto un sector tan importante dentro de la cadena de transportes de cualquier economía debe llevar un proceso de transición más cuidadoso.

Luego, la cantidad de autos eléctricos se eleva con una velocidad impresionante. China, con poco más de 1,4 billones de habitantes, es el país más poblado del planeta hoy día. Por lo tanto, no es de extrañar que sea líder en la producción y venta de estas unidades:

La inmensa mayoría de las ventas de coches eléctricos hasta la fecha se concentran principalmente en tres mercados: China, Europa y Estados Unidos. China es el país líder: el 60% de las ventas mundiales de automóviles eléctricos se realizarán allí en 2022. Hoy en día, más de la mitad de todos los automóviles eléctricos que circulan por las carreteras del mundo se encuentran en China. Europa y Estados Unidos, el segundo y tercer mercado más grande, experimentaron un fuerte crecimiento con ventas que aumentaron un 15% y un 55% respectivamente en 2022. (International Energy Agency., 2023)

Hay que señalar en este sentido, que los principales consumidores de energías fósiles a nivel mundial son Estados Unidos con un 20% de la demanda global y China con un 14%. Este último es además el mayor usuario de carbón el cual obtiene de Rusia. Es claro que se necesita muchos recursos para mover una industria tan enorme, creciente y con amplias expectativas de expansión

transitiva dado los planes de movilización limpia para el 2050. Entonces, ya no resultaría sorprendente agregar que este país esté destinando una enorme inversión en exploraciones petroleras en el desierto de *Taklamakán*. Una perforación de 10.000 metros que se estima "será el segundo pozo más profundo de la historia de China, según la agencia oficial de noticias Xinhua" (Xie, 2023)

En cuanto a los procesos de producción, fabricación de componentes, ensamblaje y pintura de autos eléctricos, se consume gran cantidad energía eléctrica y térmica. Estas a su vez, son generadas en gran medida por combustibles fósiles. Por lo tanto, en términos gruesos, en este asunto ya se encuentran sendas posiciones encontradas sobre si efectivamente se está tratando de manera contundente la huella de emisión de carbono. *Exxon Mobil* (empresa petrolera) lo expone de la siguiente manera:

La gran petrolera predijo que el uso del petróleo para el transporte disminuirá lentamente, pero la demanda general seguirá aumentando a medida que se necesite crudo para la industria y la petroquímica. "Si cada automóvil vendido en 2025 fuera un eléctrico, lo que lleva a que cada vehículo de pasajeros en el mundo sea un EV para 2040, la demanda mundial de petróleo y gas sería la misma que en 2010", predijo Casey Norton, portavoz de Exxon, en 2018. (Fuentes, Motorpasion, 2022)

Otros sectores o regiones comerciales si se quiere ver así, valoran la transición energética como un aspecto altamente positivo, necesario dentro de un proceso para paliar la alta dependencia de energías fósiles, incluso más que el concepto de "amigabilidad con el ambiente". Es claro que hay casos donde coexisten los componentes geopolítico y comercial. Por ejemplo, en Europa por los recientes conflictos con Rusia se ha percibido así, muy circunscrito al asunto del ahorro energético en la etapa de uso de autos, pero al parecer, no tan enfocado en la etapa productiva pues se acaba de ver que en Europa el crecimiento en ventas es de un 15% muy bajo en comparación del 55% para el caso de Estados Unidos:

Si se quieren alcanzar los objetivos europeos de cero emisiones netas en 2050, habrá que realizar grandes esfuerzos en el sector transporte, el principal consumidor de energía de la economía y dependiente en más de un 90% de los combustibles fósiles (ver Normativa básica comunitaria y el marco normativo español). En España, el transporte es el sector que más energía consume, equivalente a un 42% del total nacional. En

concreto, el porcentaje que representa el sector del automóvil (turismos) es del 17%. El desarrollo del mercado del vehículo eléctrico podría reducir este porcentaje y de esta forma aportar mayor sostenibilidad al sistema. (Energía y sociedad., s.f.)

Consecuentemente, si en un caso como el de cita, se logra esa transición deseada con la correspondiente disminución en la dependencia de suministro de energías fósiles, caso de los vehículos eléctricos, se trasladaría ese consumo a los países productores que tendrían que intensificar su industria para abastecer una demanda con crecimiento exponencial, dados los objetivos trazados. Por lo cual, pareciera en principio que los argumentos de la empresa petrolera no distan de una realidad pues lo que se deja de consumir de un lado, se intensificaría en otro. Sin entrar en detalles de los niveles (no es el propósito profundizar aquí en medición precisas como para conocer un balance final), parecen razonables los argumentos señalados, por cuanto puede tener mucho sentido si se toma en cuenta que la demanda mundial por vehículos nuevos podría ser mayor bajo el esquema de incentivos políticos que hacen las diversas naciones para impulsar las compras y por ende la producción general.

2. Impacto ambiental asociados con la extracción y uso de minerales.

Claramente, una demanda exponencial de vehículos eléctricos implica un estremecimiento en la demanda de recursos minerales. Para las baterías de iones de litio también se utilizan materiales como el cobalto, níquel, manganeso y hierro. Respecto del litio, no es la misma cantidad que requiere una batería para un dispositivo celular que la de un auto. Algunos estiman, se requiere entre 60 y 70 veces más cantidad.

El recurso se extrae principalmente de una región en América del Sur más conocida como "el triángulo del litio" compuesta por Bolivia, Argentina y Chile. El primero es el que más dispone de reservas con 21 millones de toneladas métricas, Argentina 19,3 millones y Chile 9,6 millones. Conjuntamente, según el Servicio Geológico de los Estados Unidos, alrededor del 85% de las reservas mundiales conocidas (Zúñiga, 2022).

Lo que sucede con estos minerales es que tanto su extracción como sus desechos pueden tener impactantes efectos para el medio ambiente, incluyendo la contaminación por un posible incremento en las incidencias por descarte asociados con el agotamiento de la vida útil. Algunos de ellos se citan en la siguiente figura.

Figura 5

Minerales en la cadena suministros autos eléctricos, cuestionamientos ambientales.



Fuente: elaboración propia (2023).

3. Factores determinantes para la vida útil (visión hacia el tratamiento residual).
No se debe descartar en todo este análisis otro factor de relevancia en

cuanto a la dicotomía que brota entre la vida útil de un auto eléctrico (variable que reviste de una monumental relevancia en todo esto del análisis futuro de los vehículos usados) así como los desechos que se irán a producir. Acá vale la pena reflexionar en ¿Cuáles países se están preparando adecuadamente para su tratamiento? Se asume será una enorme cantidad de minerales que se


agregan a la cadena productiva en una demanda que se ha disparado de manera contundente; producirán algún día desechos con los cuales se debe lidiar.

En el argot comercial, muchas empresas productoras hablan de los cuidados necesarios para cuidar la vida útil para un vehículo eléctrico. Háblese del buen uso que haga el usuario, para lo cual debería estar muy bien informado sobre el trasfondo de qué significa o qué debe hacer correctamente, lo que supone cambiar hábitos cuando las personas suelen estar acostumbradas a la movilización tradicional. El componente sustitución de una batería -que es lo más caro de un vehículo eléctrico- muy comparable a su valor total, el uso indiscriminado de cargadores rápidos, la exposición a temperaturas calientes e incluso, factores como la orografía donde circulan los autos también pueden provocar más calentamiento y por más veces. Todo esto -y quizá mucho más- son aspectos que pueden generar un menoscabo de la vida útil.

4. Desarrollo y retos para el reciclaje un contraste entre el primer mundo y Costa Rica.

Pareciera ilusorio formular una asociación de autos eléctricos y su impacto en cuanto a emisiones de CO₂ considerando la forma en que se ha diseminado su imagen en torno a los objetivos globales de transición energética. En Costa Rica, parece ostentar ese estatus simbólico dentro de los planes nacionales. No obstante, al hablar de su componente más importante, la batería de litio y como consecuencia, la cantidad de mineral que demanda su producción, parece que tampoco se escapan al debate de carbonización. *National Geographic* aborda este asunto de tal manera que, al leerse, deja mucho en qué pensar:

Según un estudio del Instituto Medioambiental de Suecia, el proceso de elaboración de una batería eléctrica de 100 kWh genera hasta 200 toneladas de dióxido de carbono. Y esto es así, porque el ion de Litio necesita de mucha energía para ser extraído, como ocurre con otros componentes como el níquel y el cobalto. Según el estudio, esas cifras son el equivalente al CO₂ generado al conducir un coche diésel o gasolina

 durante aproximadamente ocho años. (National Geographic, 2018)

En el otro extremo, al final de la vida útil, se puede visualizar otra incógnita que encierra el eventual tratamiento de una muchísima mayor cantidad de desechos químicos atribuibles a la industria automotriz. Al final de su vida útil, las baterías de litio serán muy probablemente no aptas para usarse

de nuevo en autos eléctricos. Es por eso que, en Europa, por ejemplo, hay mucha dependencia de las importaciones de estos minerales y conforme esa tendencia de crecimiento se cree, no habrá manera de evitar el reciclaje. En Alemania el Instituto Fraunhofer para la Investigación se aboca de lleno y encontrar soluciones de cómo separar eficientemente y creando alternativas de uso. Se pretende que estos materiales para reutilización no salgan de Europa, en una especie de economía circular. Hoy día no se tiene certeza de en qué grado sería un paliativo para una demanda tan creciente. (Deutsche Welle, 2022)

Se habla acá de todo un problema de investigación e industria para generar soluciones alternativas. Alemania se prepara para enfrentar eventuales crisis por crecimiento en la demanda y su escasez (lo cual, de paso, incrementa sustancialmente los precios). Acá en Costa Rica, el tema del reciclaje tiene su propia historia. Existen esfuerzos importantes; por ejemplo, la Escuela de Ingeniería Eléctrica de la UCR o el centro especializado del Instituto Tecnológico de Costa Rica que aportan valiosos esfuerzos, pero, los cuales deben ser articulados. Además, existen acá muchas chatarrerías que suman a un sector informal; según así lo ratifica la propia Universidad de Costa Rica en su sitio de ciencia y tecnología. (Mora Vargas, 2022)

Conclusión y cierre.

No es de extrañar para una sociedad como la costarricense, la cual se ufana de ser muy abierta a la incorporación directa de tecnologías y altamente influenciada por tendencias comerciales desde el orbe, que existan vacíos en cuanto al conocimiento respecto de los “pros” y los “contras” de estas alternativas de transporte, especialmente, entre la sociedad de consumo cuando se hace referencia a los automóviles eléctricos.

Por ejemplo, cuando se habla del momento que se toma una decisión de compra, aplicado al caso del mercado de vehículos, evidentemente, existe un

predominio o influencia de patrones con alto componente emocional. Este tipo de conducta salta a la vista en un estudio hecho por la Universidad de Costa Rica, mediante el cual se asegura que “Casi el 85 % o 90 % de nuestras acciones de consumo está motivada por el componente no racional y no consciente. El otro 10 % es al que llegamos mediante información” (O’neal Coto, 2019). Eso se puede notar claramente en las pautas de publicidad en los cuales, la promoción se enfoca en este tipo de influencias a los sentidos de los


compradores potenciales.

Por lo tanto, esta hipótesis tomó fuerza al entrar como parte de la valoración sobre el movimiento y mensaje asociado con la opinión de los agentes de mercado. La evidencia muestra que no hay por ahora una contundente percepción de confianza sobre estas unidades como para ser consideradas como ventajosas en Costa Rica.

Mucho de ello, se puede atribuir a la percepción de falta de información que sea confiable o en la propiciación de conocimiento de una fuente que no sean los propios interesados en vender sus vehículos. Aparte de ser escaza, el consumidor es consciente de que la misma también dependerá de a quién se le pregunte. Por ejemplo, si se consulta a la asociación ASOMOVE muy probablemente recibiría todo tipo de datos, incentivos y testimonios para dar impulso a la compra de autos eléctricos, evidentemente porque están asociados con importadores y vendedores de estas unidades. Pero al cruzar la acera, en las entrevistas a profesionales y personal de agencias de mantenimiento y reparación de vehículos, profesionales o los mismos consumidores profesionales, predominan demasiadas dudas o vacíos sobre aspectos como, si realmente vale la pena este momento para invertir en un auto eléctrico, por ejemplo, si se considera el elevadísimo costo que implicaría reemplazar una batería de un auto eléctrico.

Aun así, el impulso hacia la adquisición hacia esta modalidad se mueve como una especie de “concientización” azuzado por beneficios instaurados de acuerdo con los intereses de política nacional. En mayor medida, el mensaje alcanza mayor sutileza en las pautas de *marketing* digitales, que la proporcionan un gran peso al impacto económico derivado del ahorro en combustible y mantenimiento (estas unidades tienen menos piezas). Aunque verdadero, esto es una parte de la historia.

Hasta ahora no se puede afirmar que exista una difusión de mensajes

como  para concientizar a los consumidores a que hagan una valoración de sus alternativas bajo una construcción más general de sus escenarios, alguno que lo lleve a pensar en diversas variables como el costo de adquisición como "inversión inicial" (considerando que los vehículos eléctricos son más caros, y que adquirir cualquier modalidad es en Costa Rica casi el doble de costoso que en otras economías), el ahorro anual en combustible así como el valor de recuperación - incluyendo como variable un eventual gasto por reemplazo de la batería, que sería en un horizonte dado, por su elevadísimo costo, muy

equiparable al valor residual del vehículo-

Es así como en las pautas comerciales se evocan variables impulsoras más como beneficios potenciales; como, por ejemplo, el portar una "placa verde" (identificación o matrícula, en este caso distintivo a una visión ecológica), tener libertad de circulación en el casco metropolitano o pagar menos impuestos anuales de circulación "marchamo" que, de hecho, en Costa Rica es uno de los rubros considerablemente más elevados de la región.

Con todo lo anterior, evidentemente, seguirá dándose un auge en las ventas. En esto ha jugado un papel muy relevante coyuntura del entorno geopolítico y económico, sobre todo por los vaivenes de los precios internacionales de petróleo. En Costa Rica, los precios de la gasolina son verdaderamente elevados en gran medida por aspectos de estructura institucional pública y tributaria. Muchos afirman que son los mayores de la región y se debe a gravámenes impositivos que se ajustan más rápidamente por tendencias alcistas y más difíciles las rebajas cuando los precios del petróleo caen, debido a "factores financieros" que son sometidos a escrutinio por los personeros de estas instituciones ante la Autoridad Reguladora. Es por ello que se percibe muy caro tener un vehículo de combustión, elemento que es explotado por las agencias que venden unidades eléctricas al consumidor final. A todo esto, súmese un bombardeo mediático sobre conflictos internacionales que involucran los precios de insumos energéticos.

Todo aquello ha generado un ambiente propicio para favorecer una percepción de los vehículos eléctricos como una panacea o un paliativo moderno y racional dentro de las economías tanto del hogar como empresas a quienes se les galardona como responsables y "comprometidas con el ambiente". Sin embargo, hemos encontrado que la información se delimita al consumo de combustible más no así, se ha ampliado el conocimiento a los altos niveles de




contaminación que implica una masificación de estos productos (extracción y daños ecológicos e incluso sociales, como en la República del Congo donde se emplean niños para la explotación de estos minerales, bajo condiciones muy peligrosas), mucho menos a proponer una solución *ex -ante* ante los riesgos inherentes a no abordar con tiempo ni de manera planificada el asunto de tratar desechos tóxicos bajo políticas racionales. En esto Costa Rica dejó relegado a un futuro no determinado ese análisis.

Hablando entonces de las políticas nacionales, se hace hincapié que Costa Rica a pesar de haber elegido una ruta de descarbonización al tenor del Acuerdo

de París de 2015, llámense el Plan Nacional de Descarbonización 2018-2050 y el Plan Nacional de Transporte Eléctrico 2018-2030, se ha procrastinado la cuestión sobre tratamiento de los desechos de minerales como el litio o el cobalto. Se debe suponer, al tenor de los mismos objetivos en estos planes, que las mismas instituciones nacionales abocadas a promover la “desaparición de los autos de combustión” se esperaría paralelamente, una abundancia de desechos químicos más adelante.

Es decir, en el afán de propiciar una especie de abolición del uso de combustibles fósiles bajo la consigna filosófica (y hasta política si se quiere ver así) de “dar un ejemplo al mundo” en estos documentos es casi imperceptible encontrar una planificación concreta; sino quedando consignado como una actividad (ni siquiera objetivo o meta) el asunto de contaminación asociada con esos materiales. Lo que ahí se encuentra es un propósito vago, se habla de “diseñar una hoja de ruta para la gestión eficiente de las baterías de los vehículos eléctricos, al final de su vida útil”, nada más. Lo más interesante, que, al tenor de estos planes, tal propósito se mide bajo la meta e indicador que consiste en incrementar el número de centros de recarga. Se supone que ello responde al objetivo de mejorar la eficiencia de flota de combustión bajo el eje estratégico de transformación (así está descrito en los planes).

En otras palabras, todo el tema de planificación respecto de la llamada economía circular relativo al manejo de un eventual incremento desmedido de desechos químicos (como el litio que puede ser altamente contaminante en ecosistemas y fuentes de agua potable) queda relegado como una tarea más de adorno dentro de los planes, sin una definición concreta. La evidencia muestra que este punto tan importante quedó relegada a un segundo plano dejando como el interés palmario y central, el aumentar la cantidad de autos eléctricos.



Lo anterior, se debe tomar como un buen ejemplo para volver a la cuestión del medio ambiente como un tema que en el orbe debería analizarse desde todos sus componentes. Evidentemente, el protagonismo que toman los vehículos eléctricos en Costa Rica parece que es un espejo de lo que sucede en el mundo. Por otro lado, no sería posible considerar a Costa Rica como un laboratorio mundial, puesto que la capacidad de generar energía hidroeléctrica no es un modelo que se pueda globalizar, por la sencilla razón que no es un potencial real para el planeta el contar con energías limpias como una ventaja competitiva. Arnaldo Visintin doctor en ciencias químicas y especialista en baterías de Litio explica que la energía hidroeléctrica mundial ya se encuentra en un límite, sin

recursos ni espacio para generar nuevas represas. (Zorrero, 2021)

En cuanto al reciclaje, es un tema también de relevancia en todo el contexto mundial. Se entiende ahora cómo el hablar de una transición energética no está exenta de sus problemas y retos futuros cuando se habla de contaminación y efectos adversos al medio ambiente. Es importante destacar que reciclar una batería de iones de litio para extraer sus componentes es sumamente costoso, incluso más que el mismo proceso de extracción. Esta es una razón por la cual no se vislumbra por ahora, esta como una alternativa a la inercia de la demanda y crecimiento de autos eléctricos con los consecuentes impactos ya mencionados en este artículo.

Finalmente, parece que las baterías de litio no es el cierre de la historia, existen otras tecnologías aplicables a la movilidad de vehículos en ciernes, como lo es el caso del hidrógeno. Aun así, todo esto se encuentra en etapa de investigación y prueba. Lo que sí se sabe es que la demanda de litio irá en franco aumento dado que además de los vehículos se utiliza en una importante cantidad de dispositivos electrónicos. Teniendo en cuenta sus ventajas, pero también su impacto al medio ambiente, incluso generando más empleo de energías fósiles, parece que esto plantea más interrogantes que respuestas, sin embargo, la humanidad seguirá por esa ruta de transición. Se espera así, y que nuevos descubrimientos lleven a solucionar varios de las interrogantes sobre la contaminación y uso de litio en favor del planeta.

Referencias bibliográficas

 Amadoz, S. (17 de marzo de 2022). *El motor*. Obtenido de Actualidad.

Berizzo, R. (2021). *Portal movilidad España*. Obtenido de Opinión: Factores que afectan a la vida útil de la batería de un vehículo eléctrico: <https://portalmovilidad.com/opinion-factores-que-afectan-a-la-vida-util-de-la-bateria-de-un-vehiculo-electrico/>

Campbell, M. (2 de febrero de 2022). *Euronews*. Obtenido de Green, Naturaleza: <https://es.euronews.com/green/2022/02/03/los-campos-de-litio-en-sudamerica-revelan-el-lado-oscuro-de-nuestro-futuro-verde>

Costa Rica. (agosto de 2023). *Vehículos eléctricos en Costa Rica*. Recuperado el 9 de setiembre de 2023, de Ministerio de Ambiente y Energía: <https://energia.minae.go.cr/?p=5634>

Deutsche Welle (Dirección). (2022). *Ecomovilidad: reciclaje de baterías* [Película]. Obtenido de <https://www.dw.com/es/ecomovilidad-reciclaje-de-bater%C3%ADas/video-61937351>

Dwyer, M. (Octubre de 2021). *Today in energy*. Recuperado el 9 de setiembre de 2023, de U.S. Energy Information Administration: [https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=50096#:~:text=We%20project%20electric%20vehicles%20\(EVs,2050%2C%20reaching%20672%20million%20vehicles.](https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=50096#:~:text=We%20project%20electric%20vehicles%20(EVs,2050%2C%20reaching%20672%20million%20vehicles.)

Energía y sociedad. (s.f.). Recuperado el 12 de setiembre de 2023, de Manual de la energía: <https://www.energiaysociedad.es/manual-de-la-energia/4-1-por-que-el-vehiculo-electrico/>

Fuentes, V. (27 de julio de 2022). *Motorpasion*. Obtenido de El auge de los vehículos eléctricos está consiguiendo desplazar la demanda de petróleo, pero ni de lejos lo suficiente: <https://www.motorpasion.com/futuro-movimiento/auge-vehiculos-electricos-esta-consiguiendo-desplazar-demanda-petroleo-lejos-suficiente>

Gobierno de Costa Rica 2018-2022. (2019). Plan Nacional de Transporte eléctrico. San José, Costa Rica.



 Gobierno de Costa Rica.
(2019). *Plan Nacional de Descarbonización, 2018-2030*. San José.

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2006). *Metodología de la investigación*. (Cuarta ed.). (M. Hill, Ed.)

Houmann Mortensen, N., & Obbekær, M. (S.F). *Electrónica justa*. Obtenido de portolio: <https://electronicajusta.net/portfolio/quanta-agua-sutilitza-per-fabricar-les-bateries-del-mon/?lang=es#:~:text=La%20comunidad%20cient%3%ADfica%2C%20estudios%20de,agua%20por%20kilo%20de%20litio.&text=La%20compa%3%B1%3%ADa%20minera%20norteamericana%20A>

International Energy Agency. (23 de abril de 2023). *IEA*. Obtenido de News: <https://www.iea.org/news/demand-for-electric-cars-is-booming-with-sales-expected-to-leap-35-this-year-after-a-record-breaking-2022>


Mora Vargas, P. (30 de agosto de 2022). *Universidad de Costa Rica*. Obtenido de Noticias: <https://www.ucr.ac.cr/noticias/2022/8/30/costa-rica-muestra-avances-y-pendientes-en-gestion-de-residuos-de-aparatos-electronicos-y-electricos.html>

Murias Andrade, D. (9 de setiembre de 2021). *Motorpasión*. Obtenido de Futuro en movimiento.: <https://www.motorpasion.com/futuro-movimiento/tanta-demanda-litio-par-baterias-coches-electricos-podriamos-estar-creando-nuevo-problema-contaminacion>

National Geographic. (4 de enero de 2018). *Revista Nat Geo*. Obtenido de Medio ambiente: <https://www.nationalgeographic.es/coche-electrico-contaminacion>

Noirfalisce, Q., & Zajtman, A. (Dirección). (2019). *Cobalto: el lado oscuro de la transición energética | DW Documental* [Película]. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=XRVnPPF7eh8>

O'neal Coto, K. (16 de julio de 2019). *Noticias*. Obtenido de Universidad de Costa Rica: <https://www.ucr.ac.cr/noticias/2019/7/16/el-problema-ambiental-mas-grave-en-costa-rica-es-el-consumo.html>

-  Ramey, R., & García, D. (27 de julio de 2023). *Mejorar la autonomía de los coches eléctricos*. Obtenido de Car and driver: <https://www.caranddriver.com/es/movilidad/sostenibilidad-ecologia/a44610957/nuevos-materiales-autonomia-coches-electricos/>
- Trujillo, E. (24 de junio de 2020). *Motor pasión*. Obtenido de Industria: <https://www.motorpasion.com.mx/industria/electricos-sus-primeros-fracasos>
- Vera, I., & Solís, A. (20 de abril de 2022). *Bloomberg línea*. Obtenido de Green: <https://www.bloomberglinea.com/2022/04/20/asi-contamina-el-negocio-del-litio-mineral-clave-para-la-transicion-energetica-de-mexico/#:~:text=La%20contaminaci%C3%B3n%20del%20suelo%20con,en%20Science%20Direct%20en%202021>
- World Energy Trade. (16 de agosto de 2022). *La EIA prevé que las renovables representen el 22% de la generación de electricidad en EE.UU. en 2022*. Recuperado el setiembre de 2023, de Energías Alternativas.: <https://www.worldenergytrade.com/energias-alternativas/electricidad/la-eia-preve-que-las-renovables-representen-el-22-de-la-generacion-de-electricidad-en-ee-uu-en-2022>
- Xie, Y. (01 de junio de 2023). *El financiero, México*. (Bloomberg, Ed.) Obtenido de Mundo: <https://www.elfinanciero.com.mx/mundo/2023/06/01/porque-china-perfora-un-pozo-de-10-mil-metros-el-segundo-mas-profundo-del-mundo/>
- Zorrero, D. (agosto de 2021). *Infoabe*. Obtenido de Autos: <https://www.infobae.com/autos/2021/08/01/un-experto-en-baterias-explica-que-pasara-en-el-futuro-con-los-autos-electricos/>
- Zúñiga, D. (18 de noviembre de 2022). *Deutsche Welle (DW)*. Obtenido de Economía global: <https://www.dw.com/es/por-qu%C3%A9-ahora-todos-quieren-explotar-litio/a-60468536>



Revista Arjé



Pedagogía, Tecnología Educativa, Educación Técnica, Estudios Laborales, Economía Política,
Sociología del Trabajo, Ecología Política, Humanismo, Transición Energética, Gestión Ambiental

E-ISSN: 2215-5538, Vol. 7, N.1, enero a junio, 2024



Msc. Elmer Ramírez Chaves