



## **Patentamiento, trayectoria y características de las baterías automotrices: el caso de los autos híbridos**

### **Patenting, trajectory and characteristics of automotive batteries: the case of hybrid cars**

Recibido: 13 de enero de 2015; aceptado: 2 de marzo de 2015

*Alejandro García Garnica*<sup>1</sup>, *Juan Reyes Álvarez*<sup>2</sup>

Universidad Autónoma del Estado de Morelos; Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

#### **Resumen**

El objetivo central de este artículo es describir y analizar la trayectoria y las características de las patentes de las baterías automotrices de los autos híbridos, desde 1998 hasta el 2013, así como plantear cuáles firmas son líderes en su fabricación. De igual forma, el trabajo se enfoca en indagar sobre cuáles son las tecnologías emergentes que están surgiendo en esta industria y cuáles de éstas se están consolidando. Algunas de las preguntas que se derivan del objetivo fundamental de este documento de acuerdo a su nivel de importancia son: ¿Cuál es la evolución que han seguido las patentes de las baterías automotrices en los últimos 15 años y qué periodos pueden ser identificados durante dicha trayectoria? ¿Cuáles son los principales tipos de componentes activos para baterías que hoy se están explorando a partir de las patentes registradas? y ¿Cuáles son las empresas líderes en el patentamiento de componentes activos para baterías automotrices?

*Palabras clave:* autos híbridos- eléctricos, exploración, explotación, innovación, tecnologías emergentes.

#### **Abstract**

The main objective of this article is to describe and analyze the trajectory and characteristics of patents from automotive batteries for hybrid cars, from 1998 to 2013 and mention which companies are leaders in their manufacture. Similarly, the paper focuses on knowing what technologies are emerging and strengthening in this industry. Some of the questions that derive from the main objective of this paper, according to their level of importance are as follows: What is the evolution that the patents from automotive batteries have kept in the last 15 years? What periods can be identified during this trajectory? What are nowadays the main types of active components for batteries that are being explored? And, what are the leading companies in the patenting of active components for automotive batteries?

*Keywords:* Hybrid-electric cars, exploration, exploitation, innovation, emerging technologies.

## **INTRODUCCIÓN**

Durante los últimos años, cada vez es más común observar que las empresas automotrices ofertan, además de vehículos eléctricos, más autos híbridos al mercado; tales son los casos siguientes: el *Jetta* híbrido y el *SVU Tuareg* de la Volkswagen, el *Civic* y el *Acura* de Honda, el *Prius* de Toyota y el *Fusion* de Ford, entre otros casos.

Sin embargo, el principal obstáculo que han tenido que enfrentar estas empresas durante el proceso de innovación de este tipo de autos, está ligado con el desarrollo de las baterías. En efecto, algunos de los principales problemas que hoy obstaculizan la estandarización y difusión de las baterías de los autos híbridos están rela-

<sup>1</sup> Doctor en Estudios Organizacionales por la UAM Iztapalapa. Profesor e investigador del Instituto Profesional de la Región Oriente de la UAEM. Líneas de investigación: innovación y desarrollo regional. Correo electrónico: agg67@hotmail.com.

<sup>2</sup> Doctor en Ciencias Económicas por la UAM Xochimilco. Post-doctorante en la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Cedes-Facultad de Economía. Líneas de investigación: innovación, redes, indicadores de medición. Correo electrónico: jr2405@gmail.com.

cionados con: la reducción de los costos, evitar su incendio, la disminución de su tamaño, ampliar la capacidad de almacenaje de la energía, las formas de facilitar su recarga, entre otros retos (Formoso, 2013).

Es decir, la estrategia y exploración de mejoras tecnológicas para producir autos híbridos, aunque también eléctricos, está enfocada en gran parte en el desarrollo de las baterías. El incremento en los precios del petróleo y las presiones institucionales para cuidar el ambiente han conducido a diseñar autos híbridos, eléctricos y basados en *full cell*, en los cuales la batería es uno de los componentes centrales (Álvarez, 2012; Lara, *et al.*, 2014).

En este contexto, es importante describir y analizar cuál es la trayectoria que han seguido las baterías automotrices. Las patentes también nos permiten conocer la evolución de la capacidad inventiva que tienen las empresas de este sector en la producción de baterías destinadas a autos híbridos y eléctricos (Lara, Reyes y García, 2011).

El objetivo central de este artículo es describir y analizar la trayectoria y las características de las patentes de las baterías automotrices de los autos híbridos, desde 1998 hasta 2013, así como plantear qué empresas son líderes en su fabricación. De igual forma, el trabajo se enfoca en indagar sobre cuáles son las tecnologías emergentes que están surgiendo en esta industria y cuáles de éstas se están consolidando. Algunas de las preguntas que se derivan del objetivo fundamental de este documento son las siguientes, de acuerdo con su nivel de importancia: ¿Cuál es la evolución que han seguido las patentes de las baterías automotrices en los últimos quince años y qué periodos pueden ser identificados durante dicha trayectoria? ¿Cuáles son los principales tipos de componentes activos para baterías que hoy se están explorando a partir de las patentes registradas? ¿Cuáles son las empresas líderes en el patentamiento de componentes activos para baterías automotrices?

Las secciones que integran este trabajo son las siguientes:

En la primera parte se distinguen las características de las innovaciones emergentes de las que logran consolidarse en el mercado; asimismo, se describen las estrategias que han seguido las empresas para incrementar o mantener sus beneficios.

La segunda parte está dedicada a describir la heurística del aprendizaje tecnológico y a destacar el papel que

desempeñan la exploración y la explotación en dicho proceso.

La tercera parte alude a las ventajas y las desventajas que tienen las patentes como un indicador de la evolución del cambio tecnológico. La cuarta parte se centra en la importancia y variedad de los autos híbridos, pero también en el tipo de baterías que se han desarrollado.

La última parte, describe y analiza de qué manera han evolucionado las patentes de los autos híbridos durante el periodo de 1976 a 2013.

Al final se presentan las conclusiones y la bibliografía.

### **TECNOLOGÍAS EMERGENTES Y EN CONSOLIDACIÓN: DEFINICIÓN, CARACTERÍSTICAS Y MECANISMOS DE APROPIACIÓN**

Cimoli y Dosi (1994) y Freeman, Clark y Soete (1985) consideran a las “tecnologías” como un conjunto de conocimientos específicos, contenidos en procedimientos individuales y organizacionales y cuyo objetivo es solucionar problemas en actividades particulares.<sup>3</sup>

Según Ochoa, Valdés y Quevedo (2007: 4), de acuerdo con su difusión industrial, en una primera clasificación, las tecnologías se pueden clasificar en:

- a) *emergentes*: se encuentran en los primeros estadios de aplicación en la empresa y presentan un alto potencial de desarrollo y, al mismo tiempo, un elevado nivel de incertidumbre;
- b) *clave*: sustentan la posición competitiva y de liderazgo de la empresa que las utiliza;
- y c) *básicas*: son las tecnologías que en el pasado fueron clave, pero que actualmente se encuentran al alcance de cualquier empresa del sector industrial.<sup>4</sup>

De acuerdo con Day y Shoemaker (2001: 24), las tecnologías clave aluden a un conjunto de:

innovaciones científicas que pueden crear una nueva industria o transformar una existente. Incluyen

<sup>3</sup> Existen diversas definiciones respecto a lo que es “tecnología”. Por ejemplo, Freeman (1974) señala que este concepto se asocia con un conjunto de conocimientos y habilidades que se derivan de la experiencia práctica productiva y social, los cuales se transmiten a través del aprendizaje.

<sup>4</sup> Las mejoras tecnológicas se pueden dar en el diseño o calidad de los productos o en los procesos de su fabricación. También estas tecnologías se pueden clasificar en “incrementales” (efectos acumulativos que generan mejoras menores usando los medios disponibles) o “radicales” (modificaciones que impactan el desempeño económico y la competencia mediante la transformación de los medios de producción) (Vegara, 1989).

tecnologías discontinuas derivadas de innovaciones radicales (por ejemplo, la bioterapéutica, la fotografía digital, los superconductores a alta temperatura, los microrobots o los ordenadores portátiles), así como tecnologías más evolucionadas formadas a raíz de la convergencia de ramas de investigación antes separadas (por ejemplo, la resonancia magnética, el fax, las operaciones financieras electrónicas, la televisión de alta definición e internet).

Desde este punto de vista, las tecnologías *emergentes* (o en consolidación), una vez que logran penetrar en el mercado y se afianzan, se convierten en *clave* para aquellas firmas que logran el liderazgo industrial o el monopolio tecnológico del producto o proceso, siempre que se mantengan barreras a la entrada de los competidores, exista secreto industrial, se tenga acceso a infraestructura o tecnologías complementarias o existan patentes. Una vez que el producto se ha estandarizado o consolidado, cualquier firma puede acceder al uso de dicha tecnología.

En esta perspectiva, la evolución de las tecnologías atraviesa de “emergente” a “clave” (en consolidación) y, posteriormente, a “consolidada”.

A fin de entender con mayor amplitud las diferencias entre tecnologías emergentes y en consolidación se presenta el cuadro 1, donde se detallan las características correspondientes.

**Cuadro 1. Comparación entre las tecnologías emergentes y en consolidación**

Elementos a considerar	En consolidación	Emergentes
Tecnología <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ciencia básica y aplicaciones</li> <li>• Estructura o reglas</li> <li>• Funciones o beneficios</li> </ul>	Afianzada En evaluación En evaluación	Inciertas Emergentes Desconocidos
Infraestructura <ul style="list-style-type: none"> <li>• Valor de la red de proveedores y canales</li> <li>• Regulaciones/normas</li> </ul>	Afianzado Afianzados	En formación Emergentes
Mercado/clientes <ul style="list-style-type: none"> <li>• Uso de modelos/conducta</li> <li>• Conocimiento del mercado</li> </ul>	Bien definidos Exhaustivos	En formación Especulativo
Industria <ul style="list-style-type: none"> <li>• Estructura</li> <li>• Competidores</li> <li>• Reglas del juego</li> </ul>	Afianzada Bien conocidos Conocidos	Incipiente Nuevos jugadores Emergentes

Fuente: modificado a partir de Day y Shoemaker (2001: 27).

En las tecnologías en consolidación existe un margen de incertidumbre menor que en las emergentes, dado que en las primeras se encuentran afianzadas la ciencia básica y sus aplicaciones, la cadena de valor de los proveedores, las regulaciones y la estructura industrial; mientras que en las tecnologías emergentes estas características son muy ambiguas. Asimismo, en las tecnologías en consolidación, tanto el mercado, los competidores y las reglas del juego de la industria son conocidas o están definidas; en tanto estos aspectos están en formación o son incipientes para el caso de las tecnologías emergentes (cuadro 1).

Las características inherentes a las tecnologías emergentes generan que la incertidumbre sea alta, tanto en lo que se refiere a los resultados tecnológicos del producto o de los procesos, como a la comercialización y difusión del mismo. En este sentido, los tres retos que enfrentan las empresas que son impulsoras de tecnologías emergentes son: 1) que éstas sean líderes en un contexto de alta incertidumbre y complejidad; 2) la adaptación a cambios ambientales acelerados; y, 3) desarrollar nuevas competencias ligadas a la innovación (Day y Shoemaker, 2001).

Pero, ¿qué tipo de estrategias tienden a seguir las empresas que impulsan tecnologías emergentes a fin de tratar de asegurar sus beneficios y lograr su afianzamiento, en contextos en los que existen altos niveles de complejidad y de incertidumbre? De acuerdo con Winter (2001), hay cuatro estrategias empresariales para apropiarse de los beneficios y son las siguientes: 1) Tiempo de liderazgo. La presión por ser el primero en lograr que las nuevas tecnologías se comercialicen y lograr un posicionamiento en el mercado genera la posibilidad de fijar precios, crearse una reputación, acumular capacidades de aprendizaje, generar barreras a la entrada de nuevos competidores y determinar las reglas del juego, facilitándose de esta manera la captura de la mayor parte de los beneficios; 2) Control de bienes y servicios complementarios. Este abarca: el acceso a la distribución de los productos o procesos; el desarrollo de los servicios; establecer vínculos con los clientes; y la adquisición de insumos. Asegurar y llegar a dominar estas actividades también puede generar beneficios adicionales para las empresas que alientan tecnologías emergentes; 3) Secreto industrial. Se trata de una protección directa de las tecnologías sin recurrir al apoyo legal y manteniendo en estatus de confidencialidad de las mejoras que se

realizan en los productos o procesos. El objetivo es evitar que la información tecnológica valiosa se filtre hacia los competidores establecidos o potenciales; y, 4) Patentes y protección legal relacionada. Los inventos que una empresa va generando, en general, requieren del diseño o acceso a salvaguardas, a fin de evitar su imitación y de obtener un beneficio por liderazgo. Para ser protegidas, las invenciones deben satisfacer estándares ligados a la utilidad, novedad y no obviedad (Winter, 2001). Por lo tanto, las patentes son uno de los principales recursos estratégicos para las empresas porque protegen las invenciones que sirven de base a la innovación.

Antes de analizar por qué son importantes las patentes como indicador tecnológico, así como las ventajas y desventajas que ofrecen, en el siguiente apartado se describe y analiza la heurística que siguen las tecnologías para lograr su consolidación en el mercado, así como el papel que la exploración y la explotación tienen en este proceso.

### INNOVACIÓN, EXPLORACIÓN, EXPLOTACIÓN Y APRENDIZAJE

Las innovaciones son efecto de la acumulación, aplicación e interacción de los múltiples procesos sociales de aprendizaje que se incrustan en procesos y productos que son comercializados (Chaparro, 2003; Castellanos, Vessuri y Canino, 2010).

Asimismo, la innovación es un proceso en el que se conjugan la explotación y la exploración (Nootboom, 2000; Taboada y García, 2010; Lara, 2014). La primera es una estrategia de corto plazo que implica lograr la eficiencia manteniendo los estándares y las rutinas dominantes. Por su parte, la exploración es una estrategia de largo alcance que impulsa la novedad a partir de nuevos descubrimientos, en un contexto en donde existe incertidumbre y se aprende a través del ensayo y el error. Algunas de las diferencias entre estos dos procesos se resumen en el cuadro 2.

La transición de los procesos de explotación a los de exploración está mediada por procesos creativos que toman la forma de nuevos productos o procesos innovativos. Esta espiral de descubrimiento abarca múltiples actividades, tales como: “invención-generación de idea, desarrollo, comercialización, penetración de mercado, difusión, consolidación, y diferenciación, lo cual con-

duce al comienzo de una invención. Esto debería explicar cómo la explotación y la exploración se suceden y emergen una de la otra” (Nootboom y Stam, 2008: 8).

**Cuadro 2. Características de las actividades de exploración y explotación**

EXPLORACIÓN	EXPLOTACIÓN
Se asocia con el aprendizaje que transforma el espacio de posibles soluciones.	Se relaciona con el aprendizaje y la obtención de alguna ventaja en la disputa por la competencia de escasos recursos.
Sobrevivir a largo plazo.	Mantenerse a corto plazo.
Desarrollo de nuevas capacidades,	Uso de las capacidades existentes.
Implica: riesgo, variación, experimentación, juego, flexibilidad, descubrimiento e innovación.	Se asocia a: refinamiento, opción, producción, eficiencia, selección, implementación y ejecución.
Hay riesgos cuando los agentes sólo se comprometen con la exploración en detrimento de la explotación, las hipótesis pueden permanecer subdesarrolladas y resultar en beneficios bajos.	Hay riesgos cuando los agentes sólo se comprometen con la explotación en detrimento de la exploración; es probable que el agente quede atrapado en un equilibrio subóptimo.
Se asocia con la relación de nuevas prácticas, productos y procesos .	Se relaciona con la estandarización de prácticas, productos y procesos.
Incrementa la probabilidad de lograr niveles de desempeño por arriba o debajo de la tendencia de la trayectoria histórica.	Es probable que mantenga la línea de tendencia histórica.
Cuestiona lo establecido, puede implicar una pérdida de control y coordinación.	Requiere conservar la identidad, conocimiento y prácticas existentes con cierta cantidad de control y coordinación.

Fuente: modificada a partir de Lara (2014).

La heurística de los procesos de explotación hacia la exploración o descubrimiento de innovaciones está integrado por cinco etapas: consolidación, generalización, diferenciación, reciprocidad y acomodación (Gilsing y Nootboom; 2006). En la consolidación se crean innovaciones radicales que son la base de una exploración eficiente. En esta etapa, se genera un diseño dominante como resultado de la innovación que da respuesta a problemas sociales. Conforme el conocimiento se codifica y se acumula el aprendizaje, la innovación que surgió tratará de ser imitada y estandarizada; así, podrán crearse las condiciones organizacionales y productivas que permitan ejercer la explotación de manera eficiente. En la siguiente fase (generalización) se busca difundir las nuevas prácticas en contextos nuevos, es decir, se trata de usar las innovaciones para solucionar problemas

diferentes a los que originalmente éstas se enfocaron. Durante este periodo hay exploración, pero se mantiene la explotación. En la distinción se analizan las diversas prácticas que dan origen a la innovación incremental por adaptación a nuevas condiciones de demanda y de producción. La reciprocidad implica hacer uso del aprendizaje para aplicar el prototipo original a situaciones diferenciadas a fin de dar variedad a los contenidos. Finalmente, “acomodación” implica enfrentar las reglas de las estructuras establecidas que limitan los procesos de explotación y obstaculizan el surgimiento de nuevos diseños dominantes que podrán dar cauce a una nueva fase de consolidación (Nootboom, 2009; Taboada y García, 2010).

Por lo tanto, “innovación”, más que un producto, es concebida como un proceso, en donde la invención, el descubrimiento o la novedad (exploración) son la principal fuente de la innovación (explotación) (Nootboom y Stam 2008; y Nootboom 2009). Es decir, la innovación es producto de nuevas ideas que dan lugar a un producto o proceso novedoso que socialmente es útil o da solución a un problema. Muchos de estos procesos creativos o novedosos, que surgen durante el proceso de exploración, se plasman inicialmente en secretos industriales o en patentes.

### **LAS PATENTES COMO UN INDICADOR DE CAMBIO TECNOLÓGICO: VENTAJAS Y DESVENTAJAS**

La apropiación de rentas o beneficios tecnológicos que derivan de la innovación se han convertido en el principal incentivo para que las empresas inviertan en investigación y desarrollo (Chaparro, 2001). La protección legal de los inventos tiene importancia económica para las firmas, sobre todo cuando la empresa que está difundiendo una tecnología emergente ha sido la primera en entrar al mercado (Winter, 2001). Las patentes representan el poder estratégico de negociación de las empresas que compiten en el mercado, no sólo cuando las tecnologías emergen, sino hasta que estas se consolidan. Las patentes (en tanto expresión de conocimientos adquiridos) influyen en la trayectoria de las innovaciones que, si bien se han logrado consolidar en el mercado, necesitan modificarse para solucionar problemas o crear mercados nuevos que requieren el surgimiento de innovaciones

emergentes (Cimoli y Primi, 2008; y Nootboom, 2000).

Una de las formas a través de las cuales se le puede dar seguimiento al desempeño de las tecnologías emergentes o en consolidación, es a partir de su trayectoria tecnológica (Hilmola, Helo y Kekäle, 2003). Una patente puede representar la invención que se hace respecto a un proceso, diseño o producto.<sup>5</sup>

Las patentes generalmente reflejan algunos de los inventos que realizan las empresas, dado que no todos los inventos se convierten en innovación. Sin embargo, las patentes se han utilizado para: cuantificar el desempeño tecnológico de los países, evaluar el cambio tecnológico a nivel sectorial, y para valorar los esfuerzos tecnológicos de las instituciones (Souitaris, 2002; Calderón, 2013; Danguy, 2014). Las patentes son entonces una aproximación de la actividad inventiva y de la innovación.

Entre las ventajas que ofrece la información contenida en una patente se encuentran las siguientes: son un indicador de la capacidad inventiva de las empresas; brindan datos de casi todas las actividades industriales; facilitan identificar a las personas o empresas que promueven inventos; favorecen el seguimiento histórico y evolutivo de productos o procesos; son un mecanismo de incentivo *ex ante* que da derechos exclusivos de uso a su inventor; y difunden y facilitan tener acceso a conocimientos codificados una vez que la patente vence (Lara, García y Rivera, 2006; Encaoua, Guellec y Martínez, 2006).<sup>6</sup>

No menos importante resulta la consideración de las patentes en tanto activos líquidos, es decir, como recursos que se intercambian entre empresas; aunque a veces la organización que recibe la patente puede carecer de las capacidades y de la infraestructura para aprovecharla y aplicar los conocimientos que de esta se derivan (Ci-

<sup>5</sup> Existe una amplia diferencia entre un “invento” y una “innovación”: “Un invento es una idea, un esbozo o un modelo para un dispositivo, producto, procesos o sistema nuevo o perfeccionado. Estos inventos pueden estar a menudo (no siempre) patentados, pero no conducen necesariamente a innovaciones técnicas. De hecho, la mayoría de ellos no lo hacen. En este sentido, una innovación sólo tiene lugar cuando se produce la primera transacción comercial en la que interviene este nuevo producto, proceso, sistema o dispositivo” (Freeman 1974: 26).

<sup>6</sup> De igual forma, en las patentes es posible encontrar información sobre máquinas, productos fabricados, procesos, sustancias químicas y las mejoras que se derivan de estos (Winter, 2001). Asimismo, de acuerdo con Diessler (2010), generalmente la información tecnológica que se encuentra en las patentes se caracteriza por ser: pertinente y novedosa, exclusiva, clara y reciente. Además, su recuperación facilita que ésta puede ser clasificada y estructurada. Finalmente, respecto a su disponibilidad: la información es pública, accesible y gratuita.

moli y Primi, 2008).<sup>7</sup>

No obstante, hay que reconocer que la patente en tanto indicador de la capacidad inventiva de un país o de una empresa también tiene límites como los siguientes: no todas las invenciones se patentan ya que algunas se conservan como secretos industriales; existen diferencias legislativas en el proceso de patentamiento, lo que puede limitar los análisis comparativos a nivel internacional; la propensión a patentar varía de una industria a otra y de un país a otro; las patentes generan costos sociales en tanto rentas monopólicas y barreras para acceder a nuevos conocimientos; y no todos los inventos que se desean patentar son aceptados por el gobierno (Herruzo y Rivas, 2000; Lara, García y Rivera, 2006; y Encaoua, Guellec y Martínez, 2006).<sup>8</sup>

A continuación, antes de describir la trayectoria que han seguido las baterías de los autos a partir de las patentes, se mencionan algunos aspectos ligados a la transición hacia las baterías de los autos híbridos y eléctricos.

## LA TRANSICIÓN HACIA AUTOS HÍBRIDOS Y LAS BATERÍAS DE LITIO

La convergencia tecnológica entre los sectores electrónicos y el automotriz ha favorecido el incremento de la variedad de vehículos. En 1997, 27 empresas diseñaron seis tipos de autos ligeros que se apoyan en distintas fuentes alternas de energía: metanol (34 versiones), etanol (10 versiones), gas natural (25 versiones), LPG (14 versiones), hidrógeno (8 versiones) y eléctricos (93 versiones de autos) (Lara, 2000). La convergencia tecnológica entre las ramas automotriz, la de los plásticos, la química y la eléctrica-electrónica han dado lugar a autos cada vez más complejos que exigen una mayor interacción entre las partes que lo componen. Asimismo, esta convergencia ha facilitado la transición de autos cuya

base de energía es la gasolina o el diesel hacia autos más complejos tales como los eléctricos o híbridos (Lara, 2000; y Lara, Reyes y García, 2011).

Los vehículos híbridos que existen en la actualidad se han creado en torno a diferentes diseños arquitectónicos y son en general tres: los vehículos eléctricos (VE), los cuales poseen un solo motor eléctrico; los vehículos híbridos eléctricos (VHE) que utilizan tanto un motor de combustión interna y uno eléctrico; los vehículos híbridos eléctricos de tipo "Plug in" (VHPE). Este último también utiliza los dos motores que los VHE, pero se pueden enchufar a una fuente de energía para cargar las baterías (Urbina, 2010).

La manufactura de autos híbridos requiere contar con capacidades en el diseño de sistemas eléctrico-electrónicos, particularmente en el diseño y desarrollo de sistemas de acumulación de energía. La evolución de las baterías avanzadas, en tanto principal fuente de energía, es hoy uno de los elementos que limita y guía la trayectoria tecnológica de los vehículos híbridos en la industria automotriz (Lara, 2000).

Cabe mencionar que el primer auto híbrido (denominado *Prius*) fue lanzado al mercado por Toyota en 1997 y, posteriormente, Honda lanzó en 1999 su propio modelo (*Insight*). A partir de ese lapso, no solamente Toyota y Honda comenzaron a diseñar nuevos modelos de autos híbridos para el mercado, sino que también sus principales competidores (Nissan, Hyundai Motors, Ford, General Motors, Daimler Chrysler, Volkswagen y BMW) hicieron sus propios esfuerzos por sacar sus modelos de energías alternativas. No obstante la competencia, la empresa Toyota sigue siendo líder en el mercado mundial:<sup>9</sup> produjo 22 vehículos híbridos que se venden en 80 países, registró 1 mil 261 patentes solamente de la tercera generación del *Prius*, disminuyó los costos de los sistemas híbridos combinados en dos tercios, redujo el consumo de combustible en 25% y disminuyó las emisiones de bióxido de carbono de 114 g/km a tan solo 89 g/km para el caso de este modelo.<sup>10</sup>

<sup>7</sup> Finalmente, las patentes son un recurso fundamental, en tanto los beneficios que se obtienen no solamente derivan del monopolio temporal que se tenga de los conocimientos, sino también de las rentas futuras y del poder de negociación que provienen de la acumulación del aprendizaje que las empresas adquieren sobre la producción de bienes o servicios que son estratégicos en el mercado a largo plazo (Cimoli y Primi, 2008).

<sup>8</sup> Asimismo, si bien las patentes se encuentran clasificadas, éstas tienen un valor diferenciado; debido a que su importancia tecnológica y de mercado no es igual aún entre patentes de una misma clase; no todo el conocimiento que se acumula como resultado de un invento se puede codificar y expresarse por lo tanto en una patente; las patentes pueden pertenecer a más de una clase o subclase técnica, y esto puede generar una doble contabilización (Griliches, 1990).

<sup>9</sup> "Híbridos Toyota: una historia de éxitos". Página Web: <http://blog.toyotacarnarias.es/hibridos-toyota-historia-de-exito/> Consultada el 14 de junio del 2014.

<sup>10</sup> Esta posición de liderazgo aún se mantiene a nivel mundial, al respecto se dice que: "El nuevo récord de ventas de autos híbridos reafirma el posicionamiento de Toyota en el mercado a nivel mundial, y revela el impacto que ha tenido en los consumidores. Toyota, la marca líder en el mercado internacional, superó la cifra de ventas de 5 millones de autos híbridos en todo el mundo desde el lanzamiento del Toyota Prius en 1997. El fabricante japonés se convierte en la empresa de autos con mayor penetración en el mercado de los autos eficientes de bajas emisiones. En la actualidad, Toyota Motor Corporation cuenta con 20 modelos híbridos" (Castañeda, 2013).

Por otra parte, hay una multitud de opciones de baterías que hoy se pueden instalar en los vehículos, las cuales varían en función de su principal componente, la cantidad de energía generada, el ciclo de vida y la capacidad de autodescarga. Hay por lo menos siete tipos diferentes de baterías, las cuales varían en función de su principal componente: plomo, níquel, hierro, zinc, vanadio, sodio y litio, pero también han surgido diversas combinaciones (níquel con zinc, hierro, cadmio y metal hidruro, por ejemplo) (Burke y Jungers, 2007). Sin embargo, aún hay problemas con el desempeño esperado, las tecnologías y componentes específicos del vehículo, las configuraciones del sistema de transmisión (serial, paralelo, 2mode, TH 11), y los ciclos de manejo.

Varios son los criterios que se han considerado para seleccionar el buen desempeño de las baterías, entre ellos se pueden citar los siguientes: la energía específica contenida, esto es, la cantidad de watts-hora de electricidad que la batería almacena por kilómetro de masa dado un índice de descarga; la potencia específica, es decir, la cantidad de watts por kilogramo que la batería ofrece dado un estado de carga previamente definido; y el ciclo de vida, éste se asocia a la cantidad de veces que puede ser recargada la batería. Otros aspectos a considerar en las baterías son el peso, el precio y los años de vida (Burke y Jungers, 2007). Estos son algunos de los factores que contribuyen a que, en el mediano plazo, las ventas de los vehículos a gasolina y diesel sigan predominando en el mercado y que por lo tanto la demanda por baterías de nueva generación no se haya disparado.

Sin embargo, hay fuerzas que están presionando hacia el desarrollo de las baterías no tradicionales como las basadas en litio, y que tienden a demandar, por lo tanto, autos híbridos o eléctricos: el incremento en los precios de los hidrocarburos, la mejora tecnológica, las regulaciones ambientales, la elasticidad de la demanda de los consumidores, los descuentos ofrecidos en la compra de este tipo de vehículos, entre otros elementos (Kromer, 2006; Álvarez, 2012).<sup>11</sup>

Respecto al costo, se señala que las baterías de níquel-metal hidruro cuestan entre los 700 y 800 dólares/kilowatts por hora, pero se ha proyectado que la pro-

ducción en masa (cientos de miles de estos productos por año) de las baterías más avanzadas de litio-ion valdrán entre los 300 y 500 dólares/kilowatts por hora. Este precio sigue siendo muy elevado si se compara con los costos de las baterías de plomo-acido que se usan en los autos eléctricos, de alrededor de 100 dólares/kilowatts por hora (Burke y Jungers, 2007).

Estudios más recientes mencionan que, a mediano plazo, el precio de las baterías de litio se reducirá de manera importante: “Actualmente, producir un kWh con una batería de Ion Litio cuesta entre US\$500 y US\$600 cifras que, según un estudio de la consultora internacional McKinsey & Co., caerán a US\$200 para el 2020 y a US\$160, para el 2025. Es decir una reducción en el precio de un 70% en la próxima década, lo que podría transformar de manera importante el contaminante mercado automotriz” (Bade, 2012).<sup>12</sup>

Respecto a la trayectoria de las baterías, Morel y Alée (2012) señalan que la búsqueda de mejoras en ánodo, electrolito y cátodo han permitido su transición por cuatro generaciones. La primera de ellas corresponde a la de plomo-ácido, y la última a la de litio-aire.<sup>13</sup> Aunque, según los autores antes citados, las baterías cuyos componentes son el azufre y zinc-aire son las nuevas tecnologías que hoy están emergiendo o que se encuentran en la fase de desarrollo.<sup>14</sup>

Actualmente, si bien es cierto existe una importan-

<sup>12</sup> La reducción del precio de las baterías de litio dependerá de tres elementos: la eficiencia en los sistemas de producción, la reducción en el precio de sus componentes, el desarrollo tecnológico en cátodos, ánodos y electrolitos. Particularmente se le está apostando a los ánodos de silicón, los cuales podrían aumentar en 30% la capacidad de las baterías actuales, algunas de las cuales usan ánodos de grafito (Bade, 2012).

<sup>13</sup> Al respecto se señala: “Existen cuatro generaciones de baterías donde actualmente las baterías de la segunda generación dominan el mercado, y existen una serie de proyectos asociados a la tercera y cuarta generación. Cuando los materiales provienen de óxidos metálicos se habla de baterías de segunda generación, incluyendo todas sus variantes; las de tercera generación corresponden a las derivadas de los azufres, y la cuarta generación a las baterías de litio-aire” (Morel y Alée, 2012: 16-17).

<sup>14</sup> En relación con las baterías de litio-azufre (Li-S) aún se hacen investigaciones en el laboratorio y si bien son una opción adecuada para los autos, aún hay algunos obstáculos que limitan su uso, como a continuación se comenta: “Los investigadores del Laboratorio Nacional Lawrence Berkeley de la Energía (Berkeley Lab) EE.UU. han demostrado en el laboratorio de una batería de litio-azufre (Li / S) que tiene más del doble de la energía específica de las baterías de iones de litio, y que tiene una duración de más de 1500 ciclos de carga-descarga con caries mínimo de capacidad de la batería. Se trata de un ciclo de vida más largo reportado hasta el momento por cualquier batería de litio-azufre [...] Las baterías de Li / S sería más baratas que las actuales baterías de ion-litio, y serían menos propensas a los problemas de seguridad que han afectado a las baterías de Li-ion, como el sobrecalentamiento y la captura de fuego [...] El desarrollo de la batería de litio-azufre también tiene sus desafíos. Durante la descarga poli-sulfuros de litio tienden a disolverse desde el cátodo en los electrolitos y reaccionar con el ánodo de litio formando una capa de barrera de Li<sub>2</sub>S. Esta degradación química es una de las razones por qué la capacidad de la célula comienza a desaparecer después de unos pocos ciclos” (Gonçalves, 2013).

<sup>11</sup> En lo que a las baterías que usan este tipo de vehículos, se ha encontrado que: aún existen problemas asociados al recorrido de las distancias, siguen siendo cortas; la duración de la recarga y la falta de infraestructura que para ello se requiere; la estandarización de los componentes y la tecnología utilizada se ha estandarizado; y el peso, el corto ciclo de la batería y su costo (Fuster y Valencia, s/f).

cia creciente de las baterías de litio para autos híbridos y eléctricos, se sigue presenciando una diversidad de propuestas tecnológicas alternativas al motor de combustión interna. Esta diversidad de propuestas puede deberse en principio a dos factores: por un lado, las estrategias corporativas de las empresas armadoras de autos y, por otro lado, a la política económica de cada país. Al respecto, Freyssenet (2011), plantea que en lo que respecta a propuestas de automóviles alternativos se puede observar cinco grandes estrategias por parte de las firmas: a) Fiat y Volvo privilegiaban la introducción del uso de motores que usan gas natural y agrocombustibles respectivamente; b) Toyota, Honda, Mazda, Hyundai y Porsche se han centrado en transformar sus modelos estándar a modelos híbridos y eléctricos; c) Ford, VW, BMW y Daimler se han orientado en ofrecer motores con tecnología más limpias no importando cuáles sean; d) GM, Mitsubishi, han dado preferencia ya sea a híbridos y eléctricos; e) por último, Renault, Nissan, Chrysler y un sinnúmero de “star-ups” se ha enfocado en los vehículos eléctricos. Lo anterior otorga un panorama de la dimensión de las diferentes apuestas y de la aún diversidad presente en los automotores.

Para el caso de la política económica, expresada en subsidios en investigación y desarrollo e incentivos fiscales, cada país presenta una política diferenciada no necesariamente clara. Por ejemplo países como Brasil, Rusia e Italia se han orientado por políticas alejadas de los híbridos y eléctricos; y Francia, Gran Bretaña, China, Estados Unidos, Canadá, Israel, etc. se han enfocado en tecnologías de autos híbridos-eléctricos. Por último, Japón y Alemania han considerado la dimensión de disminuir el consumo de hidrocarburos contaminantes (Freyssenet, 2011).

En este sentido, el auge y mantenimiento de las baterías de litio en el mercado depende de varios factores: los avances y competencia de las baterías existentes frente a las alternas, la estrategia de cada corporativo supeditado a las fuerzas de la exploración de nuevas ventajas y explotación de las tecnologías existentes, las políticas y regulaciones estatales de cada país, y no solamente del precio de los hidrocarburos.

A fin de continuar con el análisis de la diversidad de baterías automotrices que han surgido, en el siguiente apartado se analiza la trayectoria de las baterías automotrices a partir de las patentes registradas.

## LA EVOLUCIÓN DE LAS PATENTES EN LAS BATERÍAS AUTOMOTRICES 1998-2013

Una batería automotriz es un sistema electroquímico que tiene la capacidad de transformar energía eléctrica en química para cargar y de cambiar de energía eléctrica a electroquímica cuando se requiere descargar (Urbina, 2010). Los principales componentes que hoy se consideran en las baterías de litio son: el cátodo, el ánodo, el electrolito y el electrodo. La función de cada uno de estos componentes se describen en el cuadro 3.

**Cuadro 3. Principales componentes de las baterías de litio para autos**

Ánodo	Electrodo que opera a bajo voltaje. Los iones de litio dejan el ánodo cuando la batería se descarga y entran al ánodo cuando la batería se carga.
Cátodo	Electrodo que opera a altos niveles de voltaje. Los iones de litio entran en el cátodo cuando la batería se descarga y lo dejan cuando se carga.
Electrodo	Material sólido dentro del cual los iones de litio y los electrones reaccionan, generan o consumen la electricidad. Las baterías poseen dos electrodos: el ánodo y el cátodo.
Electrolito	Líquido que llena el espacio entre los electrodos y que permite transportar los iones de litio.

Fuente: elaborado a partir de Amirault *et al.* (2009: 3).

Los componentes activos o químicos que pueden contener los electrodos de las baterías para generar corriente eléctrica pueden variar, y entre ellos se pueden citar los siguientes: litio, vanadio, zinc, hierro, etc. Por lo anterior, es importante conocer de qué manera ha evolucionado el material activo de las baterías, una de las formas como se puede dar este seguimiento es mediante el registro de las patentes.

El periodo de estudio de las patentes de baterías que se describen y analizan fundamentalmente abarca de 1998 a 2013, aunque con fines históricos y comparativos se tienen datos desde 1847 como se verá más adelante. La *clasificación de patentes* de los Estados Unidos (CCL) es la que se considera en esta propuesta. Nos enfocamos específicamente en **24 subclases** (cuadro 4). Estas subclases hacen referencia a mejoras en diversos materiales activos,<sup>15</sup>

<sup>15</sup> El material activo que está contenido en el electrolito y los electrodos de la batería es “el elemento, compuesto químico, o composición los cuales reaccionan químicamente para producir una transferencia de electrones a través de un circuito externo” (USPTO).



estos pueden ser usados en el electrodo de un dispositivo generador de corriente eléctrica.<sup>16</sup> Se consideraron 7 mil 726 patentes que pertenecen a las 24 subclases.<sup>17</sup> Estas subclases se describen y clasifican en el cuadro 4. La columna inicial corresponde al número de la subclase de la *clasificación de patentes* de los Estados Unidos (CCL), según registros de la Oficina de Marcas y Patentes de los Estados Unidos (USPTO por sus siglas en inglés).

**Cuadro 4. Subclases que pertenecen a los materiales activos de electrodos inorgánicos**

Subclase	Material	Subclase	Material
218.2	Hidrógeno	219	Plata
220	Cobre	221	Hierro
222	Cadmio	223	Níquel
224	Manganeso	225	Plomo
226	Aleaciones	227	Sulfato de metal o carbonato
228	Óxido de plomo	229	Zinc
230	Mercurio	231	Óxido de zinc
231.1	Calcogenuro	231.2	Carbono
231.3	Calcogenuro-Cobalto.	231.4	Grafito
231.5	Vanadio, Cromo, Titanio, etc.	231.6	Magnesio
231.7	Carbón halogenado	231.8	Carbón
231.9	Litio	231.95	Metal alcalino: litio

Fuente: USPTO. Página web: [www.uspto.gov](http://www.uspto.gov). Consultada entre febrero y abril del 2014.

De acuerdo con los datos obtenidos en la USPTO, históricamente el patentamiento sobre baterías ha atravesado por tres grandes periodos (cuadro 5): 1) el primero abarca de 1847 hasta 1880, lapso en el que las baterías de ácido-plomo emergieron y se consolidaron en diversas aplicaciones, entre ellas como base para impulsar los primeros automóviles;<sup>18</sup> 2) el segundo va de 1948 a 1988,

<sup>16</sup> Nos centramos en el material activo que se localiza en la estructura del electrodo, no se considera el material activo del electrolito.

<sup>17</sup> Las patentes pueden estar asociadas a una o varias subclases, cuestión que ocurre en algunas de las 7 mil 721 patentes estudiadas.

<sup>18</sup> Los orígenes de la batería de ácido-plomo se remontan a 1800 cuando la batería eléctrica o pila voltaica fue descubierta por Alessandro Volta. Después de diversas investigaciones, en 1858, Gastón Planté presentó en Francia la primera batería de ácido-plomo utilizada para acumular energía. Sin embargo, fue hasta el siglo siguiente cuando el uso de este tipo de baterías se empezó a difundir en los autos: "A principios del siglo XX, la batería de plomo ácido ya era un producto ampliamente utilizado en muchas aplicaciones, desde tracción hasta iluminación y telefonía. Pero fue su incorporación como elemento indispensable para el arranque de automóviles lo que llevó al crecimiento notable de la industria de fabricación de baterías". "Baterías de plomo-ácido-evolución histórica", Página Web: <http://ayudaelectronica.com/baterias-de-plomo-acido-evolucion-historica/>. Consultada el 15 de mayo del 2014.

etapa que corresponde a la postguerra; en este periodo la producción en masa de los vehículos se logró sobre la base de la producción fordista-taylorista; las baterías de plomo-ácido eran la principal fuente de energía automotriz; 3) de 1989 a 2013, lapso que se caracteriza por la crisis de la industria automotriz, el acrecentamiento de la incertidumbre económico-financiera y la necesidad de las empresas se innovar para recuperar la competitividad a partir de utilizar fuentes de energía alternas a las basadas en plomo-ácido (por ejemplo, zinc, níquel, sodio, vanadio, etc.). Esta etapa corresponde a la emergencia tecnológica y la transición hacia la consolidación tecnológica de las baterías para autos eléctricos e híbridos.

Como se puede observar en el cuadro 5, desde 1847 y hasta 2013 se acumularon 7 mil 726 patentes asociadas a las baterías, sin embargo el lapso de crecimiento anual más importante se registró en la tercera etapa. En efecto, entre 1989 y el 2013, la tasa media de crecimiento anual de patentes fue de 8.4%, mientras fue menor en los dos periodos anteriores: 6.3 por ciento entre 1948 y el 2013 y 1.3 por ciento entre 1847 y 1947.

**Cuadro 5. Periodización de la actividad inventiva de las baterías: 1847-2013**

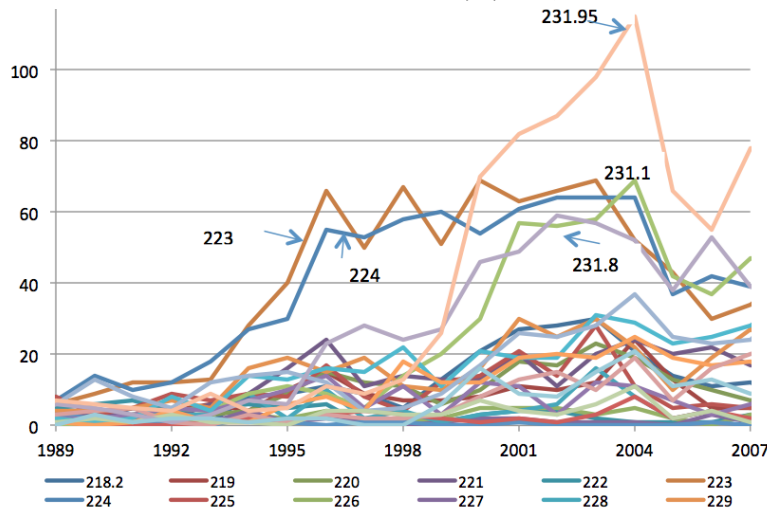
Periodo / Etapas	Años	TCAP	Núm. de patentes
Periodo 1	1847-1947	1.3	1 mil 040
Periodo 2	1948-1988	6.3	1 mil 852
Periodo 3	1989-2013	8.4	4 mil 834
Total	1847-2013	4.1	7 mil 726

Nota: TCAP significa tasa de crecimiento anual promedio

Fuente: elaboración propia con datos de USPTO.

Por otro lado, en las gráficas 1 y 2 se describe la tendencia que siguen las patentes por subclase de material activo desde 1989 hasta 2013, por que, como vimos en el cuadro 5 en este lapso la tasa de crecimiento promedio anual del patentamiento de las baterías fue el más elevado. A fin de observar con más claridad el comportamiento de las patentes esta etapa se subdividió en dos lapsos: el que va de 1989 a 2007 y el que comprende de 2008 a 2013.

**Gráfica 1. Evolución de las patentes por subclase de material activo 1989-2007**



Fuente: elaboración propia con datos de USPTO, página web: [www.uspto.gov](http://www.uspto.gov)

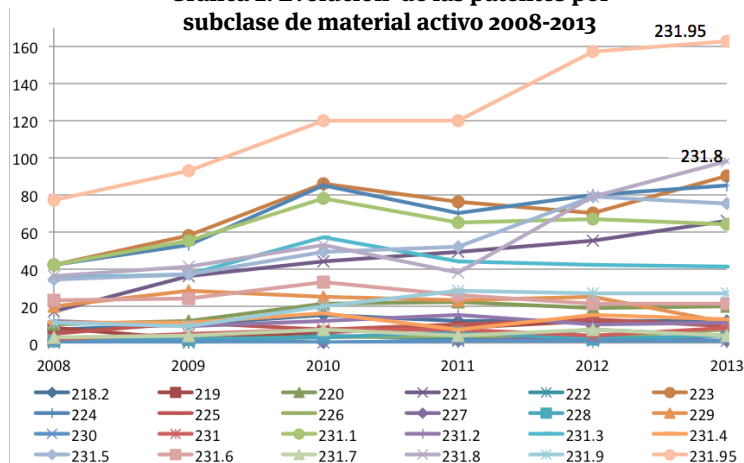
En el primer periodo, se observa un crecimiento de dos subclases o dos tipos de baterías níquel y manganeso; el número de patentes pasó de 2 (en el caso de los dos componentes) en 1989, y en 1996 se incrementó a 66 y 55, respectivamente. Cabe resaltar que dichos materiales aquellos que integran las baterías para aplicaciones como dispositivos electrónicos portables, desde reproductores de música hasta de telefonía celular.

En cambio, durante la etapa 1989-2007, se aprecia en los incrementos registrados en el número de las invenciones registradas como patentes para el caso de las baterías de litio (clase 231.95); el número de patentes cambio de 13 en 1998 a 70 en 2000 y, posteriormente, llegó hasta 115 en 2004. El litio desplazó en gran parte de las aplicaciones portables al níquel y manganeso, y

compite por ser (junto con el níquel) el material activo de las baterías para los autos híbridos y eléctricos.

Por otro lado, el periodo 2008-2013 se ilustra en la gráfica 3. En este caso se observa una marcada diferencia de la actividad inventiva entre las baterías de litio y el resto de los componentes, aunque el crecimiento es más o menos generalizado. Las patentes de litio pasaron de 78 en 2008 a 163 en 2013, un número nunca antes visto en la historia de patentamiento de estas subclases. En este lapso, un nuevo material toma fuerza: el carbono registró 98 patentes (subclase 231.8), éste superó al patentamiento de las baterías de níquel y del manganeso (90 y 85 respectivamente). Es importante recordar que la combinación de estos materiales conforma la estructura de una batería y que el carbono forma parte de la

**Gráfica 2. Evolución de las patentes por subclase de material activo 2008-2013**

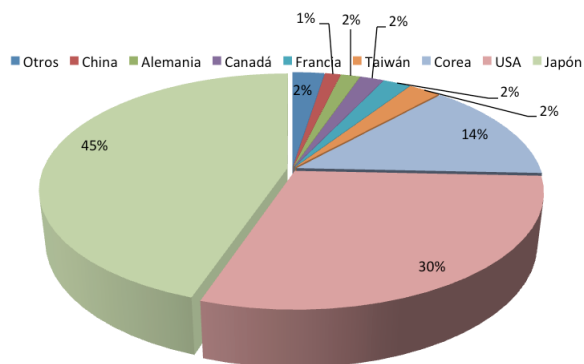


Fuente: elaboración propia con datos de USPTO, página web: [www.uspto.gov](http://www.uspto.gov)

estructura de las baterías de litio. Esta última etapa, la de 2008-2013, podría marcar la ruptura y consolidación del litio como el material activo en varias aplicaciones y otras nuevas, sin dejar de lado los posibles nichos de los materiales como níquel y manganeso que han tomado. Por ejemplo, el *Prius*, el auto más estable y confiable en el mercado de esta generación de híbridos, ocupa aún baterías de níquel-metal-hidruro. En cambio, otras compañías, como Tesla, se han direccionado a la fabricación de eléctricos basados en ion-litio.

La gráfica 3 nos permite ver cuáles son los países que más han patentado durante 2008-2013. Como se puede observar, por su nivel de importancia respecto al total registrado, destacan las siguientes naciones: Japón, Estados Unidos y Corea, cuyos porcentajes son 45, 30 y 14 respectivamente. La competencia fuerte se da sobre todo entre Estados Unidos y Japón. Sin embargo, si bien el primero ha hecho grandes esfuerzos por invertir en investigación y desarrollo para mejorar las baterías y ha apoyado a Ford, General Motors y Chrysler (proyecto USABC), son las empresas japonesas quienes detentan los principales insumos que se requieren para fabricar las baterías (Lara, Reyes y García, 2011).

**Gráfica 3. Nacionalidad de las empresas que patentaron sobre algún componente activo para batería (2008-2013)**



Fuente: elaboración propia con datos de USPTO, página web: [www.uspto.gov](http://www.uspto.gov)

En cambio, en el cuadro 6 se presentan las empresas que más patentes registraron en lo que se refiere a la subclase material activo litio entre 2008 y 2013. De las 730 patentes registradas en ese lapso, solo 6.57% fue-

ron de origen americano: Gillette, 2.6%; 3M, 2.05%; y Medtronic, 1.92%; de las compañías asiáticas, el mayor porcentaje de las patentes registradas están en manos de Corea y Japón; Samsung (11.64%) y Panasonic (10.41%). Cabe destacar que si sumamos el número total de patentes que registraron solamente las empresas japonesas se tienen 192, es decir, 26% del total registrado durante el periodo analizado.

**Cuadro 6. Empresas con mayor número de patentes en la subclase de litio: 2008-2013**

Empresa	Patentes	Porcentaje	Nacionalidad
Samgung	85	11.64	Coreana
Panasonic	76	10.41	Japonesa
LG	36	4.93	Coreana
Sanyo	35	4.79	Japonesa
Toshiba	33	4.52	Japonesa
Sony	31	4.25	Japonesa
Gillette	19	2.60	Estadounidense
Toyota	17	2.33	Japonesa
3M	15	2.05	Estadounidense
Medtronic	14	1.92	Estadounidense
Subtotal principales empresas	361	49.45	
<b>Total de patentes</b>	<b>730</b>	<b>100.00</b>	

Fuente: elaboración propia con datos de USPTO, página web: [www.uspto.gov](http://www.uspto.gov)

A fin de hacer un análisis comparativo respecto al litio, veamos que sucede respecto al total de empresas y su nacionalidad para el caso de las patentes relacionadas con níquel, durante el último lapso de referencia. De acuerdo con el cuadro 7 se registraron 422 patentes de este tipo de activo entre 2008 y 2013. También en este caso las empresas japonesas cubren cerca de la tercera parte (32.5%) del total: Panasonic, 12.6%; Sanyo, 8.1%; Toshiba, 5% y Sumitomo, 2.1%; las empresas coreanas ocupan el segundo lugar con 14.4%: Samsung, 7.8% y LG, 6.6%; las de nacionalidad estadounidense concentran solamente 4.7%: UChicago Argonne, 2.8% y Yuasa, 1.9%.

**Cuadro 7. Empresas con mayor número de patentes en la subclase de níquel: 2008-2013**

Empresa	Patentes	Porcentaje	Nacionalidad
Panasonic	53	12.6	Japonesa
Sanyo	34	8.1	Japonesa
Samgung	33	7.8	Coreana
LG	28	6.6	Coreana
Toshiba	21	5.0	Japonesa
Sony	20	4.7	Japonesa
UChicago Argonne, LLC	12	2.8	Estadounidense
Sumitomo	9	2.1	Japonesa
Commissariat a l'Energie Atomique	8	1.9	Francesa
Yuasa	8	1.9	Estadounidense
Subtotal	226	53.6	
<b>Total de patentes</b>	<b>422</b>	<b>100.0</b>	

Fuente: elaboración propia con datos de USPTO, página web: [www.uspto.gov](http://www.uspto.gov)

Finalmente el cuadro 8 refleja que corporaciones patentaron activos de manganeso entre 2008 y 2013. De las 415 patentes acumuladas en esa década, las empresas japonesas fueron las que también cubrieron el mayor porcentaje: Panasonic, 10.6%; Sanyo, 7.2%; Toshiba, 4.3%; Sony, 4.1%; y Hitachi, 2.4%; mientras que las firmas japonesas concentraron 28.6% de total de patentes de manganeso en ese lapso, las empresas estadounidenses sólo registraron una décima parte del total (10.1%). En este caso destacaron tres empresas: Gillette, Eveready y U Chicago Argonne.

Cuando se piensa en una industria es inevitable hacer de lado a los encadenamientos productivos, una empresa no puede hacer todo, no importando el nivel de complejidad de un producto. En este sentido, la industria de las baterías no es ajena a los encadenamientos, las empresas enunciadas así como exploran y explotan algún material activo también exploran y explotan según el mercado una parte de la cadena de valor del mercado de baterías. En el caso de baterías de litio para autos híbridos, Canis (2013) plantea que su manufactura existen 3 niveles (*tiers*). En el nivel 3, se ubica la proveeduría del material activo, aquí las empresas son netamente mineras, y países como Chile juegan un papel importante. El nivel 2

corresponde a la fabricación de los separadores o celdas y en este bloque se encuentran empresas como Clgard, Dupont, Applied Materials etc. Finalmente, en el nivel 1 se encuentran las empresas que ensamblan la batería final, aquí se encuentran empresas como LG, Jhonson Controls, A123. Esto no significa que las empresas de éste último nivel no entren a participar al menos en el nivel jerárquico anterior.<sup>19</sup> Asimismo, este encadenamiento puede homologarse (pensando en los 3 niveles) para baterías como las de níquel metal-hidruro, manganeso, etc.

**Cuadro 8. Empresas con mayor número de patentes en la subclase de manganeso: 2008-2013**

Empresa	Patentes	Porcentaje	Nacionalidad
Panasonic	44	10.6	Japonesa
LG	30	7.2	Coreana
Sanyo	30	7.2	Japonesa
Samgung	25	6.0	Coreana
Gillette	18	4.3	Estadounidense
Toshiba	18	4.3	Japonesa
Sony	17	4.1	Japonesa
Eveready	12	2.9	Estadounidense
UChicago Argonne, LLC	12	2.9	Estadounidense
Hitachi	10	2.4	Japonesa
Subtotal	216	52.0	
<b>Total</b>	<b>415</b>	<b>100.0</b>	

Fuente: elaboración propia con datos de USPTO, página web: [www.uspto.gov](http://www.uspto.gov)

Mientras que las empresas dedicadas a la producción de baterías han tenido una larga trayectoria en la producción de éstas (no sólo por los más de 100 años del producto en el mercado, sino porque muchas de éstas empresas han sido ya proveedoras constantes para aplicaciones como dispositivos portables, laptops, telefonía y tablets), las firmas ensambladoras tuvieron nula participación en el desarrollo de baterías. Principalmente si pensamos que la única relación entre proveedores y ensambladores era de compra-venta de baterías de ácido-plomo. Sin embargo, con el surgimiento de los autos híbridos y eléctricos la interacción ha ido cambiando porque algunas empresas ensambladoras han integrado a su producción

<sup>19</sup> Cabe mencionar que una vez que se puedan generar economías de escala es posible que empresas estadounidenses entren en juego en el nivel 1, dadas las reservas que se tiene en Estados Unidos (Canis, 2013).

las baterías o han desarrollado proyectos conjuntos con los proveedores de las distintas baterías que hoy utilizan los autos híbridos o eléctricos.

En este sentido, las automotrices han tenido estrategias divergentes para empezar a explorar el camino de las baterías. Por ejemplo, Toyota consideró necesario realizar un *joint-venture* con Panasonic, para el desarrollo de las baterías de sus autos (también existe un *joint-venture* con Tesla que en 2014 liberó sus patentes. Un caso similar es el de NEC y Sumitomo con Nissan que han tenido asociaciones también para el desarrollo de baterías (Takashi, 2009; y Canis, 2013). Un caso similar es el de Ford y Samsung que en 2014 presentaron un híbrido producto de investigación conjunta.

Por otro lado, la estrategia de otras empresas ha sido menos de exploración tecnológica, como el caso General Motors que compra baterías a la coreana LG (Canis, 2013; Poeter, 2014). Por último, varias empresas como el caso de Sony con larga experiencia y marca respetada en el sector de baterías empezó a desarrollar prototipos para baterías de eléctricos, aún sin mucho éxito. Este caso es paradójico si se considera que es la empresa que introdujo con éxito las baterías de litio al mercado mundial (Kanellos, 2011).

Como se aprecia, más que una estrategia de ventas, existe actualmente una emergencia de alianzas de colaboración que marca un monto por regalías. Sin embargo, existe una concentración de ventas en Panasonic en el mercado de los eléctricos (36%),<sup>20</sup> seguido por ESC (24%), LG (15.5), Mitsubishi (7%), BYD (5.6%), Samsung (4.5%) (Ayre, 2014).

Por lo anterior, los datos mostrados sobre el creciente esfuerzo inventivo (patentes), se muestra el interés por seguir explorando-explotando las tecnologías emergentes, que muchas veces no se ven plasmadas en ventas. Además, como se mencionó, en la estructura de la cadena de valor automotriz, muchas de las empresas nombradas en los cuadros anteriores podrían situarse en el nivel 1 o 2, o incluso ambos. Una estrategia de ventas más profunda podría ser seguida una vez que se consolide el diseño y ensamble de los autos híbridos.

## CONCLUSIONES

Durante muchos años, las baterías basadas en ácido-plomo fueron una tecnología dominante en el mercado automotriz; ésta se produjo y estandarizó como un sistema de acumulación de energía que facilitaba la movilidad de los vehículos. No obstante, la necesidad de ahorrar combustible y las presiones institucionales por cuidar el ambiente, reduciendo los impactos de la contaminación del aire y del ruido, obligaron a las empresas que conforman esta industria a explorar nuevas tecnologías basadas en otros componentes. Su búsqueda implicó la acumulación de procesos de aprendizaje e invertir (tanto a los gobiernos como a las empresas) en investigación y desarrollo durante muchos años. Como resultado del proceso de aprendizaje tecnológico adquirido mediante la explotación y estandarización de las baterías tradicionales, así como de la exploración de nuevos activos que fueran alternativos, emergieron nuevas tecnologías basadas en el litio, zinc, níquel, el hidrogeno, el carbón, entre otros componentes.

Tres grandes periodos se identificaron en la trayectoria de los componentes activos de las baterías: el de 1847-1947, el de 1948-1988 y el de 1989 a 2013. El número de patentes registradas aumentó de menos de 2% en el primer lapso citado, a un poco más de 6% en el segundo periodo, y se elevó a cerca de 9% (promedio anual) en los últimos años. Las patentes son una de las expresiones de esta capacidad inventiva de las empresas, y un reflejo de sus potencialidades innovadoras.

De todos los componentes tecnológicos emergentes, los asociados a la subclase litio son los que se pueden considerar como las que parecen estar en proceso de “en consolidación”, si se toma en cuenta el número de patentes registradas entre 1989 y 2013. De hecho, en este lapso se registró el mayor nivel de registro de patentes observado entre 1847 y el 2013, como se ilustró en los cuadros y gráficas de este artículo.

A pesar de la importancia que tiene el litio en este sector, hasta la fecha existen múltiples componentes y posibilidades de activos que se están integrando para desarrollar las baterías, y aún se realizan diversas pruebas para reducir costos, prevenir calentamiento y aumentar la cantidad de la energía acumulada. Es decir, asistimos (sobre todo desde fines de los ochenta) a la emergencia de diversos componentes tecnológicos ligados a las ba-

<sup>20</sup> La venta para híbridos también es liderada por Panasonic con 39%.

terías que sin duda hasta la fecha se siguen probando, rediseñando, combinando y explorando.

En este marco, no solamente nos referimos a la evolución de los componentes tecnológicos de las baterías, también aludimos a las principales empresas que son líderes en patentar dichos activos. Como resultado de la investigación se mostró que las empresas asiáticas (particularmente las japonesas y las coreanas) son las que más patentan (principalmente Samsung, Panasonic, LG y Sanyo), lo que constituye un obstáculo competitivo muy importante para las empresas norteamericanas, así como para las europeas.

En efecto, en los últimos años las empresas automotrices están compitiendo por ofrecer autos híbridos y eléctricos con el fin de abrir nuevos segmentos de mercado que les permitan aumentar su demanda y salir de la crisis en las que muchos de estos corporativos se encuentran (la crisis y los procesos de reestructuración observado en las tres grandes ensambladoras norteamericanas dan cuenta de ello). Una de las principales estrategias que estas empresas están utilizando para mejorar su competitividad es la continua búsqueda de nuevos activos para baterías o de su combinación. Estas innovaciones de los procesos de exploración, pero también del despliegue y desarrollo de las capacidades creativas que emanan de la investigación y desarrollo, así como de las nuevas formas organizacionales de tipo más horizontal (alianzas estratégicas) que se han adoptado; las cuales facilitan la creatividad, la difusión y aplicación de nuevos conocimientos a largo plazo. Pero aun las empresas automotrices, de los tres continentes, tienen diversos retos en el ámbito de las baterías: reducir su precio, modificar su diseño y aumentar la capacidad de energía acumulada, entre otros aspectos.

La era económica de la incertidumbre a la que hoy asistimos sin duda ha incrementado la competencia en el sector de las baterías; les ha exigido a las empresas tomar distintos caminos de exploración; y paradójicamente ha requerido aumentar la cooperación entre el gobierno, las empresas y los institutos de investigación. Pero también alumbró el camino hacia autos más seguros, tecnológicamente más interactivos y sobre todo ecológicos.

## REFERENCIAS

- Álvarez, M. (2012). Estrategias de innovación de producto de las empresas fabricantes de automóviles. En J. Micheli, E. Medellín, J. Jasso y A. Hidalgo. *Innovación y crisis: trayectorias y respuestas de las empresas y sectores* (227-244.). México: Porrúa, UAM-Azcapotzalco.
- Amirault J. J. Chien, J., Garg, S., Gibbons D., Ross, B., Tang M., Xing, J., Sidnu, I., Kaminsky, P. y Tenderich, B. (2009). *The electric vehicle battery landscape: opportunities and challenges*. California: Center for Entrepreneurship and Technology, Technical Brief.
- Ayre, J. (2014). *Top battery Manufacturers* (Sales Report). Recuperado de <http://evobsession.com/top-ev-battery-manufacturers-sales-report/> consultado el 2 de febrero de 2015.
- Bade, G. (2012). El precio de las baterías de litio caerá en 70% en la próxima década. Recuperado de <http://www.pulso.cl/noticia/tech/sustentabilidad/2012/07/75-9226-9-el-precio-de-las-baterias-de-litio-caera-en-70-en-la-proxima-decada.shtml> consultado el 16 de marzo de 2014.
- Burke, A., y Jungers B. (2007). *Battery Electric Vehicles: An assessment of the technology and factors influencing market readiness*. California: Institute of Transportation Studies, Program California Energy Commission.
- Calderón, M. (2013). *La gestión de patentes universitarias: el caso de la UNAM*. México: DGEI-UNAM.
- Canis, B. (2013). *Battery Manufacturing for Hybrid and Electric Vehicles: Policy Issues*. Washington: Congressional Research Service.
- Castañeda, J. (2013). Toyota lidera el mercado de los autos híbridos. Recuperado de <http://autos.starmedia.com/hibridos/toyota-lidera-mercado-autos-hibridos.html>. Consultada el 18 de marzo del 2014.
- Castellanos, A., Vessuri, H. y Canino, M. (2010). Espacios de debate para la apropiación social del conocimiento. Recuperado de [http://200.134.25.85/eventos/cictg/conteudo\\_cd/E12\\_Espacios\\_de\\_Debate.pdf](http://200.134.25.85/eventos/cictg/conteudo_cd/E12_Espacios_de_Debate.pdf).
- Chaparro, F. (2001). Conocimiento, aprendizaje y

- capital social como motor de desarrollo. *Ci. Info. Brasília*, 30, 19-31.
- \_\_\_\_\_ (2003). Apropiación social del conocimiento, aprendizaje y capital social. Simposio Internacional sobre Ciencia y Sociedad. Medellín: Universidad de Antioquia.
- Cimoli, M. y Dosi G. (1994). De los Paradigmas Tecnológicos a los Sistemas Nacionales de Producción e Innovación. *Revista Comercio Exterior*, 44(8), 669-681.
- Cimoli, M. y Primi A. (2008). Propiedad intelectual y desarrollo: una interpretación de los nuevos mercados de desarrollo. En J. Martínez (Coord.). *Gestión y Protección del Conocimiento: propiedad intelectual, innovación y desarrollo económico*. México: Naciones Unidas.
- Danguy, J. (2014). Globalization of innovation production: a patent-based industry analysis. *iCite-Working papers*, 9, 1-35.
- Day, G. y Schoemaker P. (2001). Un juego diferente. En G. Day, P. Schoemaker y R. Gunther (Coords.). *Gerencia de Tecnologías Emergentes* (pp. 23-47). Argentina: Vergara.
- Diessler, G. (2010). Las patentes como fuente de información para la innovación en entornos competitivos. *Información, Cultura y Sociedad*, 22, 43-77.
- Encaoua, D., Guellec, D. y Martínez, C. (2006). Patent system from encouraging innovation: lessons from economic analysis. *Research Policy*, 35(9), 1423-1440.
- Formoso, A. (2013, febrero, 10). Los híbridos invaden el mundo. *El Financiero*, 22 y 23.
- Freeman, C. (1974). *La economía de la innovación industrial*. Madrid: Alianza.
- Freeman, C., Clark, J. y Soete, L. (1985). *Desempleo e innovación tecnológica*. España: Ministerio del Trabajo y Seguridad Social.
- Freyssenet, M. (2011). Lo más dudoso no es lo más improbable: el coche eléctrico. Jornada internacional "Movilidad sostenible y vehículo eléctrico, el motor de la innovación local". España: Fundación CEU-San Pablo Castilla y León Valladolid.
- Fuster, A. y Valencia R. (s/f). Autos híbridos: fuerza para el futuro. Recuperado de <http://www.altonivel.com.mx/6910-autos-hibridos-fuerza-para-el-futuro.html> consultado el 8 de marzo de 2014.
- Gilsing, V. y Nooteboom B. (2006). Exploration and exploitation in innovation systems: The case of pharmaceutical biotechnology. *Research Policy*, 35, 1-23.
- Gonçalves, A. (2013). Baterías de litio-azufre superan la capacidad de las de iones de litio. Recuperado de <http://www.sustentartv.com.ar/baterias-de-litio-azufre-superan-la-capacidad-de-las-de-iones-de-litio/> consultado el 17 de marzo de 2014.
- Griliches, Z. (1990). Patent Statistics as Economic Indicators: A Survey. *Journal of Economic Literature*, 28(4), 1661-1707.
- Herruzo C. y Rivas R (2000). *Las patentes como indicadores de la innovación tecnológica en el sector agrario español y en su industria auxiliar*. España: Ministerio de Ciencia y Tecnología.
- Hilmola, O., Helo, P. y Kekäle, T. (2003). Economic Dynamics of R&D: Analysis of Technology and Development. Proceedings of the 21st International Conference of the System Dynamics Society.
- Kanellos, M. (2011). Sony to enter EV Battery Market. Recuperado de <http://www.greentechmedia.com/articles/read/sony-to-enter-ev-battery-market> consultado el 2 de febrero de 2015.
- Kromer, M. (2006). *Evaluation of hybrid vehicle business strategy*. Massachusetts: Massachusetts Institute of Technology.
- Lara, A. (2000). Complejidad y desequilibrio tecnológico: notas sobre la historia de la convergencia del sector automotriz-sector electrónico. En J. Flores y F. Novelo (Comps.). *Innovación Industrial, desarrollo Rural e Integración Internacional* (pp. 217-230). México: UAM.
- \_\_\_\_\_ (2014). Del sistema mecánico a sistema tecnológico complejo: el caso de los automóviles. *Revista Contaduría y Administración*, 59 (2), 11-39.
- Lara, A., García, A. y Rivera R. (2006). The dynamics of technological change in the automotive seat segment. *Int. J. Automotive Technology and*

- Management*, 6(2), 236-256.
- Lara, A., Reyes, J. y García A. (2011). Vehículos híbridos eléctricos y baterías avanzadas. En J. Aboites y J. Corona (Coords.). *Economía de la Innovación y Desarrollo* (pp. 503-523). México: UAM-Siglo XXI.
- Lara, A., Parra, G., Chávez, A., Guerrero, H. and Zuñiga, R. (2014) *The tangible-intangible dimension of the value chain of lithium-ion batteries: The case of new vehicles*. Conference Paper, Gerpisa Colloquium, Kyoto
- Morel, M. y Aleé, J. (2012). *Requerimientos y actualidad en el desarrollo de las baterías ion-Li para vehículos eléctricos*. Chile: Centro de Innovación de Litio.
- Nootboom, B. (2000). *Learning and innovation in organizations and economies*. Reino Unido: Oxford University.
- \_\_\_\_\_. (2009). *A Cognitive Theory of the Firm. Learning, Governance and Dynamic Capabilities*. Reino Unido, Estados Unidos: Edward Elgar.
- Nootboom, B. y Stam E. (Eds.). (2008). *Microfoundations for innovation policy*. Amsterdam: Chicago U. Press.
- Ochoa M., Valdés M. y Quevedo Y. (2007). Innovación, tecnología y gestión tecnológica. Recuperado de [http://bvs.sld.cu/revistas/aci/vol16\\_4\\_07/aci081007.html](http://bvs.sld.cu/revistas/aci/vol16_4_07/aci081007.html). consultado el 15 de diciembre de 2010.
- Poeter, D. (2014). Ford, Samsung Serve Up Hybrid Car Batteries. Recuperado de <http://www.pcmag.com/article2/0,2817,2458941,00.asp>. consultado el 2 de febrero de 2015.
- Souitaris, V. (2002). Technological trajectories as moderators of firm-level determinants of innovation. *Research Policy*, 31, 877-898.
- Taboada, E. y García A. (2010). Teoría cognitiva de la empresa. *Revista Ide@s Concyteg*, 58, 337-358.
- Takashi, Y. (2009). Nissan to Begin Recycling Electric-Car Batteries. Recuperado de <http://www.wsj.com/articles/SB10001424052748704500604574484642215724598>
- Urbina, E. (2010). *Transición tecnológica en la industria automotriz: el caso de Toyota*. Tesis de Maestría en Economía y Gestión de la Innovación. México: UAM-Xochimilco.
- Vegara, J. (1989). *Ensayos económicos sobre innovación tecnológica*. Madrid: Alianza.
- Winter, S. (2001). Apropiarse de las ganancias producidas por la innovación. En G. Day, P. Schoemaker y R. Gunther (Coords.). *Gerencia de Tecnologías Emergentes* (pp. 283-309). Argentina: Vergara.