

El mercado y la regulación como determinantes de la innovación ambiental del sector automotriz en México

Covarrubias Valdenebro, Alex; García-Jiménez, Humberto

El mercado y la regulación como determinantes de la innovación ambiental del sector automotriz en México

Entreciencias: diálogos en la Sociedad del Conocimiento, vol. 5, núm. 12, 2017

Universidad Nacional Autónoma de México, México

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=457650040012>

DOI: <https://doi.org/10.21933/J.EDSC.2017.12.205>

Se autoriza la reproducción total o parcial de los textos aquí publicados siempre y cuando se cite la fuente completa y la dirección electrónica de la publicación.

Se autoriza la reproducción total o parcial de los textos aquí publicados siempre y cuando se cite la fuente completa y la dirección electrónica de la publicación.



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional.

El mercado y la regulación como determinantes de la innovación ambiental del sector automotriz en México

Market and regulation as determinants of environmental innovation in the Mexican automotive sector

Alex Covarrubias Valdenebro * acova@colson.edu.mx

El Colegio de Sonora, México

Humberto García-Jiménez ** humbertgarciajm@hotmail.com

Universidad Autónoma del Estado de Morelos, México

Entreciencias: diálogos en la Sociedad del Conocimiento, vol. 5, núm. 12, 2017

Universidad Nacional Autónoma de México, México

Recepción: 19 Septiembre 2016

Aprobación: 12 Febrero 2017

DOI: <https://doi.org/10.21933/J.EDSC.2017.12.205>

Redalyc: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=457650040012>

Resumen: La literatura sobre los determinantes de la innovación ambiental, le otorga un rol importante a la regulación ambiental y al mercado. Desde la normatividad, se destaca que una aplicación diferenciada de instrumentos de política, propicia innovaciones ambientales. Mientras que, desde el lado de los factores de competencia del mercado, se destaca que los Sistemas de Manejo Ambiental tipo ISO 14001, determinan un tipo de protección ambiental proactiva. Sin embargo, tradicionalmente, ambos grupos de literatura han evolucionado por separado y su aplicación en las actividades ambientales del sector automotriz en México ha estado ausente. Este documento presenta evidencia empírica para cubrir dicha ausencia. El objetivo del artículo, es mostrar el rol de la regulación y del mercado en las acciones de innovación ambiental (AIA) del sector automotriz, tanto a nivel de las prácticas organizacionales en la manufactura, como en el diseño de los automóviles que se producen y comercializan en México. La investigación se realizó a partir de entrevistas en profundidad con gerentes de manufactura encargados de la gestión ambiental, realizadas durante el 2008-2009, y con base en la elaboración de mapas tecnológicos y ambientales de los principales carros producidos y vendidos entre el 2010 y 2015.

Palabras clave: innovación ambiental, ISO 14001, programa "industria limpia", emisiones, trayectorias tecnológicas.

Abstract: According to specialized literature, environmental and market regulation plays a key role in advancing environmental innovation. While from a regulation perspective, the application of policy instruments leads to environmental innovation; from a market point of view, environmental management systems - such as ISO 14001 - create a proactive environmental protection. However, both perspectives have followed parallel paths and an application in the environmental activities of the automotive sector in Mexico has so far been absent. This paper presents empirical evidence to start filling this gap. The article aims at showing the role that regulation and market play in advancing environmental innovation actions in the automotive sector, both at the level of manufacturing organizational practices and that of the design of cars that are produced and sold in Mexico. The research findings are based on interviews with manufacturing/environmental managers carried out during 2008-2009 and on the development of technological and environmental maps of the top vehicles produced and sold in Mexico from 2010 to 2015.

Keywords: environmental innovation, ISO 14001, "industry clean program", emissions, technology paths, environmental maps.

Introducción

La literatura sobre los determinantes de la innovación ambiental, le otorga un rol importante a la regulación ambiental. Hacia mediados de los ochenta, se presentó la primera oleada de este tipo de estudios, inspirados por la teoría económica neoclásica, que centra sus recomendaciones en la preeminencia de los instrumentos de mercado mediante la aplicación de modelos de equilibrio general computable (Fronzel, Horbach y Rennings, 2008). En este grupo de investigaciones, el medio ambiente es una variable externa al funcionamiento económico que se internaliza cuando los agentes valorizan su participación en su estructura productiva. La consecuencia observable de este enfoque es, que las fuerzas del mercado propician la innovación ambiental y no su regulación.

Una segunda generación de investigaciones, se lleva a cabo con enfoques alternativos a la ortodoxia económica, en la cual, se reconocen capacidades cognitivas de los agentes económicos para procesar información ambiental de su actividad. Desde esta perspectiva, se ha ido construyendo cierto consenso acerca de la importancia que tiene la regulación para generar innovaciones ambientales. El trabajo que marca esta tendencia es el de Porter y Van Der Linde (1995), quienes demostraron que una regulación ambiental estricta, es un factor clave determinante de la innovación. Principalmente, debido a que ésta crea la “necesidad” de que las empresas busquen constantemente la disminución de sus costos de cumplimiento; generando con el tiempo ventajas competitivas respecto a otras firmas no sujetas a regulaciones ambientales similares.

A partir de Porter y Van Der Linde (1995), se han realizado estudios que hacen uso de técnicas multivariadas para observar la influencia de la regulación sobre la innovación; utilizando los gastos destinados a la protección ambiental como una variable *proxy* de la estricta aplicación normativa (Brunnermeier y Cohen, 2003; Jaffe y Palmer, 1997). En este grupo de investigaciones, también se ha generado discrepancia sobre la direccionalidad de la regulación-innovación ambiental; pues mientras Jaffe y Palmer (1997) no encuentran evidencias empíricas claras de asociación, Brunnermeier y Cohen, (2003) obtienen un impacto significativo de los gastos ambientales sobre la innovación ambiental.

Una visión adicional, lo presentan aquellos estudios basados en la teoría de las capacidades (*Resource-based view approach*), cuyo principal planteamiento es que la competitividad de las empresas depende de la calidad y cantidad de los recursos disponibles y de la capacidad para optimizar su uso. Desde esta perspectiva, la regulación ambiental (como instrumento de política industrial) mejora la competitividad de las empresas en la medida que impulsa la generación de innovaciones ambientales provechosas, tanto para la sociedad, como para la estrategia de negocios de la empresa (Russo y Fouts, 1997; Iraldo, Testa y Frey, 2009). Más recientemente, Dechezleprêtre y Sato (2014) han mostrado que cualquier ecuación sobre los costos de la regulación ambiental, debe balancearse contra los beneficios de un crecimiento verde, sus beneficios

económicos intersectoriales y su capacidad de inducción de innovaciones tecnológicas ambientales.

Dentro de esta línea, Chappin *et al.* (2009) ha realizado estudios de corte transversal y longitudinal, en los cuales, se puede apreciar con mayor claridad el rol que tienen los instrumentos de política en la difusión de tecnologías ambientales y el impacto que tiene la regulación sobre la innovación ambiental. Qingjiang, Tianli y Ya, (2013) ofrece una perspectiva adicional, pues permite ver las disparidades regionales producidas por la regulación en la innovación ambiental.

En esta línea, pero desde el punto de vista del mercado, la difusión de Sistemas de Manejo Ambiental tipo ISO 14001, han sido una herramienta ampliamente difundida como plataforma de competencia. Su existencia ha sido identificada por diversos estudios como un incentivo organizacional para la ocurrencia de innovaciones ambientales. A pesar de ello, no existe consenso sobre la naturaleza de sus bondades reales. En Europa se han realizado investigaciones empíricas para evaluar los beneficios de este tipo de certificaciones sobre el desempeño ambiental mediante estudios de caso y la aplicación de modelos multivariados (Mazzanti y Zoboli, 2006; Frondel, *et al.*, 2008; Rennings *et al.*, 2006; Horbach, 2008).

Las evidencias que surgen de dichos estudios no son unívocas. Según Iraldo *et al.*, (2009) los estudios basados en la búsqueda de mejores prácticas, encuentran una relación positiva entre la aplicación de sistemas de manejo ambiental tipo ISO 14001 y su desempeño ambiental (Fresner y Engelhardt, 2004; Hillary, 2004 y Newbold, 2006); mientras que, otros estudios revelan que tales beneficios en algunas ocasiones están muy lejos de ser cuantificables o realmente percibidos (Ghisellinia y Thurston, 2005). Incluso, otras investigaciones cuestionan la direccionalidad positiva entre los sistemas de manejo ambiental y las innovaciones ambientales, demostrando que éstas no son el resultado de aquellos sino todo lo contrario (Ziegler y Seijas, 2009). La evidencia mixta continúa hasta la fecha; Smith (2015) documenta casos que muestran una relación positiva contra otros que exhiben lo opuesto, lo que la lleva a subrayar el rol decisivo que adopta el diseño de políticas públicas y su capacidad para promover prácticas de mejora continua.

A pesar de esta discrepancia, en la literatura existe consenso sobre los beneficios que un sistema de manejo ambiental tiene sobre el desempeño ambiental, pero acotado a la maduración temporal del sistema; y solo en aquellas condiciones donde las capacidades organizacionales están lo suficientemente desarrolladas como para influir en la operación de las certificaciones ambientales (Rennings *et al.*, 2006; Mazzanti y Zoboli, 2006; Wagner, 2007; Iraldo, *et al.*, 2009).

Desde la innovación ambiental en el diseño del producto, los estudios se han enfocado en el análisis de los procesos tecnológicos centrados en la selección de materiales alternativos (magnesio, aluminio, acero) (Tharumarajah y Koltun, 2007), y en el desarrollo de nuevas tecnologías de trenes de transmisión motriz, dirigidos a la eficientización de motores de combustión interna, la aplicación de motores eléctricos y el desarrollo

de celdas de combustible (Van den Hoed, 2007). Una línea emergente de investigación, trabaja en enfoques más comprensivos de políticas públicas que puedan estimular el desarrollo innovativo de autos eléctricos y su demanda en el mercado (Anair y Mahmassani, 2012).

En México, a excepción del trabajo de García (1999) y Domínguez (2006), no existen estudios que consideren el rol diferenciado del mercado y la regulación sobre la innovación ambiental. En este sentido, el objetivo del artículo es mostrar el rol de la regulación y del mercado en las acciones de innovación ambiental (AIA) del sector automotriz, tanto a nivel de manufactura, como en el diseño de los automóviles que se producen y comercializan en México.

Para este artículo, una acción de innovación ambiental (AIA) es la adaptación de tecnología ambiental a las condiciones de proceso y diseño de producto, la cual es ejercida por ingenieros de una empresa e imbricada en su interacción social. Las tecnologías ambientales consideradas en el estudio son: *a)* tecnologías de control de la contaminación (incluye tecnologías de tratamiento de aguas residuales), *b)* tecnologías limpias de proceso: nuevos procesos manufactureros que disminuyen la contaminación y, *c)* equipo para monitorear la contaminación.

Este estudio, presenta evidencia empírica que contribuye a atender algunos de los vacíos descritos. Por una parte, se analiza el impacto simultáneo que ejerce la regulación y los mecanismos de mercado sobre las AIA del sector automotriz, desde el punto de vista organizacional. Por otra parte, el estudio de las aia se efectúa al nivel del tipo de producto automotriz que circula en el mercado mexicano. Mientras que el nivel de internalización de prácticas organizacionales alude a los procesos, tecnologías y diseños de manufactura para efectuar protocolos ambientales, el nivel del producto aprecia los esfuerzos para llevar al mercado vehículos ambientalmente más amigables.

En esta perspectiva, el punto de partida de esta investigación resulta así único, si bien es de subrayarse su carácter preliminar. En cualquier caso, se pretende ampliar el horizonte de discusión y aportar nueva evidencia para el debate sobre los alcances e impactos de los mecanismos de mercado versus aquellos que provienen de la regulación.

A partir de la aplicación diferenciada de instrumentos de política en relación con prácticas organizacionales de las empresas para la toma de decisiones ambientales, esta investigación muestra que la combinación de instrumentos económicos y políticos aplicados en distintos tiempos, propicia la adopción de innovaciones ambientales. En sentido opuesto, el estudio de los mapas ambientales de los productos ofertados por las mismas empresas, exhibe que los impactos de unos mecanismos y otros han sido muy distintos en el caso de la Industria Automotriz Mexicana (IAM). Las normas de gobierno para estimular la producción de vehículos energéticamente más eficientes, han introducido regulaciones de protección ambiental, a lo que las empresas reaccionan con programas de innovación vehicular incrementales (*piece meal strategies*) y mercado-dependientes (*path dependency*). Mostrando con ello que el mercado determina y los mecanismos de la regulación del gobierno se ajustan.

El documento consta de introducción y cinco partes más. En la sección II se muestra los rasgos generales de las empresas visitadas y las AIA que sirven de base para distinguir sus momentos evolutivos. La sección III describe la manera en cómo la regulación ambiental influye sobre las AIA considerando la lógica operativa de las empresas automotrices para, posteriormente, enfatizar el papel que juega el Programa Industria Limpia y el sistema de gestión ISO 14001 en la organización de la protección ambiental.

La sección IV, describe las regulaciones emitidas por el gobierno para controlar las emisiones e impacto sobre el ambiente de los autos ofertados (huellas de carbono, contaminantes y gases de efecto invernadero), además de aquellas que propician la adopción de vehículos bajo un paradigma tecnológico distinto al de los vehículos tradicionales (bajo la dupla motor de combustión interna/petróleo [MCI /P]). La sección V ofrece cuadros de los mapas tecnológicos y ambientales de los principales carros producidos y vendidos por la IAM. Los mapas describen los sistemas de desplazamiento (*power train systems*) de los 10 principales automóviles producidos en el país, consumidos y exportados por ocho armadoras (Ford, GM, VW, FCA, Toyota, Nissan, Honda y Mazda).² Se describen 20 variables, que el análisis concentra en tres dimensiones críticas: motor/energía utilizada, rendimiento de combustible y emisiones.

Las conclusiones del artículo, destacan la necesidad de una política ambiental que profundice en la implementación de programas de autogestión como el de “Industria Limpia” y la promoción de certificaciones internacionales tipo ISO 14001, para mejorar las prácticas ambientales que permitan darle mayor sustentabilidad al sector automotriz en México. Al tiempo de promover programas de gobierno que incentiven la producción y el consumo de autos alternativos, que rompan la dependencia de la dupla motor de combustión interna/petróleo (MCI /P) de la IAM, que es la jaula de hierro del siglo pasado, de donde proviene el paradigma tecnológico que opera en la IAM (Covarrubias, 2013).

Rasgos generales de empresas visitadas

La investigación se realiza en dos momentos temporales, en la primera etapa, se aplicaron entrevistas en profundidad con gerentes de manufactura encargados de la gestión ambiental en nueve plantas de ensamble final y de autopartes (Cuadro 1), entre agosto del 2008 y septiembre del 2009.

Empresa	Producto	Año de Fundación	Momento Ambiental (para ver características específicas véase cuadro 2 y 3)
A	Arneses Automotrices	2000	Nace en I
B	Ensamble de Camionetas.	2003	En Transición I a II
C	Ensamble y Maquinado de Cajas de Transmisión.	1978	Nace en I, y se encuentran en II
D	Convertidores y Embragues.	1998	Nace en I, y se encuentran en II
E	Ensamble de automóviles y camionetas.	1980	Nace en I, y se encuentran en II
F	Ensamble de automóviles y camionetas	1961	Nace en I, y se encuentran en II
G	Ensamble de automóviles.	1986	Nace en II
H	Pistones y Vías para motores.	1997	Nace en II
I	Arneses y Conexiones Automotrices.	1987	Nace en II

Cuadro 1

Principales características de las empresas visitadas

Fuente: basado en García (2015: 103).

La batería de preguntas para obtener evidencia empírica respecto al rol que juegan los sistemas de autogestión ambiental y la regulación ambiental en el tipo de innovaciones ambientales son las siguientes:

1. ¿Existe alguna presión de la corporación (o de los clientes) para modificar sus procesos hacia otros que tengan menor impacto ambiental? Buscar razones.
2. ¿De qué manera la demanda por adoptar la ISO 14001 impulsa la adopción de tecnologías limpias de proceso o el rediseño de la manufactura?
3. Describir el proceso de certificación, ¿cuándo empezó y quiénes participaron en su elaboración?
4. Madurez del sistema de manejo ambiental: ¿En qué etapa se encuentra actualmente y cuáles fueron las fases anteriores? Esto con base en el desempeño de sus principales indicadores ambientales.
5. Armonización del sistema de gestión ambiental con la aplicación del ISO 9000 u otro relacionado con la calidad del proceso.
6. Detallar el proceso de re-organización de procesos y responsabilidades dentro de la empresa para reducir el impacto ambiental de la manufactura.
7. Mostrar proyectos que ejecuten los procedimientos de la ISO para el mejoramiento continuo.
8. Reconstrucción de la trayectoria de cumplimiento (o incumplimiento) normativa de la empresa con base en:

9. Reconstrucción de la trayectoria de cumplimiento (o incumplimiento) normativa de la empresa con base en:
 - Desarrollo del programa Industria Limpia. Fechas de certificación y refrendos.
 - Relación del programa Industria Limpia con la ISO 14001 e ISO 9001 u otro certificado de calidad en la industria automotriz.
 - Principales tecnologías ambientales y medidas organizacionales implementadas a lo largo de las fases de aplicación del programa de Industria Limpia.
10. Producto de la aplicación de esta batería de preguntas, se da cuenta de las prácticas organizacionales para la toma de decisiones ambientales.

En la segunda parte, se elaboran y analizan los mapas tecnológicos y ambientales de los 10 principales automóviles producidos en el país, consumidos y exportados por ocho armadoras (Ford, GM, VW, FCA, Toyota, Nissan, Honda y Mazda) entre el 2010 y 2015. Los mapas dan cuenta del tipo de motor/energía utilizada, el rendimiento de combustible y las emisiones generadas. Lo anterior con base en la metodología y estimaciones del portal Eco Vehículos del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE) y la Procuraduría de Defensa del Consumidor (Profeco). Otras fuentes utilizadas se detallan en la sección respectiva.

Unidades básicas de análisis y temporalidad por grupo de trayectorias

Para el estudio de las prácticas organizacionales se clasifican las empresas según su evolución de competencias ambientales. Esto con base en el desarrollo de las capacidades tecnológicas y el grado de aprendizaje organizacional involucrado con las acciones de innovación ambiental (AIA) de las empresas visitadas. Las empresas se clasifican en diferentes momentos de evolución según la ocurrencia de acciones de innovación ambiental del Cuadro 2.

Cuadro 2.
Eventos críticos que definen momentos de evolución ambiental

Momentos	Aprendizaje Organizacional			Competencias Ambientales		Rol de la empresa en su red corporativa
	Distribución Organizacional	Tipo de problemas Resueltos	Integración de especialidades	Habilidad (el saber hacer)	Conocimiento (saber)	
I	Departamento Ambiental sin vinculación.	De Cumplimiento Normativo.	Ingenieros Químicos.	Recomendaciones de cumplimiento.	Normatividad Aplicada al proceso de producción.	Shelter/Filial
II	Departamento Ambiental vinculado a producción, calidad y mantenimiento.	Eficientización de desempeño ambiental. El M.A como forma de optimizar el presupuesto y buscar de nuevos insumos.	Ingeniería Química vinculada con ingeniería de producción y mecánica.	Elaboración de un flow chart, focalizando fases críticas de la manufactura para intervenirlo.	Características de la manufactura, derivada de la experiencia en la adaptación y cambio de procesos.	Filial
III	Departamento Ambiental vinculado a diseño de procesos y productos.	Investigación de diseños en producto, con el objetivo de disminuir los residuos en sus procesos.	Ingeniería concurrente entre Mecatrónica, Nanotecnología, Química y Física en el diseño de productos y procesos.	Recomendaciones para optimizar el diseño del producto, enfocado en la disminución de residuos y en el no uso de sustancias restringidas.	Conocimiento sobre las características físicas y químicas de los insumos requeridos para el diseño del producto.	

Fuente: basado en García (2015).

Como se puede observar en el Esquema 1, de las nueve empresas analizadas, seis se encuentran o han pasado durante su trayectoria ambiental por el momento I; siete han iniciado o pasado alguna vez por el momento II; una se encuentra en transición del momento I al II, y una más ha pasado desde el momento I al III. Para caracterizar a cada grupo de empresas, se toman a aquellas que durante su vida productiva transitaron por algún momento evolutivo. Mientras que, para realizar el análisis de trayectorias en momentos de transición, la unidad de estudio son todas aquellas que han pasado por cada uno de los momentos evolutivos.

Esquema 1.
Trayectorias por Momentos Evolutivos

Trayectoria	Empresa	Momentos Evolutivos		
1	A	I		
2	B	I	→	II
3	C, D, E, F	I	→	II
4	G, H			II
5	I	I	→	II

Nota:
→ Trayectoria en Transición
→ Trayectoria Completa hacia el siguiente momento

Fuente: basado en García (2015: 101).

Las trayectorias básicas que se muestran en el Esquema 1 son:

Trayectoria 1 . Se ubican las empresas que iniciaron actividades y permanecen dentro de las características del momento evolutivo I.

Trayectoria 2. Son empresas que nacieron en el momento I y que se encuentran en fase de transición hacia el momento II.

Trayectoria 3 . En ésta se incluyen empresas que por sus características productivas nacieron en el momento evolutivo I, pero que ahora se encuentran en el momento II.

Trayectoria 4. Abarca empresas que iniciaron su vida productiva en el momento II desde su nacimiento y que aún siguen en él.

Trayectoria 5 . Se ubican las empresas que han transitado por los tres momentos evolutivos. La empresa I es la única que se encuentran en esta condición.

La regulación en los momentos de evolución ambiental

En nuestro país, el sector automotriz está fuertemente influenciado por la aplicación combinada de instrumentos de comando-control y los de cumplimiento voluntario. En este caso, los paradigmas de la regulación ambiental para el sector automotriz han sido de dos tipos: el primero, que arranca en los años ochenta, basado en la realización de inspecciones federales de “comando y control” para verificar los niveles de cumplimiento; y, el segundo que inicia a principios de los noventa basado en el cumplimiento escalonado de la normatividad para aquellas empresas que hubieran suscrito compromisos con la autoridad ambiental (Profepa).

Lo anterior, exhibe un cambio de orientación en la política ambiental, pues aun cuando se sigue conservando el aspecto vinculado con las inspecciones y las multas por incumplimiento, se crea un programa de autogestión ambiental (Programa Industria Limpia); cuyo principal atractivo para las empresas consiste en tener la oportunidad de resolver las deficiencias de cumplimiento sin la aplicación de multas inmediatas y el otorgamiento de plazos sucesivos para cumplir con la normatividad ambiental. En esta modalidad, cuando la empresa llega a una determinada fase de cumplimiento, la autoridad otorga una certificación que acredita a la empresa dentro del programa, con lo cual, ésta recibe solo inspecciones bianuales en lugar de las tradicionales de cada año.

Ambas tendencias, son producto de un cambio en el aparato institucional encargado de vigilar las actividades ambientales del sector automotriz, las cuales fueron promovidas por la nueva Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LEEGPA) aprobada en 1988. A partir de esta reforma, se crea una entidad encargada de vigilar el cumplimiento normativo (Profepa), y se eleva a rango de Secretaría de Estado las funciones ambientales con la creación de la Semarnat. Ahora bien, ¿cuál ha sido la influencia de estas acciones en la ocurrencia de AIA en el contexto de la transformación del sector automotriz? Esto se presenta a continuación:

Momento I

Desde mediados de los años ochenta, la aplicación de aia comienza a jugar un rol importante dentro del funcionamiento de las filiales automotrices. Según García (1999) durante ese periodo, algunas filiales transnacionales inician acciones ambientales que abarcan desde la creación de departamentos especializados, hasta la implementación de medidas de monitoreo y control de residuos para cumplir los mínimos exigidos por la regulación ambiental vigente en aquel momento.

En una estructura operativa dual donde las empresas del centro del país se enfocan al mercado interno y las del norte se enfocan a la exportación, no existen incentivos para que las filiales homogeneícen sus prácticas ambientales con las mejores a nivel internacional. En aquel contexto, el tipo de relación entre la corporación y las filiales en México se sustenta básicamente por la transferencia de ganancias de éstas a aquella (vía el pago por uso de patentes según la cantidad de automóviles ensamblados y vendidos a un sobreprecio en el mercado local), la estrategia competitiva se basaba en la disminución de costos administrativos (*v.gr.* vía la utilización de mano de obra barata) y la producción del mayor número de unidades en el menor tiempo posible.

De acuerdo a nuestro trabajo de campo, este comportamiento lo siguieron tres grupos de empresas. El primero que inicia durante la década de los sesenta (empresa F), otro que inicio a finales de los años setenta y la primera mitad de los años ochenta (empresas C, E, I) y el tercero que comienza operaciones a mediados de los años noventa y principios del nuevo siglo (empresas A, B, D). Por ejemplo, durante ese tiempo, la empresa F se mantuvo en niveles básicos de cumplimiento ambiental, más relacionado con las actividades de mantenimiento de maquinaria, que en labores de protección ambiental.

La convergencia de la primera crisis económica en México (1982) y el súbito aumento competitivo de las armadoras japonesas en Estados Unidos; propicia que la empresa F comience un lento proceso de transformación tecnológica; el cual, se acompaña de un plan corporativo de inversión que implica la instalación de una fábrica más de ensamble en la región centro occidente del país.

Aun cuando la vocación de la empresa F seguía enfocada hacia el mercado interno, su corporación inicia desde mediados de la década de los ochenta, un plan que moderniza sus prácticas organizacionales. En 1982 la empresa recibe una de sus primeras auditorías ambientales por parte del gobierno, como resultado de ésta, se tiene que elaborar un programa de cumplimiento regulatorio para ajustarlo a la normatividad ambiental de aquel momento.

En esa coyuntura, la empresa F recibe instrucciones de su corporativo para crear un departamento ambiental adscrito al área de ingeniería de mantenimiento y ejecutar las observaciones que habían recibido sobre las no conformidades de la auditoría gubernamental. Con el inicio de operaciones de su otra planta de ensamble (1984) y ante la necesidad de unificar las actividades ambientales de ambas, en 1989 los ingenieros que

participaron en los primeros cumplimientos normativos diseñan, junto con sus pares corporativos, un Plan Ambiental para sus plantas ubicadas en Norteamérica.

En este contexto, durante los años ochenta y principios de los noventa, el tipo de problemas que el departamento ambiental resuelve, están relacionados con los requerimientos de cumplimiento de la normatividad aplicada en sus procesos. Específicamente en el confinamiento de residuos peligrosos y no (1990), el pre-tratamiento de aguas residuales (1991), y la remediación de sitios contaminados (1991).

El conocimiento de los ingenieros del primer grupo (1982-1989) que conforma el departamento ambiental, se relaciona con materiales y mantenimiento a nivel de la línea de producción. Los de formación profesional en ingeniería química, se limitan al cumplimiento normativo sin intervenir en las actividades del proceso de manufactura.

El segundo grupo de empresas que transitaron por este momento evolutivo, comparten el mismo contexto y algunas similitudes con la empresa F. Por ejemplo, la empresa C que había iniciado operaciones en 1979, crea su departamento ambiental como entidad independiente de ingeniería de planta en 1988, la E lo hace en 1990 y la I en 1994. Todas ellas, comparten la imposición de multas y recomendaciones derivadas de las inspecciones de la autoridad ambiental, como evento precedente de la organización y contratación de personal especializado en cuestiones ambientales. Aunque dicha sucesión temporal, no es del todo homogénea, dada la temporalidad de los eventos relacionados con su aprendizaje organizacional y las consecuencias no previstas en que derivó dicho proceso.

En el caso de la empresa C, la imposición de una multa por su no cumplimiento origina la necesidad de agruparse con empresas de su mismo giro instaladas en la región, con el objetivo de intercambiar experiencias sobre la aplicación de ciertas normas ambientales, lo que abrió un canal de comunicación no sólo para comentar experiencias, sino también para actuar como sector para la elaboración de normas a nivel estatal. Esto coincide con la necesidad de la directiva de su corporación de obtener el certificado ISO 14001 como requerimiento para seguir siendo proveedor de primera y segunda línea de sus clientes ensambladores. La movilización de recursos que se realiza para dar cumplimiento a las no conformidades de la auditoría gubernamental, también sirve para integrar los equipos de trabajo necesarios para la ISO 14001; aunque su certificación se obtuvo 10 años después (1992).

En la empresa E la implementación de esquemas operativos de control y la contratación de personal especializado en cumplimiento normativo, sirve de base para que, a principios de 1991, se elabore un plan ambiental corporativo; que se agrega a los requerimientos que tenía que cumplir la construcción de la nueva fábrica. Por su parte, la empresa I es multada por haber confinado inadecuadamente sus residuos peligrosos en 1993. La multa evidencia que la estructura organizacional para aplicar acciones de protección ambiental no era suficiente ni útil en un nuevo entorno de mayor exigencia respecto al cumplimiento normativo.

El último grupo de empresas que transitan por este momento evolutivo, son aquellas que inician actividades a mediados de los años noventa y primera mitad de este siglo. Estas empresas se caracterizan por haber comenzado en poco tiempo su transición hacia el momento II, de sólo un año, respecto a los 15 años que les llevo a las otras empresas. Es decir, pasar de aia motivadas por la regulación ambiental (momento I) hacia aquellas determinadas por la dinámica de sus procesos manufactureros (momento II). El factor clave para que esto suceda es que el inicio de estas empresas se produce al amparo de la liberalización comercial y la definición de una estrategia de negocio enfocada en la exportación de automóviles; donde la protección ambiental queda inserta en sus prácticas productivas ya reconocidas en el sector automotriz.

Dado los cambios en el marco institucional de la aplicación ambiental y las modificaciones en la estrategia competitiva del sector ante la apertura comercial, el tipo de problemas ambientales que resuelve el momento I son los relacionados con el cumplimiento normativo, sin la intervención en las actividades de manufactura. Por la externalidad del medio ambiente en la operación de las empresas, en el momento I la aplicación de aia tiende a elevar los costos operativos, erosionando su ganancia dada por su principal competencia (*i.e.* la producción de automóviles con un sobreprecio y el pago de patentes). Bajo estas condiciones, las empresas automotrices se inclinan por el cumplimiento mínimo de la normatividad ambiental para no afectar su estructura de costos y mantener la continuidad de sus actividades, reduciendo el impacto sobre sus ingresos por la introducción de medidas ambientales.

Así, durante los años ochenta y principios de los noventa, el tipo de problemas que el departamento ambiental resuelve están relacionados con los requerimientos de cumplimiento de la normatividad aplicada en sus procesos. Aunque las competencias ambientales se homogenizan a lo largo del sector, la coexistencia de procesos de aprendizaje organizacional diferenciado perfila mecanismos de interacción que propician la composición de estructuras organizacionales isomórficas, pero con procesos cognitivos divergentes. Pese a ello, el momento I del sector automotriz en México, desarrolla las competencias ambientales suficientes para que las empresas implementen acciones de innovación ambiental ligadas al manejo y confinamiento de residuos peligrosos, la instalación de plantas pre-tratadoras de aguas residuales y la remediación de sitios contaminados (cuadro 3).

Cuadro 3.
Acciones de Innovación Ambiental según momentos evolutivos

Características	Momentos evolutivos		
	1ª	2ª	3ª
Tipo de problemas resueltos	Cumplimiento Normativo.	Eficiencia del desempeño ambiental en la manufactura.	Eficiencia del desempeño ambiental en manufactura y diseño de nuevos prototipos de producto.
Integración de especialidades funcionales	Ingenieros Químicos. El departamento ambiental coordina trabajos de cumplimiento normativo. Su labor se limita a la sugerencia de actividades ambientales.	Ingeniería Química vinculada con la ingeniería de producción y calidad. El departamento ambiental coordina las actividades ambientales, mediante la aplicación programa de reducción de scrap, equipos de trabajo, manufactura celular. Las adaptaciones y rediseños se realizan para disminuir el flujo de residuos en la manufactura.	Ingeniería concurrente: Mecatrónica, Nanotecnología y Física. El departamento ambiental se integra directamente en las actividades de diseño del producto y la operación de la manufactura en piso de producción.
Forma de organización			

Fuente: basado en García, 2015: 151.

Transición del momento I al II

La transición del momento I al II inicia a mediados de los años noventa, cuando el cumplimiento normativo se integra en las actividades de manufactura ¿en qué momento las competencias ambientales alcanzadas del momento I dejan de ser suficientes para tener un desempeño ambiental acorde con las exigencias del entorno? La respuesta es, cuando las competencias ambientales alcanzadas en el momento I no solo tienen que resolver el problema de cumplimiento normativo, sino también controlar los problemas ambientales originados por el incremento de los residuos; ya sea por cambios en la manufactura del producto o por aumentos en los stocks de producción.

En otras palabras, aunque las empresas logran tener capacidad administrativa para manejar normativamente la disposición de los residuos, no tienen controladas las cantidades generadas durante el proceso de manufactura; lo cual, conforme pasa el tiempo, se convierte en un aspecto crítico debido a los crecientes costos de disposición; cuando las competencias ambientales no solo tienen que cumplir la normatividad, sino que también deben hacerlo al menor costo posible. Así, ante las ausencias de conocimiento manufacturero para eficientizar los costos de cumplimiento, se inicia una serie ensayos de prueba y error de los ingenieros ambientales para disminuir el flujo de residuos que propician la evolución hacia el momento II de las AIA .

Dado que los ensayos de prueba y error suponen numerosos tanteos que corresponden tanto a repeticiones de lo que ya se hacía con anterioridad, como a correcciones derivadas de los errores y fracasos de la actividad ambiental, surgen los momentos de transición donde se gestan las nuevas prácticas organizacionales que estabilizan el comportamiento ambiental de la empresa en un nuevo momento de evolución. La serie de ensayos y errores que caracterizan la transición del momento I al II son las siguientes:

1. Adaptación de procesos a condiciones locales, esto es, la adaptación del proceso de acuerdo a las especificaciones del producto que debido a los incrementos en los costos de confinamiento acelera la implementación de programas de reducción de *scrap* , tanto de aguas residuales como de manejo de residuos peligrosos.
2. Reducción de tiempos muertos en la línea de ensamble, a través de la rotación de tareas, círculos de calidad, equipos de trabajo y manufactura celular, que en algunas empresas ha implicado también el reordenamiento de las líneas de producción.
3. Implementación del programa de reducción de *scrap* mediante la aplicación de formas de organización que incluyen: el trabajo en equipo de ingenieros, supervisores y operadores, la implementación del justo a tiempo y el control total de la calidad, como formas de organización del trabajo.

Momento II

Con la liberalización comercial y la implementación de programas de cumplimiento ambiental desde las agencias gubernamentales (Programa Industria Limpia), las empresas del sector automotriz homogenizan sus prácticas ambientales con las que la corporación mantiene a nivel mundial. Como ya se mencionó, ello implicó la creación de una estructura organizacional enfocada al cumplimiento normativo.

Dados los elevados costos para cumplir con la normatividad y en un momento en que las empresas automotrices participan en la complementariedad de la demanda de su principal mercado, el desempeño ambiental se va incorporando en la estrategia de eficientizadora de procesos. El cumplimiento ambiental normativo se inserta en la estructura organizacional mediante su incorporación en la manufactura del producto; lo cual, significa un cambio cualitativamente importante respecto al momento I, pues en el momento II las funciones ambientales no sólo se enfocan al cumplimiento normativo; sino también se integran con la calidad, la seguridad e higiene laboral.

El mecanismo detrás de esta dinámica, es el cambio que tienen las filiales en relación con su red corporativa. En el momento II, aquellas se constituyen como unidades de costo que reciben un presupuesto anual corporativo; cuya responsabilidad de manejo está a cargo de las agencias locales de la planta. En este esquema, el corporativo solicita el producto y la empresa se responsabiliza de organizar el proceso de manufactura; cumpliendo con sus obligaciones administrativas, requerimientos de calidad (por ejemplo ISO 9001 y 9002) y diferenciación del producto. Aquí, su estrategia competitiva se basa en la eficientización de procesos con estándares de calidad, mediante la disminución de costos unitarios (*i.e.* control de inventarios y reducción de tiempos muertos en la línea de producción). Aquí, las agencias locales (ingenieros, técnicos y operadores) intervienen con mayor intensidad en los procesos mediante la aplicación de mayores niveles de conocimiento manufacturero en actividades ambientales.

En este escenario, la principal fuente competitiva es la eficientización de procesos, vía incrementos en la productividad y calidad del producto; con lo cual, la reducción de costos unitarios tiene un mayor peso que la disminución de costos administrativos, propia de la estrategia de las empresas del momento I. Bajo esta perspectiva, los costos del control ambiental son observados de una manera menos nociva respecto a su principal competencia debido a que éste se distribuye sobre la base del costo unitario, es decir, permite tolerar un mayor costo administrativo asociado con el control ambiental, pero vinculado con su estrategia de racionalización de procesos de manufactura.

Dicho en otras palabras, el nuevo rol asignado a las empresas automotrices como plataformas de exportación, genera a la par con el cumplimiento de la normatividad ambiental, la necesidad de implementar proyectos de protección ambiental asociados con su contribución al rendimiento general de la filial en su red corporativa.

Así, la racionalización de las acciones ambientales, comienza a operar con base en el rendimiento promedio que éstas tienen sobre su estructura de inversión. En este momento, las AIA se observan como una inversión más que como un gasto, es decir, como una ventana de oportunidad para efficientizar el uso de sus recursos.

En esta fase, la industria automotriz comienza a implementar acciones relacionadas con el reciclaje, el uso de agua, y el ahorro de energía que, dentro del proceso manufacturero, se traducen en medidas sistemáticas de disminución de desechos de producción (*scrap*); el cual como criterio de eficiencia productiva tiene un impacto indirecto sobre la generación de residuos (véase Cuadro 3).

De acuerdo a nuestro trabajo de campo, las plantas que nacieron en el momento II y que todavía permanecen en él, se caracterizan porque desde el inicio de operaciones, sus competencias ambientales estuvieron orientadas hacia el cumplimiento normativo y la efficientización de procesos. Sin embargo, las presiones para que ello sucediera de esa manera ocurren en tiempos y contextos diferenciados.

Por ejemplo, el nacimiento de la empresa G (1984) ocurre en torno a una asociación entre su corporativo y una empresa japonesa para ensamblar unidades ligeras y medianas aplicando técnicas de producción japonesas (novedosas en su momento), relacionadas con el justo a tiempo (en inventarios y procesos) y círculos de calidad. Mientras que, la empresa H nace en 1994 como proveedora de motores de mediano cilindraje (V6 y V8) para la empresa E, con todo y los requerimientos de calidad y de gestión ambiental exigidos por ésta a aquella.

De tal manera que, mientras la empresa G incorpora funciones ambientales en sus procesos como requisito de entrada para generar economías de escala ascendentes, la empresa H ejecuta dicha integración debido a que nace cuando la gestión ambiental es parte de las exigencias de la red de proveeduría automotriz.

El papel del Programa de Industria Limpia y el sistema de gestión ISO 14001

En las plantas visitadas, el evento crítico de incorporación al momento II es la obtención del certificado ISO 14001. A nivel organizacional, ello representa la culminación de una serie de esfuerzos de coordinación interna que implican el involucramiento de las actividades ambientales en las funciones de manufactura. El certificado en sí mismo, representa la existencia de un sistema de administración enfocado a la gestión de sus asuntos ambientales; el cual abarca desde el cumplimiento normativo de todos sus procesos, hasta la integración de las actividades relacionadas con la calidad del producto (ISO 9001 o ISO 9002).

En este sentido, el grado de maduración que las empresas desarrollan en la práctica del cumplimiento normativo y la aplicación de formas de organización, enfocadas a la racionalización de sus procesos, son factores que condicionan la integración del medio ambiente en la producción. De hecho, en todas las empresas visitadas, la aplicación cronológica de

los estándares inicia con los referidos a la gestión de la calidad (ISO 9001 y 9002; TS-16649), seguido por el Programa Industria Limpia y los sistemas de gestión ambiental tipo ISO 14001. Bajo esta tesitura, la firma de convenios con la Profepa para incorporarse al programa normativo y las certificaciones de calidad e implementación de formas de organización del trabajo asociadas con el justo a tiempo y control de la calidad, ha generado dinámicas de integración entre los equipos de medio ambiente, producción y calidad.

Las competencias ambientales alcanzadas en este momento evolutivo han sido fruto de la concatenación de los factores mencionados; pues si bien cada uno de los departamentos mantuvo su operación independiente uno de otro, sus funciones conservan la transversalidad operativa suficiente como para que la disminución de residuos se integre a la eficientización de procesos.

Así, la obtención del Certificado de Industria Limpia (de naturaleza normativa) es el punto de partida para cumplir la sección correspondiente exigida en el sistema tipo ISO 14001. Pero no tan sólo a nivel del cumplimiento documental de las normas, sino también por la experiencia organizativa que implica la necesaria práctica transversal del medio ambiente en los procedimientos de todas las fases de manufactura y calidad del producto. Ello también ha sido motivado por el hecho de que las empresas situadas en esta dinámica, tienen la necesidad de ejecutar sus operaciones cumpliendo varios estándares de calidad en forma simultánea. Razón por la cual, han necesitado eficientar los costos operativos de su implementación, tanto por el involucramiento de sus recursos humanos, como por su optimización operativa.

Por ejemplo, en el caso de la empresa E, el Programa de Industria Limpia y la integración de equipos de producción, calidad y medio ambiente promovidos tanto por la profepa como por la ISO 14001, permitió que ésta estuviera en la posibilidad de implementar una quinta fase de una planta tratadora de aguas residuales, la cual incluía: *a*) un rediseño de procesos en el área de pintura (para disminuir sus aguas y emisiones); *b*) la racionalización de la segregación de materiales y *c*) la implementación de un programa de reducción de *scrap* a lo largo de toda su cadena de producción.

En síntesis, en un contexto donde las empresas automotrices asimilan el cumplimiento normativo (vía la certificación de sus procesos en el Programa de Industria Limpia) e implementa la ISO 14001 (como requisito del mercado para seguir compitiendo en el sector), se generan procesos que desembocan en la incorporación de las AIA en la estrategia de eficientización manufacturera. En consecuencia, las empresas automotrices del sector en México homogenizan sus prácticas de protección ambiental con su red corporativa global.

El tipo de problemas que resuelve la estructura organizacional de este momento de evolución, está relacionado con el cumplimiento regulatorio y la eficientización de sus procesos. En otras palabras, lo normativo que en el momento I se realiza como un imperativo gubernamental (haciendo que lo ambiental sea visto como una carga adicional de gastos),

en el momento II se refuncionaliza en la eficientización de procesos; integrándose a una nueva estructura organizacional que expande las funciones ambientales confinadas al cumplimiento administrativo en las actividades de producción y mantenimiento (cuadro 4).

Cuadro 4.
Acciones de Innovación Ambiental Re-Funcionalizadas según Momento de Evolución

Momento 0	Transición	Momento I	Transición	Momento II
Acciones previas		Acciones Previas Refuncionalizadas		Acciones Previas Refuncionalizadas
Nula atención al problema ambiental generado por sus actividades.	Auditorías Gubernamentales y Sanciones por incumplimiento normativo.	Formación de personal de ingeniería química para atender requerimientos.	Necesidad de disminuir costos ambientales debido a: escasez de recursos naturales, incremento de costos de confinamiento.	Incorporación del personal de medio ambiente en actividades de manufactura. El objetivo disminuir costos por disposición e incorporar el medio ambiente en la estrategia de eficientización de procesos.

Fuente: García (2015).

El rol combinado de la regulación vía la aplicación del Programa de Industria Limpia (cuadro 5) y el impulso del mercado para que las empresas se certifiquen en el estándar ISO 14001 desarrolla AIA en dos etapas:

1ª Etapa: Implementación de acciones referidas al control de emisiones, manejo de residuos, segregación de materiales, la remediación de sitios contaminados y la instalación de plantas pre-tratadoras de aguas residuales, donde el factor determinante para instrumentarlas es la regulación ambiental y, en algunos casos, la política ambiental del corporativo.

2ª Etapa: Instrumentación de acciones que involucran la reducción de residuos, vía procesos relacionados con el tratamiento de aguas residuales y el reciclaje indirecto; todo ello como aia que buscan reducir los costos de confinamiento y tener un mejor aprovechamiento de sus insumos, como parte de la integración de la ISO 14001 con los estándares de calidad (ISO 9001 y TS-1649). Así, al tiempo que los equipos de medio ambiente mantienen como principal función el cumplimiento normativo, los de calidad y producción incorporan en sus actividades de manufactura consideraciones de protección ambiental. Ésta deja de ser función exclusiva del departamento ambiental, para ser considerada una práctica que se difunde al ámbito cotidiano del resto de las áreas de producción. En este punto, el involucramiento de la protección ambiental en las actividades, retoma formas de organización relacionadas con el justo a tiempo (en inventarios y procesos) y el control total de la calidad.

Cuadro 5.
Acciones de Innovación Ambiental según grado de maduración del Programa Industria Limpia

Industria Limpia	Acciones de Innovación Ambiental
1ª. Fase	Estructuración de un compromiso corporativo de protección ambiental
2ª. Fase	Resolución de no conformidades relacionadas con: Confinamiento de Residuos, aguas residuales y remediación y manejo de sitios contaminados por residuos peligrosos
3ª. Fase	Obtención de la Certificación, con la promesa de no recibir auditorías por 2 años. Aplicación de Reciclaje indirecto, racionalización del agua y la energía eléctrica.

Fuente: García (2015).

Las regulaciones para promover el control de emisiones y la producción de carros limpios

Hasta el momento, se han descrito las acciones ambientales originadas por la normatividad ambiental y la ISO 14001 en los procesos de manufactura en México. Veamos ahora lo que está sucediendo en lo relacionado con el diseño de automóviles con menor impacto ambiental. La Norma Oficial Mexicana vigente para el control de emisiones se emitió en 2013. Se trata de la Norma 163 (2013), de SEMARNAT-ENER-SCFI, que define las emisiones de bióxido de carbono (CO₂) provenientes del escape y su equivalencia en términos de rendimiento de combustible, aplicable a vehículos automotores nuevos de peso bruto vehicular de hasta 3,857 kg. Esta norma, parte de asumir la premisa del efecto de las emisiones automotrices sobre la calidad del aire y los gases de efecto invernadero. De acuerdo con la Semarnat (2013), los vehículos automotrices son responsables del 95% de Monóxido de Carbono, 75% de Óxido de Nitrógeno, 50% de los hidrocarburos, 60% de particulares inhalables y 25% de Bióxido de Azufre.

La NOM 163 está homologada con la estadounidense del *Corporate Average Fuel Economy* (CAFE), promulgada por la administración Obama para extenderse de 2012 a 2016. Ambas establecen la meta de obtener un promedio de 15 Km/litro para vehículos ligeros y de pasajeros. El CAFE ha determinado que para 2025, la eficiencia promedio de un vehículo deberá alcanzar los 23 Km/litro.²

En cuanto a emisiones de Dióxido de Carbono (CO₂), la NOM determinó que para 2014 estos vehículos no debían rebasar emisiones de CO₂ de 169.9 g/km. Al efecto, Semarnat asume lo que está ampliamente documentado respecto al efecto de las emisiones automotrices sobre estos elementos.

Por cuanto al consumo de autos ambientalmente más amigables, en el país aún no se concretan incentivos para que los consumidores se dirijan hacia ellos. Del lado de los corporativos se ha hecho común anotar que la opción que representan los autos híbridos y eléctricos no aplica en México debido a que, por un lado, se tiene un limitado poder adquisitivo de los consumidores potenciales, y, por el otro, el gobierno no emprende acciones como en otros países para incentivarlos.³ A pesar de que la Comisión Federal de Electricidad (CFE) ha tenido la disponibilidad de instalar unidades de carga extra en los hogares que compren un auto eléctrico, la Asociación Mexicana de la Industria Automotriz (AMIA), ha manifestado que no existen incentivos suficientes para que se adquieran este tipo de vehículos. Por ejemplo, el gobierno de California, Estados Unidos, los consumidores reciben un subsidio de \$10,000 dólares para la compra de autos con las nuevas tecnologías (Brody, 2007).

Mapas tecnológicos de los sistemas de desplazamiento

Los cuadros 6 y 7 listan los 10 modelos producidos en México que más se comercializan en el país y los de importación mayormente comercializados. El cuadro 8, presenta los cinco modelos de mayor exportación generados en la IAM. En conjunto, esta información cubre alrededor del 80% de los vehículos producidos y comercializados en México, mediante la identificación de 20 variables que el análisis concentra en tres dimensiones críticas: motor/energía utilizada, rendimiento de combustible y emisiones.

Material suplementario

Cuadro 6 (html)

Cuadro 7 (html)

Cuadro 8 (html)

Los autos de más ventas internas

Respecto a los vehículos producidos por la IAM de mayor circulación interna, cinco son de Nissan (Versa, Tsuru, March, Sentra y Tida), dos son de GM (Aveo y Spark) y tres de VW (Vento, Nuevo Jetta y Jetta Clásico). En cada caso, se presentan las diferentes versiones que más se venden. Tres elementos son críticos a observar: el tipo de energéticos en uso, la eficiencia energética y las emisiones que afectan la calidad del aire y contenido de gases de efecto invernadero.

La nota inmediata por subrayar es, que todos trabajan con motores de combustión interna con base en gasolina –excepto dos versiones del Nuevo Jetta que usan diesel (el de transmisión *Gear Direct Shift* y el Manual). No figuran, por tanto, en este espectro de preferencias de los consumidores mexicanos, los vehículos híbridos, menos aún los eléctricos. Y ello es así, no obstante que en el mercado mexicano hay una amplia gama de vehículos con mayor eficiencia ambiental, como el Fusion Híbrido, el Civic Híbrido, el Smart Híbrido, el Honda CR-Z Híbrido y el Prius Híbrido, dentro de otros.⁴ Lo que se ha observado es, que varios de estos modelos se producen en México, pero para ser exportados a Estados Unidos. Luego, su comercialización en el país se realiza vía importación con los costos agregados que ello implica. De acuerdo a AMIA (2016), a septiembre de 2016 se han comercializado en el país 5,306 vehículos híbridos; mientras que de los eléctricos se han vendido tan sólo 189.

¿El resultado? Después de 11 años de comercialización de autos híbridos y eléctricos en el país, es apenas perceptible su presencia y México no figura en forma alguna entre las naciones que toman acciones efectivas para su despliegue. Considérese que el parque vehicular del país ronda los 30 millones de vehículos para dimensionar el peso de aquél número de autos alternativos.

Ayuda a la eficiencia energética, que una proporción importante de los autos que circulan en México son vehículos subcompactos (seis) y compactos (cuatro), con cilindrajes predominantes de 1.6 y de 2 litros, respectivamente. En este tipo de autos, la eficiencia energética promedio es de 15.4 Km/litro, en rendimiento ajustado –donde el valor más alto lo da el Spark de GM, con 20.3 Km/litro, y el más bajo, el Nuevo Jetta con transmisión Tiptronic, con 13.7 Km/litro. De conformidad con la Norma Oficial Mexicana 163 a 2014, el rendimiento combinado de combustible para este tipo de vehículos debía de ser de 14 Km/litro promedio; por encima de los parámetros de la nom. En contraste, de acuerdo al Centro Mario Molina (2012) los top runners que se comercializan a nivel mundial, alcanzan una eficiencia energética de 30-35 km/l.

En contraste, de acuerdo con el portal de Eco Vehículos (2016) las emisiones no sólo dependen del tamaño y eficiencia del vehículo, sino también de los sistemas de control de contaminantes.⁵ En cuanto a las emisiones de Óxido de Nitrógeno (NOx) la calificación promedio de contaminación de aire para este tipo de vehículos es de 6.43 (sobre una escala de 1 a 10, donde 10 es más limpio).⁶ Mientras que, para la emisión de gases de efecto invernadero, la calificación sale un poco mejor (promedio de 6.9, sobre una escala similar donde 10 es más eficiente).

No obstante, las emisiones de Dióxido de Carbono (CO₂) de estos coches son en promedio 196 g/km, por encima de lo establecido en la nom-163 que determina un límite de emisiones de CO₂ de 169.9 g/km. Lo cual significa que los vehículos nuevos más vendidos en México son más contaminantes de lo permitido. De acuerdo a la organización no gubernamental europea *Transport & Environment* (2015), las emisiones promedio de los carros vendidos en el mundo es de 168 g/km para motores de gasolina y de 170 g/km para motores diesel. Es decir, las emisiones de los coches pequeños vendidos en México son también superiores a la media de emisiones de los vehículos comercializados en el mundo, de todo tamaño, peso, motor y potencia. También se encuentran por encima del límite de emisiones establecido por la Comisión Europea para 2015: 130 gramos de CO₂ por kilómetro.⁷

Los autos de mayor importación y exportación

En cuanto a los autos más importados, se trata en todos los casos de Motores de Combustión Interna (MCI) con base en petróleo. Ocho de ellos son SUVs (Renault Duster y Mazda CX-5), Pick Ups (Toyota Hilux y Ford Ranger), autos de lujo (VW Passat y Nissan Altima), y Minivans

(Toyota Sienna y Honda Odyssey). Su eficiencia ajustada energética es de 9.9 Km/l, con el Duster ocupando la clasificación del mejor rendimiento (15.2 Km/l.) y el Odyssey con la clasificación más baja (7.3 Km/l.). Estos vehículos emiten 24 g/1000 km de Óxido de Nitrógeno y sus gases de efecto invernadero alcanzan cinco puntos en promedio sobre una escala de 1 a 10. Mientras que sus emisiones de CO₂ adoptan un promedio de 249 g/km, que es más elevado que el promedio de los autos compactos producidos y vendidos en México.

Adicional a lo anterior, la eficiencia energética de autos nuevos se cancela por el incremento de autos usados traídos de Estados Unidos, haciendo que la edad promedio de los vehículos en circulación alcance los 18 años. Ello propicia que, de acuerdo con CNN (2013) que retoma un informe de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP), México sea uno de los mayores consumidores de gasolina per cápita.⁸ Covarrubias (2013) argumenta sobre el desplazamiento de la producción y consumo de autos de la fórmula tradicional MCI / P a países como México, bajo una tendencia a la que denomina la *motorización tardía*.

Por cuanto a los vehículos colocados en el exterior, de acuerdo a Forbes (2015) la mayoría de los automóviles más exportados por México a Estados Unidos (destino del 70% en promedio de las exportaciones totales) fueron unidades fabricadas principalmente bajo la misma fórmula MCI/ P: Nissan Versa, Chevrolet Silverado 2500, Ram 2500, Ford Fusion y Nissan Sentra. De acuerdo a este reporte (Forbes, 2015) se trata de vehículos realmente devoradores de gasolina (*gass-guzzlers*). La mayoría de ellos, son vehículos de 8 cilindros (de hecho todos los Silverados 2500 GM y Ram 2500 de Chrysler pertenecen a esta categoría). ¿El resultado? Ofrecen un rendimiento ajustado promedio de 8.3 Km/litro, con el Nissan Versa en la mejor posición (14 Km/litro.) y el Ram 2500 4x4 en la peor (5.3 Km/litro). Sus emisiones promedio son: 31 g/1000 de km de Oxido de Nitrógeno en promedio y sus gases de efecto invernadero alcanzan tres puntos en promedio (sobre una escala de 1 a 10). Finalmente, sus emisiones de CO₂ alcanzan un nivel promedio de 316 g/km. (Véase Cuadro 8).

Ninguno de estos datos es sorprendente si advertimos que el mercado de Estados Unidos ha girado de nuevo hacia los autos grandes, devoradores de gasolina, debido a la baja en los precios de las gasolinas propiciada por la “revolución del gas shale”.⁹

Conclusiones

Este estudio aporta una aproximación única para analizar el impacto simultáneo que ejercen sobre las aia del sector automotriz la normatividad ambiental y los mecanismos de mercado. Es una contribución original en el estudio de la IAM porque sigue las AIA al nivel de las prácticas organizacionales en manufactura y el tipo de diseño del producto que circula en el México. De esta manera, se evalúan las prácticas organizacionales que afectan procesos, tecnologías y diseños de manufactura para efectuar protocolos ambientales y, se evalúan los

esfuerzos para llevar al mercado vehículos ambientalmente más amigables. Los resultados de la investigación exhiben una operación diferenciada de los mecanismos de gobierno y de mercado en la determinación de AIA para cada nivel.

En el nivel primero, el artículo muestra que existe un efecto combinado de ambos mecanismos que se mezcla con la lógica evolutiva del sector en México. En cuanto a las certificaciones ambientales tipo ISO 14001, por ejemplo, la evidencia empírica muestra que ésta cataliza la incorporación de la protección ambiental en actividades de proceso (momento II) cuando las empresas han absorbido la experiencia de aplicar protocolos funcionales de cumplimiento normativo (Programa de Industria Limpia). Es decir, cuando las empresas ya han constituido una organización dedicada al seguimiento normativo de sus actividades, la influencia de la ISO 14001 es determinante para que la protección ambiental se incorpore en las actividades de manufactura.

De tal manera que, las AIA evolucionan desde aquellas asociadas a la implementación de protocolos de cumplimiento hasta la aplicación de tecnologías ambientales de control de residuos básicamente de uso de agua y manejo de residuos, según el grado de maduración de la empresa en el programa de industria limpia (véase Cuadro 5).

En los casos observados, ambas certificaciones (ISO 14001 e Industria Limpia) co-evolucionan con la lógica eficientizadora que tienen las empresas automotrices en su red corporativa. La tendencia a integrarse con los sistemas de calidad y la diferenciación del producto, convierte a la protección ambiental en una inversión más que en un gasto debido a la necesidad de disminuir los costos de cumplimiento normativo. Esto habilita la transversalidad de la protección ambiental en su estructura organizacional y la independencia operativa del área ambiental respecto a producción y calidad.

En síntesis, el programa de industria limpia y la ISO 14001 promueven la integración de AIA en las actividades de proceso manufacturero, mostrando con ello la manera de cómo las variables exógenas se endogeinizan en el comportamiento ambiental de la empresa automotriz, revelando, al mismo tiempo, que la determinación causal es menos directa de lo que tradicionalmente se piensa, pues ésta es producto de ensayos sucesivos de prueba y error, hasta el punto en que éstos permiten alcanzar un nivel satisfactorio para la resolución de problemas específicos en situaciones particulares.

Los mecanismos de regulación ambiental en cambio, muestran limitaciones al momento de promover la transición en el paradigma tecnológico del diseño automotriz. Esto es, en la transición de mci a sistemas ambientalmente amigables. La regulación ha empezado a actuar; empero lo pobre de la producción y consumo de autos alternativos en México, mostrando que el problema se localiza en el mercado. El estudio de los mapas ambientales de los productos ofertados por las mismas empresas, exhibe que frente a las normas de gobierno para estimular la producción de vehículos energéticamente más eficientes, las empresas

reaccionan con programas de innovación vehicular incrementales (*piecemeal strategies*) y mercado-dependientes (*path dependency*).

Por eso, la conclusión más inmediata en este nivel, es que el mercado determina y los mecanismos de gobierno se ajustan. Es posible argüir como variable explicativa la alta dependencia del mercado norteamericano para la comercialización vehicular de la iam (70%, aproximadamente), y el hecho de que el mercado doméstico se limita grandemente a vehículos económicos compactos de arquitecturas en desuso en los mercados de los países desarrollados.

Las recomendaciones de nuestro estudio siguen también este carácter dual de los hallazgos. Desde la perspectiva de las prácticas organizacionales de las empresas, es necesario que la aplicación de la regulación ambiental, vía la operación de esquemas de cumplimiento voluntario como el Programa Industria Limpia, se oriente hacia la eficientización del desempeño ambiental, según la lógica operativa de las empresas transnacionales. Aunque el tipo de innovaciones ambientales esperadas con dicho esquema tendrán un umbral crítico fácilmente alcanzable debido a las rigideces estructurales del paradigma tecnológico al que está anclado el automóvil, es destacable que la aplicación combinada de certificaciones internacionales y la aplicación normativa, son claves para consolidar competencias que permitan alcanzar prácticas de protección ambiental que mejoren la sustentabilidad del sector automotriz en México.

Desde la perspectiva de la producción y mercado de autos ambientalmente más amigables, el país tiene todo por hacer. Otros países tienen años ensayando regulaciones y definiendo metas programáticas para incentivar el mercado de autos alternativos, principalmente eléctricos. Las instituciones de gobierno en el país han perdido de nuevo ya un tiempo preciso que —como en otras empresas— hace más empinado el camino del *catching up*. Por eso, es obligado subrayar que el gobierno precisa movilizar su capacidad reguladora del mercado, pues si bien se puede argüir que la dependencia de la dupla motor de combustión interna/petróleo (MCI /p) es la que ha permitido el auge de la iam, el boleto es costoso y cargado de riesgos ambientales. En un escenario global marcado por la incertidumbre y la fluidez de las innovaciones con aliento disruptivo —i.e., no como el *piecemeal* que sólo le es dable a aquélla dupla— las bondades de vivir anclado en la era de tecnologías de combustiones y petróleo se convierten en una jaula de hierro. Y desde Weber bien sabemos a dónde conducen esas jaulas de la historia.

Agradecimiento

Este artículo ha sido auspiciado por los siguientes proyectos: 1) Proyecto PRODED DSA/103.5/14/7513 “Las estrategias productivas de Ford y Nissan en relación con la 2ª Revolución Automotriz Mundial (2RA): Un estudio comparativo” coordinado por el Dr. Humberto García Jiménez, 2) Proyecto Conacyt CB 2011/167814 “La reconfiguración de los sistemas sociales de producción y los sistemas de empleo en la

industria automotriz de Norteamérica, en el contexto actual de crisis global y respuestas transnacionales: Las oportunidades para México” coordinado por el Dr. Alex Covarrubias V. y, 3) Redes Temáticas Conacyt. Proyecto Red Innovación y Trabajo en la Industria Automotriz Mexicana (Red ITIAM , Ref. # 271505. Una parte de estos hallazgos de investigación ha sido publicada en García (2015) “Sistemas Complejos e Innovación Ambiental del sector automotriz en México”. El Colegio de México y La Universidad Autónoma del Estado de Morelos. ISBN 978-607-462-801-2. Los autores agradecen la asistencia de Iris Valenzuela Gastelum.

Referencias

- Anair, D. y Mahmassani, A. (2012). *State of charge: Electric vehicles' global warming emissions and fuel-cost savings across the United States* . Cambridge: Union of Concerned Scientists.
- Brody, J. (2007, diciembre 11). Mental reserves keep brain agile. *The New York Times* . Recuperado de <http://www.nytimes.com>
- Brunnermeier, B. y Cohen, M. (2003). Determinants of environmental innovation in US manufacturing industries. *Journal of Environmental Economics and Management* , 2 , (45), 278-293.
- Centro Mario Molina (2012). *Propuesta normativa de carácter federal para regular el rendimiento de combustible y la emisión de gases de efecto invernadero en vehículos ligeros nuevos comercializados en México* . Recuperado de: http://centromariomolina.org/wp-content/uploads/2012/05/9-PropuestaNormativaRegularREndimientoCombustibleVehiculosLigerosMexico_fin.pdf
- CNN (2013, enero 13). México, alto consumidor de gasolina. *Expansión* . Recuperado de: <http://www.cnnexpansion.com/economia/2013/01/13/mexico-alto-consumidor-de-gasolina>
- Covarrubias, A. (2013). Motorización tardía y ciudades dispersas en América Latina: definiendo sus contornos, hipotetizando su futuro. *Cuadernos de vivienda y urbanismo* . VI (11), 12-43.
- Chappin, M., Vermeulen, W., Meeus, M. y Hekkert, P. (2009). Enhancing our understanding of the role of environmental policy in environmental innovation: adoption explained by the accumulation of policy instruments and agent-based factors. *Environmental Science & Policy* , 12, 934-947.
- Dechezleprêtre, A. y Sato, M. (2014). *The impacts of environmental regulations on competitiveness* . London: Global Green Growth Institute,
- Domínguez, L. (2006). *México: Empresa e Innovación Ambiental* . (1ra. Edición). México, D.F.: Facultad de Economía, Universidad Nacional Autónoma de México y H. Cámara de Diputados, LIX Legislatura.
- Forbes-Mexico (2015). *Los 5 automoviles que más exporta México a Estados Unidos* . Recuperado de: <http://www.forbes.com.mx/los-5-automoviles-que-mas-exporta-mexico-a-eu/>.
- Fresner, J. y Engelhardt, G. (2004). Experiences with integrated management systems for two small companies in Austria. *Journal of Cleaner Production* , 12, 623-631.

- Fronzel, M., Horbach, J. y Rennings, K. (2008). What Triggers Environmental Management and Innovation? Empirical Evidence for Germany. *Ecological Economic*, 66 (1), 153-160.
- García, H. (1999). Trayectorias productivas y Tecnología Ambiental en la industria maquiladora electrónica de Tijuana. *Región y Sociedad*, XI (18), 35-72.
- García, H. (2015). *Sistemas Complejos e Innovación Ambiental del sector automotriz en México*. México: El Colegio de México y Universidad Autónoma del Estado de Morelos.
- Ghisellinia, A. y Thurston, D.L. (2005). Decision traps in ISO 14001 implementation process: case study results from Illinois certified companies. *Journal of Cleaner Production*, 13, 763-777.
- Hillary, R. (2004). Environmental management systems and the smaller enterprise. *Journal of Cleaner Production*, 12, 763-77.
- Horbach, J. (2008). Determinants of environmental innovation: New evidence from German panel data sources. *Research Policy*, 37 (1), 163-173.
- Iraldo, F., Testa, F. y Frey, M. (2009). Is an environmental management system able to influence environmental and competitive performance? The case of the eco-management and audit scheme (EMAS) in the European Union. *Journal of Cleaner Production*, 17, 1444-1452.
- Jaffe, F.B. y Palmer, K. (1997). Environmental Regulation and Innovation: A panel data study. *Review of Economics and Statistics*, 97 (4), 610-619.
- Mazzanti, M. y Zoboli, R. (2006) Examining the Factors Influencing Environmental Innovations. Fondazione Eni Enrico Mattei. Recuperado de: <http://www.feem.it/getpage.aspx?id=1518&sez=Publications&padre=73>
- Newbold, J. (2006). Chile 'environmental momentum: ISO 14001 and the large-scale mining industry a Case studies from the state and private sector. *Journal of Cleaner Production*, 14, 248-61.
- Norma Oficial Mexicana 163 (2013). *Emisiones de bióxido de carbono (CO2) provenientes del escape y su equivalencia en términos de rendimiento de combustible, aplicable a vehículos automotores nuevos de peso bruto vehicular de hasta 3,857 kilogramos*. Recuperado de: <http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/6648/1/nom-163-semarnat-ener-scfi-2013.pdf>
- Porter, M.E. y Van derLinde, C. (1995). Toward a new conception of the environment competitiveness relationship. *Journal of Economic Perspectives*, 9, 97-118.
- Qingjiang, J., Tianli F. y Ya, D. (2013). Regulation and Environmental Innovation: Effect and Regional Disparities in China. En W. E. Wong & T. Ma (eds.) *Emerging Technologies for Information Systems, Computing, and Management*. (pp. 1005-1012), New York: Springer.
- Rennings, K., Ziegler, A., Ankele, K. y Hoffmann, E. (2006). The influence of different characteristics of the EU environmental management and auditing scheme on technical environmental innovations and economic performance. *Ecological Economics*, 57 (1), 46-59.
- Russo, M.V. y Fouts, P.A. (1997). A resource-based perspective on corporate environmental performance and profitability. *The Academy of Management Journal*, 40, 534-59.

- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [Semarnat] (2013). *Emisiones Atmosféricas de Transporte*. Recuperado de: www.semarnat.gob.mx/temas/gestion-ambiental/calidad-del-aire/emisiones-atmosfericas-del-transporte
- Smith, N. (2015, July 6). *When regulation hinders environmental innovation*. GreenBiz. Recuperado de: <https://www.greenbiz.com/article/when-regulation-hinders-environmental-innovation>
- Tharumarajah, A. y Koltun, P. (2007). Is there an environmental advantage of using magnesium components for light-weighting cars? *Journal of Cleaner Production*, 15 (11-12), 1017-1013.
- Transport & Environment (2015). *European Carmakers confronted with end of diesel*. Recuperado de: <https://www.transportenvironment.org/news/european-carmakers-confronted-with-end-of-diesel>
- Van den Hoed, R. (2007). Sources of radical technological innovation: the emergence of fuel cell technology in the automotive industry. *Journal of Cleaner Production*, 15 (11-12), 1014-1021.
- Wagner, M. (2007). On the relationship between environmental management, environmental innovation and patenting: Evidence from German manufacturing firms. *Research Policy*, 36, 1587-1602.
- Ziegler, A. y Seijas, J. (2009). Environmental management system and technological environmental innovations: Exploring the casual relationship. *Research Policy*, 38, 885-983.

Notas

- 1 Los mapas tecnológicos básicos de los sistemas de desplazamiento retratan la arquitectura primaria de propulsión de un vehículo: motor-energía-transmisión-eje de transmisión (diferencial; suspensión y ruedas). En conjunto, estos elementos (*power train system*) conforman el corazón tecnológico de un vehículo, pues define una forma de relación motor-(tipo de) combustible para ser traducido en energía que transmite una potencia de movimiento.
- 2 Cfr. Department of Transportation (DOT) en <https://www.transportation.gov/mission/sustainability/goals> y cfr. Environmental Protection Agency (EPA); en <http://www3.epa.gov/>. Por otra parte, 15 km/l. es un dato redondeado. EL CAFÉ lo ha fijado en 14.5; la NOM 163 en 14.9. Para este último punto cfr. SE-Semarnat-Sener; en <http://207.248.177.30/mir/uploadtests/27743.177.59.17.Presentacion%20Costo-beneficio%20NOM163%20COFEMER.pdf>.
- 3 Axel Sánchez en El Financiero cita a Marcos Pérez, director de Desarrollo de Producto de Ford, comentando al respecto: "... en el país falta mucho por trabajar ante la falta de facilidades del gobierno para hacer que los consumidores se interesen por este tipo de vehículos ... es necesario que existan subsidios que promuevan su venta". En (5-11-2014) 5 autos ahorradores y 5 que consumen más gasolina en México, Recuperado de: <http://www.elfinanciero.com.mx/empresas/los-autos-ahorradores-y-los-que-mas-consumen-gasolina-en-mexico.html>.
- 4 Con base en estudios del International Council on Clean Transportation un vehículo híbrido emite aproximadamente un tercio menos de gases que los vehículos convencionales, ICCT. Recuperado de: <http://www.theicct.org>.
- 5 La eficiencia energética hoy día se ve afectada por una variedad de sistemas y subsistemas vehiculares, incluyendo el peso y la aerodinámica, el cuerpo y material del auto, la resistencia a la rodadura de los neumáticos, los sistemas

- de arranque y parada, la capacidad de recuperación de la energía cinética en el frenado, y la transmisión y sistemas auxiliares de desplazamiento. Todo ello, en adición al tipo y sistemas de motores.
- 6 Las estimaciones de rendimientos y eficiencias provienen del portal de Eco Vehículos de INECC, CONUEE y Profepa. Recuperado de: <http://www.ecovehiculos.gob.mx> . Se basan en metodologías de la agencia estadounidense Environment Protection Agency, EPA), la australiana Green Vehicle Guide. Recuperado de: <https://www.greenvehicleguide.gov.au> . Es importante enfatizar, que las estimaciones de rendimientos y emisiones provienen de las empresas armadoras. El presunto fraude cometido por VW en la alteración de los datos sobre emisiones de algunos de sus autos, ha llevado a ONG s especializadas a advertir que sus estimaciones indican que las ensambladoras reducen entre 30 y 40% los datos de emisiones que reportan (Cfr. T&E, en 15-10-2015: Recuperado de: <https://www.transportenvironment.org/news/european-carmakers-confronted-‘end-diesel’>). En este documento se ha complementado la información de “mapas tecnológicos” con otras fuentes de AMIA , las páginas de las empresas y otras.
 - 7 Los datos de Transport & Environment revelan que en 2014 varios países de Europa central ya cumplían esta norma: Holanda (107 gramos), Grecia (108), Portugal (109), Francia (112) y España (118.6); Alemania contra todo pronóstico se había rezagado con 132,5 gramos de CO2 por kilómetro, consecuencia de su afición por coches más grandes y de mayor potencia. Citado por El País (06-07-2015), en http://elpais.com/elpais/2015/07/06/ciencia/1436183471_059406.html
 - 8 El reporte, citado por CNN (2013) Expansión, indica: consumo de gasolinas mayor en 22% que el de Alemania, 71% más que el de Italia, 103% al de Chile, 141% al de España y Francia, 192% al de Argentina y 242% al de Brasil.
 - 9 En el Mercado de Estados Unidos el precio de las gasolinas hoy es prácticamente la mitad del precio de referencia en 2012.

Notas de autor

- * Líneas de Investigación: Globalización, Instituciones y Movilidades en la región transfronteriza
- ** Líneas de Investigación: Determinantes de la innovación ambiental del sector automotriz en México.