FORMULACIÓN DE UNA AGENDA AMBIENTAL DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO E INNOVACIÓN PARA LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ EN COLOMBIA

LADY TATIANA BERMÚDEZ RODRÍGUEZ

MARÍA CRISTINA FIGUEROA DÍAZ



UNIVERSIDAD DEL VALLE
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL Y ESTADÍSTICA
MAESTRÍA EN INGENIERÍA CON ÉNFASIS EN INGENIERIA INDUSTRIAL
SANTIAGO DE CALI
2012

FORMULACIÓN DE UNA AGENDA AMBIENTAL DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO E INNOVACIÓN PARA LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ EN COLOMBIA

LADY TATIANA BERMÚDEZ RODRÍGUEZ

MARÍA CRISTINA FIGUEROA DÍAZ

TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE MAESTRÍA EN INGENIERÍA CON ÉNFASIS EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

DIRECTOR
JAVIER ENRIQUE MEDINA VÁSQUEZ Ph.D

CO-DIRECTOR
GLADYS RINCÓN BERGMAN MsC

UNIVERSIDAD DEL VALLE
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL Y ESTADÍSTICA
MAESTRÍA EN INGENIERÍA CON ÉNFASIS EN INGENIERIA INDUSTRIAL
SANTIAGO DE CALI
2012

A Dios por ser mi guía en todo este proceso
A mis padres , hermanos y
a mis adorados sobrinos: Juan Manuel y Luciana
por todo su amor y apoyo incondicional

Tatiana

A Dios, por haberme permitido este logro
A mis padres, Rodrigo y Marina, a quienes debo todo lo que soy
A mis hermanos, Kellin y Angélica, por su apoyo y comprensión
A mis sobrinos, María Camila y Miguel Ángel, mi inspiración y motivación
A Álvaro, por su amor y paciencia

María Cristina

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo de investigación fue posible gracias al Profesor *Javier Medina Vásquez,* quien no sólo fue nuestro director de tesis, sino que se convirtió en nuestro guía y apoyo permanente a lo largo de todo el proceso. A él le agradecemos todas sus enseñanzas, no solo en lo académica y profesional, sino también en el aspecto personal.

También le agradecemos al equipo de trabajo del Instituto de Prospectiva, Innovación y Gestión del Conocimiento de la Universidad del Valle, en especial a Felipe Ortíz, por brindarnos todo el soporte necesario para la realización de la presente investigación, en el marco del proyecto "Construyendo el Centro de Desarrollo Tecnológico de la Industria Automotriz Colombiana".

Adicionalmente, es importante mencionar los valiosos aportes realizados por expertos de la industria automotriz colombiana, en especial a Acolfa, Andi, Colciencias, el Programa de Transformación Productiva del Ministerio de Comercio, Industria y Turismo y a las empresas que participaron en la realización de las diferentes consultas.

Agradecemos igualmente a nuestra co-directora Gladys Rincón Bergman, por la asesoría brindada en el componente tecnológico y por su gestión ante el Posgrado de la Escuela de Ingeniería Industrial y Estadística.

Por último, agradecemos a nuestros familiares y amigos, por su apoyo, paciencia y comprensión, en especial a Diana Giraldo, Diana Pineda, Carolina, Sergio, Alexis y Nathaly.

TABLA DE CONTENIDO

0. INTRODUCCIÓN 14

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN 20

1.1 Formulación del Problema 20
1.2 Justificación 23

2. OBJETIVOS 27

2.1 Objetivo General 27
2.2 Objetivos Específicos 27

3. ESTADO DEL ARTE 28

3.1 Estrategia de Transformación Productiva 28
3.2 Ciencia, Tecnología, Innovación y Medio Ambiente 29
3.3 Estado del arte de estudios sobre la industria automotriz 34
3.4 Estado del arte de estudios relacionados con la construcción de Agendas de I+D+i 35

4. MARCO METODOLÓGICO 38

4.1 Metodología para la construcción de Agendas de I+D+i 38
4.2 Metodología de Inteligencia Competitiva y Vigilancia Tecnológica IC-VT 40
4.2.1 Definiciones básicas. 40
4.2.2 Razones para la aplicación de la IC-VT 44
4.2.3 Tipos de Vigilancia Tecnológica 46
4.2.4 Herramientas complementarias de la IC-VT 47
4.2.5 Adaptación de la metodología del Ciclo de la Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva 51

5. ENTORNO GENERAL DE LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ 57

5.1 Entorno general de la Ciencia, Tecnología e Innovación en el Mundo 57
5.2 Contexto Global de la Industria Automotriz 62
5.3 Contexto Latinoamericano 67

6. APROXIMACIÓN AL PERFIL TECNOLÓGICO DE LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ COLOMBIANA 75

6.1 Contexto colombiano 75
6.1.1 Clasificación internacional de la industria automotriz 75
6.1.2 Generalidades del Proceso Productivo 76
6.1.3 Estructura de la industria automotriz colombiana 78
6.1.4 Empresas, Producción y Empleo de la industria automotriz colombiana 78
6.1.5 Comportamiento Comercial de la Industria Automotriz Colombiana 81
6.1.6 Tratados y Regulaciones Comerciales 85
6.1.7 Parque Automotor 87
6.1.8 Aspectos Normativos 89
6.1.9 Regulaciones y Estándares Ambientales Internacionales 89
6.2 Know-How 90

7. IDENTIFICACIÓN DE TEMÁTICAS AMBIENTALES EN LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ 95
7.1 Situación Ambiental de la Industria Automotriz en Colombia 95
7.1.1 Renovación del Parque Automotor y Chatarrización 95
7.1.2 Movilidad 97
7.1.3 Vehículos Híbridos 97
7.1.4 Biocombustibles 98
7.1.5 Emisiones y Normatividad 99
7.2 Mapa Tecnológico Ambiental de la industria automotriz colombiana 101
7.2.1 Direccionadores del Desarrollo de la Industria Automotriz en el Componente Ambiental 105
7.2.2 Áreas y Líneas Tecnológicas 106
7.3 Priorización de Tecnologías Ambientales en la Industria Automotriz Colombiana 110
8. TENDENCIAS TECNOLÓGICAS 114
8.1 Tecnologías para mejorar la eficiencia del uso de la energía 115
8.1.1 Tendencias tecnológicas a partir del análisis de artículos científicos: Línea tecnológica: Tecnologías para mejorar la eficiencia del uso de la energía 115
8.1.2 Tendencias tecnológicas a partir del análisis de patentes. Línea tecnológica: Tecnologías para mejorar la eficiencia del uso de la energía 121
8.2 Línea tecnológica: Materiales de reciclaje y reuso 127
8.2.1 Tendencias tecnológicas a partir del análisis de artículos científicos. Línea tecnológica: Materiales de reciclaje y reuso 127
8.2.2 Tendencias tecnológicas a partir del análisis de patentes. Línea tecnológica: Materiales de reciclaje y reuso 133
8.3 Línea tecnológica: Biocombustibles 138
8.3.1 Tendencias tecnológicas a partir del análisis de artículos científicos. Línea tecnológica: Biocombustibles 138
8.3.2 Tendencias tecnológicas a partir del análisis de patentes. Línea tecnológica: Biocombustibles 144
8.4 Línea Tecnológica: Vehículos Híbridos 149
8.4.1 Tendencias tecnológicas a partir del análisis de artículos científicos. Línea tecnológica: Vehículos Híbridos 149
8.4.2 Tendencias tecnológicas a partir del análisis de patentes. Línea tecnológica: Vehículos Híbridos 155
8.5 Principales hallazgos del ejercicio de Vigilancia Tecnológica 159
9. ANÁLISIS DE CAPACIDADES DE FORMACIÓN, INVESTIGACIÓN E INVENCIÓN DE LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ COLOMBIANA 162
9.1 Capacidades de formación 163
9.1.1 Programas de formación. 163
9.1.2 Egresados 168
9.2 Capacidades de Invención 172
9.3 Capacidades de Investigación 174
10. AGENDA DE I+D+I AMBIENTAL DE LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ COLOMBIANA 183

10.1 Proyectos propuestos para las líneas tecnológicas priorizadas del Mapa ambiental de la industria automotriz colombiana 184
10.2 Propuesta de articulación de actores y estrategias 188
10.3 Estrategias para el desarrollo de la Agenda ambiental de la industria automotriz colombiana 189
10.3.1 Estrategias de I+D+i 189
10.3.2 Estrategias de formación 190
10.3.3 Estrategias de política pública 190
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 192
BIBLIOGRAFÍA 204
ANEXOS 213
ANEXO A. PARTICIPANTES EN EL TALLER 214
ANEXO B. INSTRUCTIVO PARA LA PRIORIZACIÓN DE LÍNEAS DEL MAPA AMBIENTAL DE LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ 215
ANEXO C. BITÁCORAS DE BÚSQUEDA 217
ANEXO D. GRUPOS DE INVESTIGACIÓN ASOCIADOS A LAS SUBLÍNEAS DE INVESTIGACIÓN PRIORIZADAS 222
ANEXO E. LISTA DE PARTICIPANTES TALLER CONSTRUCCIÓN DEL PORTAFOLIO DE PROYECTOS DE I+D+i 231

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Inversión en I+D en relación al PBI. Regiones y países seleccionados 2008 57
Gráfico 2. Relación entre IDH e inversión en I+D como porcentaje del PIB 59
Gráfico 3. Principales países productores 2000-2008-2009 66
Gráfico 4. Países perdedores en participación del mercado de la industria automotriz 66
Gráfico 5. Países ganadores en participación de mercado de la industria automotriz 67
Gráfico 6. Producción mundial de vehículos por regiones 1997-2009 68
Gráfico 7. Producción mundial de vehículos a motor (2009, % sobre el total de la producción) 68
Gráfico 8. Producción de vehículos en América Latina 1997-2009 (en miles de unidades) 69
Gráfico 9. Parque automotor 2007 (vehículos por cada 1000 habitantes) 70
Gráfico 10. Distribución del parque automotriz en la región (% sobre el total del parque en 2009) 70
Gráfico 11. Principales países productores de vehículos, 2008 71
Gráfico 12. México: Producción, ventas internas, exportaciones e importaciones de la industria automotriz, 1990-2009 *(en miles de unidades)* 72
Gráfico 13. Brasil: producción, ventas internas, exportaciones e importaciones de la industria automotriz, 1990-2009 *(en miles de unidades)* 72
Gráfico 14. Brasil: ventas internas de automóviles y vehículos comerciales livianos, por combustible, 1990-2009 *(en porcentajes)* 73
Gráfico 15. Previsiones de ventas (unidades vendidas) 74
Gráfico 16. Porcentaje de Establecimientos Industriales y de Personal Ocupado en la Industria Automotriz Colombiana 2010 79
Gráfico 17. Porcentaje de Producción Bruta y del Valor Agregado de Industria Automotriz Colombiana 2010 80
Gráfico 18. Sociedades por Departamento 2009 81
Gráfico 19. Ventas al Detal Acumuladas a Diciembre de 2011 82
Gráfico 20. Ventas de vehículos por origen e importación de vehículos por país de origen 83
Gráfico 21. Exportaciones e importaciones del sector autopartes 2004-2008 (millones de dólares) 84
Gráfico 22. Índices de Profundización Vehicular 2009-2010 88
Gráfico 23. Fuentes externas a las empresas industriales de donde provienen las ideas de innovación tecnológica, (CIIU Rev.3 A.C.) 341, 342. 343 93
Gráfico 24. Resultados de la Priorización de Líneas Tecnológicas Ambientales 111
Gráfico 25. Pertinencia líneas tecnológicas de Propulsión 112
Gráfico 26. Dinámica de Publicación de Artículos Científicos 1975-2011. Línea tecnológica: Tecnologías para mejorar la eficiencia del uso de la energía 115
Gráfico 27. Países líderes en publicación de artículos científicos. Línea tecnológica: Tecnologías para mejorar la eficiencia del uso de la energía 116
Gráfico 28. Instituciones líderes en publicación de artículos científicos. Línea tecnológica: Tecnologías para mejorar la eficiencia del uso de la energía 116

Gráfico 29. Temáticas Clave (Keywords). Línea tecnológica: Tecnologías para mejorar la eficiencia del uso de la energía..... 117

Gráfico 30. Dinámica de Temáticas. Línea tecnológica: Tecnologías para mejorar la eficiencia del uso de la energía 117

Gráfico 31. Redes de investigación entre temáticas clave (Keywords) en artículos científicos. Línea tecnológica: Tecnologías para mejorar la eficiencia del uso de la energía..... 119

Gráfico 32. Redes de trabajo entre las instituciones líderes en la publicación de artículos científicos. Línea tecnológica: Tecnologías para mejorar la eficiencia del uso de la energía..... 120

Gráfico 33. Redes de trabajo entre los países líderes en la publicación de artículos científicos. Línea tecnológica: Tecnologías para mejorar la eficiencia del uso de la energía..... 120

Gráfico 34. Dinámica en Publicación de Patentes 1972-2011. Línea tecnológica: Tecnologías para mejorar la eficiencia del uso de la energía..... 121

Gráfico 35. Países Líderes en Patentamiento. Línea tecnológica: Tecnologías para mejorar la eficiencia del uso de la energía 121

Gráfico 36. Instituciones líderes en patentamiento. Línea tecnológica: Tecnologías para mejorar la eficiencia del uso de la energía 122

Gráfico 37. Mercados Tecnológicos. Línea tecnológica: Tecnologías para mejorar la eficiencia del uso de la energía 122

Gráfico 38. Clasificación Internacional de Patentes (CIP). Línea tecnológica: Tecnologías para mejorar la eficiencia del uso de la energía..... 123

Gráfico 39. Articulación de los Códigos de la Clasificación Internacional de Patentes. Línea tecnológica: Tecnologías para mejorar la eficiencia del uso de la energía..... 124

Gráfico 40. Redes de investigación entre países líderes en patentes. Línea tecnológica: Tecnologías para mejorar la eficiencia del uso de la energía..... 125

Gráfico 41. Redes de investigación entre instituciones líderes en patentes. Línea tecnológica: Tecnologías para mejorar la eficiencia del uso de la energía..... 126

Gráfico 42. Dinámica en Publicación de Artículos Científicos 1971-2011. Línea tecnológica: Materiales de reciclaje y reuso 127

Gráfico 43. Países líderes en la publicación de artículos científicos. Línea tecnológica: Materiales de reciclaje y reuso 128

Gráfico 44. Instituciones líderes en la publicación de artículos científicos. Línea tecnológica: Materiales de reciclaje y reuso 128

Gráfico 45. Temáticas Clave (Keywords). Línea tecnológica: Materiales de reciclaje y reuso..... 129

Gráfico 46. Dinámica de Temáticas. Línea tecnológica: Materiales de reciclaje y reuso..... 129

Gráfico 47. Redes de investigación temáticas de artículos científicos. Línea tecnológica: Materiales de reciclaje y reuso 131

Gráfico 48. Redes de Investigación entre países líderes en publicación de artículos científicos. Línea tecnológica: Materiales de reciclaje y reuso 132

Gráfico 49. Redes de investigación entre instituciones líderes en publicación de artículos científicos. Línea tecnológica: Materiales de reciclaje y reuso..... 132

Gráfico 50. Dinámica de Patentamiento 1972-2011. Línea tecnológica: Materiales de reciclaje y reuso..... 133

Gráfico 51. Países líderes en patentamiento. Línea tecnológica: Materiales de reciclaje y reuso. 133

Gráfico 52. Instituciones líderes en patentamiento. Línea tecnológica: Materiales de reciclaje y reuso..... 134

Gráfico 53. Mercados Tecnológicos. Línea tecnológica: Materiales de reciclaje y reuso..... 135

Gráfico 54. Clasificación Internacional de Patentes (IPC). Línea tecnológica: Materiales de reciclaje y reuso..... 135

Gráfico 55. Redes de investigación entre países líderes en publicación de patentes. Línea tecnológica: Materiales de reciclaje y reuso..... 136

Gráfico 56. Redes de Investigación entre Instituciones Líderes en Publicación de Patentes 137

Gráfico 57. Dinámica de publicación de artículos científicos 1906-2011. Línea tecnológica: Biocombustibles..... 138

Gráfico 58. Países líderes en la publicación de artículos científicos. Línea tecnológica: Biocombustibles..... 139

Gráfico 59. Instituciones líderes en la publicación de artículos científicos. Línea tecnológica: Biocombustibles..... 139

Gráfico 60. Temáticas clave (Keywords). Línea tecnológica: Biocombustibles 140

Gráfico 61. Dinámica de temáticas. Línea tecnológica: Biocombustibles..... 140

Gráfico 62. Redes de Investigación Temáticas Línea tecnológica: Biocombustibles..... 142

Gráfico 63. Redes de investigación entre países líderes. Línea tecnológica: Biocombustibles..... 143

Gráfico 64. Redes de investigación entre instituciones líderes. Línea tecnológica: Biocombustibles 143

Gráfico 65. Dinámica de publicación de patentes 1990-2011. Línea tecnológica: Biocombustibles 144

Gráfico 66. Países líderes en patentes. Línea tecnológica: Biocombustibles..... 145

Gráfico 67. Instituciones líderes en la publicación de patentes. Línea tecnológica: Biocombustibles 145

Gráfico 68. Mercados tecnológicos. Línea tecnológica: Biocombustibles 146

Gráfico 69. Clasificación Internacional de Patentes. Línea tecnológica: Biocombustibles 146

Gráfico 70. Redes de investigación entre países líderes. Línea Tecnológica: Biocombustibles ... 148

Gráfico 71. Redes de trabajo entre instituciones líderes. Línea Tecnológica: Biocombustibles..... 148

Gráfico 72. Articulación entre los Códigos de la Clasificación Internacional de Patentes. Línea Tecnológica: Biocombustibles 148

Gráfico 73. Dinámica de Publicación de Artículos Científicos 1978-2011. Línea tecnológica: Vehículos Híbridos..... 149

Gráfico 74. Países líderes en publicación de artículos científicos. Línea tecnológica: Vehículos Híbridos 149

Gráfico 75. Instituciones líderes en publicación de artículos científicos. Línea tecnológica: Vehículos Híbridos..... 150

Gráfico 76. Temáticas Clave (Keywords). Línea tecnológica: Vehículos Híbridos..... 151

Gráfico 77. Dinámica de Temáticas. Línea tecnológica: Vehículos Híbridos..... 151

Gráfico 78. Redes de investigación temáticas. Línea tecnológica: Vehículos Híbridos 153

Gráfico 79. Redes de Investigación entre países líderes. Línea tecnológica: Vehículos Híbridos. 154

Gráfico 80. Redes de investigación entre instituciones líderes. Línea tecnológica: Vehículos Híbridos 154

Gráfico 81. Dinámica de Patentamiento 1975-2011. Línea tecnológica: Vehículos Híbridos. 155

Gráfico 82. Países líderes en patentamiento. Línea tecnológica: Vehículos Híbridos 155

Gráfico 83. Instituciones líderes en patentamiento. Línea tecnológica: Vehículos Híbridos..... 156

Gráfico 84. Mercados Tecnológicos. Línea tecnológica: Vehículos Híbridos 156

Gráfico 85. Clasificación Internacional De Patentes (CIP). Línea tecnológica: Vehículos Híbridos 157

Gráfico 86. Redes de Investigación entre Países Líderes en Patentes. Línea tecnológica: Vehículos Híbridos 158

Gráfico 87. Redes de Investigación entre Instituciones Líderes en Patentes. Línea tecnológica: Vehículos Híbridos 158

Gráfico 88. Países e instituciones líderes en publicación de artículos y patentes en las cuatro líneas tecnológicas analizadas 160

Gráfico 89. Programas de Formación en Áreas Relacionadas y Afines por Universidades y Tipo de formación..... 164

Gráfico 90. Modalidades de programas de formación del área ambiental..... 165

Gráfico 91. Personal ocupado en las empresas industriales, por nivel educativo, (CIIU Rev.3.A.C) 341-342-343 2007-2008 167

Gráfico 92. Personal ocupado en las empresas industriales, por nivel educativo y área de conocimiento (CIIU Rev.3.A.C) 341-342-343 2007-2008..... 168

Gráfico 93. Graduados en Áreas Relacionadas y de Apoyo para la Industria Automotriz por Áreas de Conocimiento 2001-2009..... 169

Gráfico 94. Graduados en Áreas Relacionadas y de Apoyo para la Industria Automotriz (Consolidado 2001 a 2009) 170

Gráfico 95. Graduados en Áreas Relacionadas y de Apoyo para la Industria Automotriz (entre 2001 y 2009) por Tipo de Formación..... 171

Gráfico 96. Número de graduados en el área ambiental y afines 2000-2010..... 171

Gráfico 97. Registros de protección de la propiedad intelectual obtenidos por las empresas industriales, por tipo de método de protección, según grupo industrial (CIIU Rev.3.A.C.) 341-342 y 343 2007-2008..... 173

Gráfico 98. Importancia de los obstáculos para la obtención de registros de propiedad intelectual, por tipo de obstáculo, según grupo industrial (CIIU.Rev.3.A.C) 341-342-343 años 2007-2008 174

Gráfico 99. Capacidades en Investigación por Líneas tecnológicas priorizadas 180

Gráfico 100. Número de programas de formación asociados a las líneas tecnológicas priorizadas 182

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Interacción Universidad-Estado-Empresa en el marco del proyecto “Construyendo el Centro de Desarrollo Tecnológico de la industria automotriz colombiana” 25

Figura 2. Niveles de innovación en el producto en el producto ambiental 31

Figura 3.Categorización de las Tecnologías Ambientales 33

Figura 4. Integración de las herramientas de gestión tecnológica 39

Figura 5. Relación entre la Inteligencia Competitiva y la Vigilancia Tecnológica 42

Figura 6. Razones para practicar IC-VT 45

Figura 7. Tipos de Vigilancia 47

Figura 8. Ciclo de la Vigilancia Tecnológica 54

Figura 9. El Diamante de la Prospectiva 55

Figura 10. Metodología para la construcción de la agenda de I+D+i ambiental de la industria automotriz colombiana 56

Figura 11. Capacidad de Adquirir el Top 16 de las Aplicaciones Tecnológicas, países seleccionados 61

Figura 12. Megatendencias sobre las innovaciones en la Industria Automotriz 64

Figura 13. Estructura simplificada de la cadena productiva de la industria automotriz colombiana 77

Figura 14. Proceso de construcción de Tendencias Tecnológicas y No Tecnológicas de la Industria Automotriz 101

Figura 15. Mapa Tecnológico Global de la Industria Automotriz 102

Figura 16. Mapa Ambiental de la Industria Automotriz Colombiana 104

Figura 17. Interacción Universidad-Estado-Empresa para el desarrollo de la agenda ambiental de la industria automotriz colombiana 188

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Formato para la definición de la agenda ambiental de I+D+i para cada línea tecnológica 40

Cuadro 2. Homologación CIIU-Rev. 3 A. C. para Colombia - Industria Automotriz (Vehículos y sus Partes) 75

Cuadro 3. Tratados comerciales y preferencias arancelarias vigentes para la industria automotriz colombiana 87

Cuadro 4. Estándares Técnicos Ambientales Internacionales de la Industria Automotriz..... 90

Cuadro 5. Innovaciones llevadas a cabo por las empresas industriales, por tipo de innovación (CIIU.Rev.3.A.C) 341-342-343..... 91

Cuadro 6. Importancia de las innovaciones llevadas a cabo por las empresas de la industria automotriz en el producto, mercado y en el proceso 92

Cuadro 7. Monto invertido en Actividades Científicas, Tecnológicas y de Innovación (ACTI) por tipo de actividad, según grupo industrial (CIIU Rev. 3 A.C.) 341-342-343. (Valores en miles de pesos) 94

Cuadro 8. Tipos de Capacidades 162

Cuadro 9. Programas de formación técnica y tecnológica del SENA relacionados con el componente ambiental de la industria automotriz colombiana..... 166

Cuadro 10. Capacidades nacionales en formación e investigación de las líneas tecnológicas priorizadas por la industria automotriz colombiana..... 176

Cuadro 11. Línea tecnológica priorizada 1. Tecnologías para mejorar la eficiencia del uso de la energía 184

Cuadro 12. Línea tecnológica priorizada 2. Materiales de reciclaje y reuso 185

Cuadro 13. Línea tecnológica priorizada 3. Biocombustibles..... 186

Cuadro 14. Línea tecnológica priorizada 4. Vehículos Híbridos..... 187

RESUMEN

En los últimos años, la industria automotriz ha experimentado importantes procesos de reestructuración a nivel mundial, que la han obligado a avanzar hacia nuevos modelos de negocio en mercados complejos, en donde es fundamental la innovación permanente, la regulación relacionada con el cambio climático y la transición hacia fuentes alternativas de energía. En Colombia, esta industria fue seleccionada por el Ministerio de Industria, Comercio y Turismo como uno de los sectores de clase mundial, los cuales contribuyen a la estrategia de Transformación Productiva del país.

Siendo la industria automotriz una de las que más transfiere tecnología y conocimiento en Colombia, resulta fundamental la construcción de una agenda de I+D+i ambiental, a partir del análisis de las oportunidades tecnológicas, relacionadas con la investigación en nuevas tecnologías energéticamente más eficientes, materiales de reciclaje y reuso, biocombustibles, y sistemas de propulsión alternativa, como vehículos híbridos. La selección de estos focos fue realizada por actores de la industria, representados por empresas ensambladoras y autopartistas, estamentos del estado, y el Instituto de Prospectiva, Innovación y Gestión del Conocimiento de la Universidad del Valle. La identificación de oportunidades tecnológicas se hizo con el uso de las herramientas de minería de datos, Vantage Point y el software de análisis de patentes, Goldfire.

Los resultados de la investigación, permitieron identificar diez proyectos ambientales de I+D+i que la industria automotriz debe implementar en el corto y mediano plazo, para lograr mayores niveles de eficiencia con criterios de sostenibilidad, que permitan mejorar su competitividad en el ámbito nacional e internacional.

PALABRAS CLAVE: Industria automotriz, agenda ambiental de investigación, desarrollo e innovación, vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva.

0. INTRODUCCIÓN

De acuerdo con el Conpes 3527 "Política Nacional de Competitividad y Productividad"[1], para la Comisión Nacional de Competitividad, la estrategia de desarrollo de sectores de clase mundial constituye uno de los pilares fundamentales sobre los cuales Colombia deberá cimentar su proceso de transformación productiva basada en la Ciencia, la Tecnología y la Innovación, para lograr insertarse con éxito en los mercados internacionales, desplegar las ventajas competitivas del país y mejorar la calidad de vida de la población.

Para desarrollar dicha estrategia, en el año en 2008, en el marco de la Política nacional de competitividad y productividad, el Ministerio de comercio, industria y turismo (MCIT) creó el Programa de transformación productiva (PTP) con el fin de mejorar la competitividad de los sectores establecidos y acelerar el desarrollo de los sectores emergentes. Entre los sectores establecidos se seleccionó al **Sector Autopartes-Vehículos** para la formulación y ejecución de un plan de negocio sectorial en alianza público-privada, con el fin de convertirlo en un sector de clase mundial[2].

Según el plan de negocios diseñado, "Colombia tiene hoy la oportunidad de desarrollar su sector de Autopartes y generar al menos US$ 3.4 Mil Millones en ventas, multiplicando el sector 2.3 veces y generando 12 mil nuevos empleos en el año 2032, pasando de 22 a 34 mil personas empleadas en el sector… Adicionalmente, se espera que las exportaciones pasen de US$ 520 Millones a US$1,142 Millones, asumiendo que Colombia logre exportar una proporción similar a la actual"[3].

La industria automotriz[4] tiene el potencial para transformarse en una industria de clase mundial, convirtiéndose en una plataforma de exportación de vehículos, en la medida en que cuente con una política automotriz sólida sin perder eficiencia en los aspectos energéticos, tecnológicos, ambientales o económicos, y que le permita dar el salto de ensamblador a productor.

También es vital que la industria fortalezca su capacidad de investigación, desarrollo e innovación I+D+i, con el fin de que las autopartes fabricadas contengan cada vez mayor

[1]COLOMBIA. DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN DNP. Documento Conpes 3527 Política Nacional de Competitividad y Productividad. Bogotá, 23 de Junio de 2008.

[2] De acuerdo con el Documento Colombia Construye y Siembra Futuro elaborado por Colciencias: "Los Sectores Estratégicos o de Clase Mundial son sectores basados en conocimiento, con vocación exportadora, generadores de alto valor agregado y de empleo, y complejo grado de eslabonamiento productivo y tecnológico y donde Colombia pueda consolidar o desarrollar nuevas capacidades en investigación e innovación".

[3] COLOMBIA. MINISTERIO DE INDUSTRIA, COMERCIO Y TURISMO. Desarrollando sectores de clase mundial en Colombia. Sector de Autopartes. Informe Final. McKinsey & Company. 2009.

[4] Para esta investigación, se utilizará el término Industria Automotriz para referirse a la actividad de ensamble de vehículos automotores y la fabricación de partes y piezas de vehículos utilizadas en el ensamble y como repuestos. Además involucra artículos producidos en otras cadenas productivas como las de metalmecánica, petroquímica (plástico y caucho) y textiles.

valor agregado, el sector se convierta en un sólido eslabón y promueva alternativas de ensamble[5].

Frente a la crisis que ha experimentado la industria automotriz a nivel mundial en los últimos años se han generado procesos de reestructuración que la han obligado a avanzar hacia nuevos modelos de negocio en mercados complejos en los que algunos factores claves son la innovación permanente, la regulación relacionada con el cambio climático y la transición energética tanto de corto, mediano y largo plazo.

Siendo la industria automotriz una de las que más trasfiere tecnología y conocimiento en Colombia, resulta fundamental la construcción de una agenda de I+D+i ambiental en la que se tengan en cuenta estos factores claves y los aspectos relacionados con la investigación en nuevas tecnologías energéticamente más eficientes, conocer los avances que ha realizado la industria, sus capacidades de investigación e innovación, potencialidades y tendencias tecnológicas, a través de la Inteligencia Competitiva y Vigilancia Tecnológica.

Así, el objetivo general de la investigación es "Formular una agenda de investigación, desarrollo tecnológico e innovación a partir del análisis de las oportunidades tecnológicas del componente ambiental de la industria automotriz colombiana para el fortalecimiento de la innovación y el fomento de su desarrollo sostenible y competitivo en el mediano y largo plazo, a través de la aplicación de inteligencia competitiva y vigilancia tecnológica".

Para el desarrollo del objetivo general de la investigación se proponen cuatro objetivos específicos encaminados a: la realización de un análisis del entorno de la industria automotriz en el ámbito internacional, latinoamericano y colombiano; la identificación de las principales problemáticas ambientales asociadas a la industria; la identificación de las tendencias tecnológicas y el análisis de capacidades nacionales asociadas a las problemáticas identificadas y por último la formulación de la agenda de I+D+i ambiental para la industria automotriz colombiana.

Es importante resaltar que la realización del presente trabajo de grado se hizo en el marco del proyecto: "Diseño y puesta en marcha del Centro de Desarrollo Tecnológico de la Industria Automotriz Colombiana" el cual hace parte de los Planes de negocio financiados por el Programa de transformación productiva del Ministerio de Industria, Comercio y Turismo y Colciencias. El ejecutor del proyecto fue el Instituto de Prospectiva, Innovación y Gestión del Conocimiento de la Universidad del Valle[6], el cual contó con la participación y validación permanente de la Asociación Colombiana de Fabricantes de Autopartes Acolfa, Andi, Colciencias, el Programa de transformación productiva y expertos de la industria de autopartes y de las principales ensambladoras del país[7].

[5]Revista Dinero. Industria automotriz, locomotora de la innovación [en línea]. Colombia, Septiembre 11 de 2010. [Consultado en Marzo 1 de 2011]. Disponible en internet: < http://www.dinero.com>.

[6] Las autoras del presente documento hicieron parte del equipo de trabajo del Instituto de Prospectiva, Innovación y Gestión del Conocimiento que desarrolló el proyecto de Diseño del Centro de Desarrollo Tecnológica de la industria automotriz colombiana, el cual fue dirigido por el profesor Javier Medina Vásquez.

[7] En especial se reconoce el aporte de Santiago Schlesinger (PTP), Fernando Meza (PTP-Acolfa), Alberto Macías (ACOLFA), Andrea Crespo (ACOLFA), Juliana Rico (ANDI), Félix Schmitt (ANDI) Ricardo Laverde y Claudia Sánchez (COLCIENCIAS), Elkin Espítia (GM Colmotores), Jaime Monguí (HINO), Julio Cesar Zipa

En este sentido, este proyecto se convierte en una verdadera articulación Universidad-Estado-Empresa, donde la universidad, representada por la Universidad del Valle y específicamente por el Instituto de Prospectiva, Innovación y Gestión del Conocimiento, contribuyen a la generación de conocimiento aplicado a las necesidades reales de investigación, desarrollo e innovación de la industria automotriz, y todo esto con el apoyo y financiamiento del Ministerio de Industria, Comercio y Turismo y Colciencias, entidades que validan los resultados, promueven la elaboración y puesta en marcha de proyectos conjuntos y se pueden convertir en gestores de políticas de fomento a la industria automotriz colombiana.

El presente documento está orientado de la siguiente manera:
En la primera parte, se plantea el problema de investigación, el cual se centra en la identificación de las principales áreas y líneas de una agenda de I+D+i ambiental para la industria automotriz en Colombia. También se expone la justificación, donde se plantea la necesidad e importancia de construir la agenda de I+D+i ambiental para la industria automotriz, haciendo uso de la inteligencia competitiva y vigilancia tecnológica.

Posteriormente, se presenta el Estado del Arte de la investigación que se relaciona con la Estrategia de Transformación Productiva, la relación entre ciencia, tecnología, innovación y medio ambiente, los estudios previos que se han realizado sobre industria automotriz y el estado del arte de estudios relacionados con la construcción de agendas de I+D+i.

En la cuarta parte, se presenta el Marco Metodológico de la investigación el cual se divide en la definición de la metodología para la construcción de agendas de I+D+i y en la metodología de vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva que contiene las herramientas complementarias que permitieron la realización del presente proyecto de investigación.

El quinto capítulo se centra en el análisis del entorno general de la industria automotriz en el mundo y a nivel latinoamericano donde se identifican las principales tendencias tecnológicas, la reconfiguración y reubicación de las actividades productivas y las reglamentaciones asociadas con el medio ambiente.

En el sexto capítulo se hace una aproximación al perfil tecnológico de la industria automotriz colombiana donde se analiza en detalle el contexto colombiano, las generalidades del proceso productivo, y los entornos de I+D+i, competitivo, comercial, político-normativo y ambiental. Además se analiza como es el know-how de la industria automotriz en Colombia, resaltando la necesidad que tiene la industria nacional de realizar innovaciones propias.

En la séptima parte se identifican las temáticas ambientales asociadas a la industria automotriz entre las que se encuentran: la renovación del parque automotor y chatarrización, movilidad, vehículos híbridos, biocombustibles y emisiones y normatividad. A partir de la identificación de estas problemáticas, se construyó el Mapa tecnológico ambiental de la industria automotriz, el cual fue validado por expertos de la industria quienes priorizaron cuatro líneas tecnológicas que se definieron como el foco del ejercicio

(TRIMCO), Marlen Galvis (INCOLBEST), José Fernando Gutiérrez (UMO) y Hernán Patricio Álvarez (YAZAKI).

de vigilancia tecnológica: Tecnologías para mejorar la eficiencia del uso de la energía, materiales de reciclaje y reuso, biocombustibles y vehículos híbridos.

En el capítulo 8 se identifican las tendencias tecnológicas de los cuatros focos de VT a partir del análisis de artículos científicos y patentes. En este capítulo se analizaron los siguientes aspectos: Dinámica de publicación y patentamiento, países e instituciones líderes, principales temáticas, mercados tecnológicos (Oficinas internacionales en donde se registran las patentes), Clasificación Internacional de Patentes CIP y las Redes de Trabajo entre países, instituciones y temáticas.

Posteriormente, en el capítulo 9 se realiza un análisis de las capacidades en formación, investigación e invención de la industria automotriz colombiana, donde se resalta que aunque existe una importante masa crítica relacionada con los programas de formación y centros y grupos de investigación, todavía en necesario que estos se focalicen en las necesidades ambientales que plantea la industria automotriz.

En el capítulo 9, se define la agenda de I+D+i ambiental de la industria automotriz en Colombia, la cual se compone de un portafolio de diez proyectos que se deben encaminar al fomento de la innovación y del desarrollo sostenible y competitivo de la industria automotriz en el mediano y largo plazo.

Finalmente, se presentan las principales conclusiones y recomendaciones del ejercicio, donde se resalta la importancia que representa la construcción de agenda de I+D+i ambiental de la industria automotriz colombiana, ya que constituye una hoja de ruta sobre las principales líneas de investigación, proyectos y estrategias que la industria automotriz debe desarrollar e implementar en el campo ambiental a corto, mediano y largo plazo.

La implementación de la agenda de I+D+i ambiental permitirá mejorar la productividad y competitividad de la industria automotriz colombiana tanto en los mercados nacionales e internacionales. De igual manera, la agenda constituye un instrumento con el cual la industria automotriz puede soportar la toma de decisiones estratégicas relacionadas con el desarrollo de productos y procesos, desarrollo de mercados y capacidades, y asignación de recursos para investigación y desarrollo.

Los resultados del ejercicio de IC-VT y el cruce con las capacidades nacionales en investigación, formación e invención, permitieron la identificación de las oportunidades tecnológicas para la industria automotriz colombiana relacionadas con la variable ambiental, la cual se constituye en un elemento clave para la transformación productiva de la industria. El aprovechamiento de estas oportunidades debe ir ligado de un redireccionamiento de los actuales programas de formación, grupos y centros de investigación en función de las necesidades más sentidas de la industria automotriz.

Es importante que todas las iniciativas alrededor de la agenda de I+D+i cuenten con la definición de un marco normativo claro, estrategias de financiación e inversión y políticas de fomento industrial y comercial con el fin de garantizar que los proyectos propuestos se lleven a cabo. En este proceso es fundamental, la articulación de los diferentes actores de la industria, la academia y el gobierno, en cabeza del Programa de Transformación Productiva del Ministerio de Industria, Comercio y Turismo para la generación de políticas claras, coherentes y coordinadas.

En este sentido, la aplicación de ejercicios de Inteligencia Competitiva y Vigilancia Tecnológica que incorporan una visión prospectiva, como el caso de la presente investigación, son fundamentales para la consolidación de la industria automotriz colombiana como un verdadero sector de clase mundial.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Formulación del Problema

Transformando la industria automotriz en una industria de Clase Mundial

"La industria automotriz constituye un sector estratégico en muchas economías del mundo, tanto las más avanzadas como las que se consideran emergentes, lo que le ha merecido consideraciones especiales en las políticas industriales de muchos gobiernos por sus grandes impactos en la producción y el empleo. Solo en Estados Unidos, esta industria genera cerca del 4% del producto interno bruto, el 10% del valor de la producción industrial y 1 de cada 10 empleos[8]".

Para el país, la industria automotriz es un sector de impactos y potencialidades significativas, especialmente en el empleo, en el desarrollo tecnológico y en el medio ambiente pues tiene influencia en otras industrias por la variedad de materiales utilizados en los procesos productivos y en las técnicas empleadas.

En el año 2008, en el marco de la Política nacional de competitividad y productividad, se estructuró el Programa de Transformación Productiva –PTP- que tiene como objetivo promover el desarrollo de sectores de clase mundial mediante la formulación y ejecución de planes de negocios sectoriales en alianza público-privada. Dentro de los ocho sectores seleccionados se encuentra el sector autopartes-vehículos.

La selección de la industria automotriz como un sector de clase mundial plantea varios retos relacionados con la incorporación de desarrollo tecnológico incluyendo inversiones en investigación, desarrollo e innovación (I+D+i), tecnología de producción y recurso humano, puesto que en el país la inversión en I+D+i es relativamente baja y no existe un esfuerzo conjunto de la industria para su fortalecimiento.

A pesar de la crisis que ha afrontado el sector a nivel mundial en los últimos años, para Colombia el panorama ha sido positivo pues "los ingresos para el sector de autopartes-vehículos ascendieron de 448 millones de dólares en el 2003 a 1.500 millones de dólares en el 2008, las exportaciones pasaron de 227 millones de dólares en el 2005 a 519 en el 2008 y la inversión extranjera directa pasó de 1,2 millones de dólares en el 2005 a 8,6 millones en el 2007, generando en su totalidad 22.000 empleos directos en el año 2008"[9]

Teniendo en cuenta que la industria automotriz colombiana tiene la expectativa de convertirse en una plataforma exportadora de vehículos y autopartes en el contexto regional y mundial, la entrada en vigencia de tratados de libre comercio con países como Corea pone en riesgo la posibilidad de transformarse en un sector de clase mundial.

[8] COMISIÓN ECONÓMICA PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE CEPAL. La inversión extranjera directa en América Latina y el Caribe. Capítulo 2: La industria automotriz frente a la crisis: estrategias empresariales en el Brasil y México. New York: Naciones Unidas; 2009.

[9] COLOMBIA. MINISTERIO DE INDUSTRIA, COMERCIO Y TURISMO. Desarrollando sectores de clase mundial en Colombia. Sector de Autopartes. Informe Final. Op cit.

La problemática ambiental de la industria automotriz

En la actualidad, la penetración vehicular en Colombia no es tan profunda respecto del PIB per cápita y del desarrollo que se ha generado en otros países de similar nivel socio-económico. "En el año 2008, 41 de cada 1000 colombianos tenían un vehículo, y se espera que en el 2032 la penetración vehicular sea de 112 automotores por cada 1000 habitantes"[10]. En este sentido, "se especula que para el 2014 el país contará con 10,4 millones de automóviles y 13 millones de motocicletas"[11], lo cual plantea una oportunidad interesante para la industria en el mediano y largo plazo.

Frente a la expansión del parque automotor actual y lo que se proyecta a futuro, "resulta preocupante que el tema de disposición final del producto automotor y sus partes se haya desarrollado poco en el país. De manera similar, el tema de la disposición final de piezas de alta rotación durante la vida útil de los vehículos (baterías, filtros y llantas, aceites, etc.) tampoco se ha abordado mucho"[12].

La preocupación es mayor, si se tienen en cuenta las tendencias internacionales como la innovación tecnológica presionada por la regulación y normatividad - cada día más estricta - en materia de seguridad y cuidado del medio ambiente, en especial las estrategias que se discuten entre los líderes mundiales para afrontar el cambio climático, tema en el cual se atribuye al sector transporte el 14% de las emisiones de gases de efecto invernadero en el mundo, porcentaje que continua en aumento[13].

Lo anterior muestra una tendencia mundial hacia los mercados verdes, en los que los fabricantes de vehículos y sus partes se deben enfrentar a un reto doble de ahorro de combustibles y reducción de emisiones, que los conduce al gran cuestionamiento de cómo producir vehículos más limpios y eficientes energéticamente, es decir "amigables con el medio ambiente", mientras que al mismo tiempo mantienen los costos adicionales a un nivel aceptable para hacer los vehículos "verdes" y sus partes atractivas para los consumidores[14]. Esto exige cambios profundos en los métodos de manufactura, operación y disposición de los vehículos, así como los materiales y combustibles utilizados.

Muchas de estas tendencias, algunas de ellas relacionadas con el tema ambiental, generarán cambios importantes en la industria a nivel mundial y ya se están divisando en los mercados más complejos donde se localizan los principales fabricantes de equipo original. No obstante, dichas tendencias son poco tenidas en cuenta en las perspectivas de los productores colombianos de autopartes y vehículos, como por ejemplo la aparición de combustibles alternativos y la disponibilidad/demanda de materiales avanzados[15].

---

[10] Ibíd.

[11] DELGADO, J. Presente y futuro: ¿Cómo está el parque automotor en Colombia? [en línea]. [Consultado en Marzo 5 de 2011]. Disponible en internet: <http://www.revistadelogistica.com/revista-de-logistica-edicion-11.asp>.

[12] MALAVER, F. Los núcleos de conocimiento en las apuestas estratégicas de Bogotá y Cundinamarca y los sistemas sectoriales de innovación. Apuesta: Automotriz y Autopartes. Grupo CINNCO. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana; 2009.

[13] *PRICEWATERHOUSECOOPERS. The automotive industry and climate change Framework and dynamics of the CO2 (r)evolution* [en línea]. 2007. [Consultado en Marzo 8 de 2011]. Disponible en internet: < http://www.pwc.de/de/automotive>.

[14] Ibíd.

[15] MALAVER, F. Op.cit.

De acuerdo con el estudio de McKinsey & Co elaborado para el Ministerio de Industria, Comercio y Turismo[16], las consideraciones ambientales presentan grandes retos para la industria automotriz en dos sentidos: restricciones ambientales y seguridad energética. Dentro de las restricciones ambientales es evidente que la industria es una gran emisora de gases efecto invernadero, causantes del calentamiento global. Además, tiene un efecto en la contaminación de las áreas urbanas incluyendo el ruido.

Con respecto a las consideraciones de seguridad energética, la dependencia del petróleo como principal combustible, tiene importantes implicaciones respecto a la estabilidad política y social de los grandes países productores además de la ausencia de un sustituto eficiente y masivo.

Tecnologías ambientales aplicadas a la industria automotriz

A partir de la problemática descrita, la variable ambiental puede jugar un papel clave si la industria logra articularse con las tendencias mundiales relacionadas con la protección del medio ambiente y la mitigación de los impactos del cambio climático, a través de la implementación de tecnologías ambientales. Además, la industria podría aprovechar la oportunidad de convertirse en proveedora de partes para vehículos ambientalmente amigables como por ejemplo los vehículos híbridos. De esta manera, la variable ambiental podría convertirse en uno de los motores de transformación del sector.

En este sentido, la Comisión Europea define las Tecnologías Ambientales como "…todas las tecnologías cuyo uso causa menos daño en el medio ambiente que las alternativas. Incluyen tecnologías para controlar la contaminación (por ejemplo: control de la contaminación atmosférica, gestión de residuos), productos y servicios menos contaminantes, (por ejemplo: pilas de combustible) y formas para gestionar de una manera eficiente los recursos (por ejemplo: abastecimiento de agua, tecnologías de ahorro energético)"[17].

Ampliando esta definición, las tecnologías e innovaciones ambientales no sólo comprenden sistemas y componentes técnicos sino también innovaciones organizativas y la inclusión de innovaciones institucionales necesarias para llevar a cabo las tecnologías ambientales.

De esta manera, en este trabajo de grado, se plantea la necesidad de identificar hacia qué campos de investigación, desarrollo e innovación en el ámbito ambiental, la industria automotriz, tiene las mayores potencialidades de desarrollo.

A partir de esta identificación, la industria automotriz puede no solo contribuir con la seguridad y protección del medio ambiente, sino que puede generar beneficios en términos de las oportunidades de comercialización y exportación para la misma. Esto puede contribuir en la mejora de la competitividad e innovación de las empresas que las implementen y por ende del país en general.

[16] COLOMBIA. MINISTERIO DE INDUSTRIA, COMERCIO Y TURISMO. Desarrollando sectores de clase mundial en Colombia. Sector de Autopartes. Informe Final. Op cit.
[17] COMISIÓN EUROPEA, Citado por COMISIÓN EUROPEA. Informe de Vigilancia Tecnológica. Tecnologías ambientales. Serie Informes de tecnologías claves de la Unión Europea. p. 10.

Pregunta de Investigación

De acuerdo con lo planteado hasta el momento, la pregunta que se quiere resolver con esta investigación es:

¿Cuáles son las oportunidades tecnológicas del componente ambiental de la industria automotriz colombiana que pueden ser aprovechadas para fortalecer la innovación y fomentar su desarrollo sostenible y competitivo en el mediano y largo plazo?

Se espera que el diseño de una agenda de I+D+i ambiental permita explorar la problemática ambiental de la industria automotriz en Colombia y conocer sus necesidades de investigación y desarrollo, para así priorizar las demandas tecnológicas de la industria en este campo mediante la implementación de metodologías novedosas de gestión tecnológica como la Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva. La identificación de las demandas tecnológicas es prioritaria porque cuanto mayor es la capacidad de un sistema de identificar y resolver un problema, más rápido se adapta y permanece en el mercado.

Por lo anterior, dicha agenda se constituiría en un documento orientador sobre las principales áreas y líneas tecnológicas en el campo ambiental de la industria automotriz. En este sentido, la agenda se debe concebir como un programa integrado, dinámico y flexible de proyectos y estrategias para el fortalecimiento de la investigación y el desarrollo tecnológico con el fin de brindar apoyo para la toma de decisiones estratégicas relacionadas con el desarrollo de productos y procesos, desarrollo de mercados y capacidades, y asignación de recursos para investigación y desarrollo[18].

1.2 Justificación

Este ejercicio se justifica en la medida que existen diversas iniciativas políticas que quieren potencializar sectores establecidos y de gran impacto económico, social y ambiental y convertirlos en Sectores de Clase Mundial que contribuyan a mejorar la productividad y competitividad del país.

El Programa de transformación productiva del Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, seleccionó diez Sectores de Clase mundial: tradicionales y emergentes. Dentro los tradicionales se encuentran: Energía Eléctrica, Bienes y Servicios Conexos, Industria de la Comunicación Gráfica, Sistema Moda (Textil, confecciones, diseño, Moda calzado-cuero y marroquinería), Siderurgia y metalmecánica y **Autopartes y Vehículos.**

Una primera fase del Programa de transformación productiva, consistió en la elaboración de los Planes sectoriales cuyo objetivo era crear una agenda estratégica para desarrollar sectores de clase mundial, elaborando un plan para mejorar la competitividad de cada sector. Lo anterior incluye diseñar iniciativas que permitan un incremento de las

[18] CASTELLANOS, O.; TORRES, L. y DOMÍNGUEZ, K. Manual Metodológico para la Definición de Agendas de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Cadenas Productivas Agroindustriales. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Bogotá: Giro Editores Ltda; 2009.

exportaciones y la formalización e inversión en cada uno de los sectores[19]. Esta primera fase fue desarrollada por la firma consultora Mckinsey & Company.

En desarrollo del Programa de transformación productiva, el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo estableció un convenio con Colciencias con el propósito de estimular y acompañar a las empresas e instituciones vinculadas con los ocho (8) sectores de clase mundial, en la consolidación de sus capacidades estratégicas para la implementación de iniciativas relacionadas con investigación, desarrollo e innovación (I+D+i).

Este acompañamiento, consiste en la realización de ejercicios de prospectiva estratégica, que contribuyan al cierre de las brechas de productividad identificadas, con impactos relevantes a corto, mediano y largo plazo para el país. La implementación de los planes de negocio se basa en un modelo de colaboración público-privado que incluye el seguimiento a las actividades que hacen parte de las iniciativas definidas.

Para el caso de la industria automotriz, la Universidad del Valle y particularmente el Instituto de Prospectiva, Innovación y Gestión del Conocimiento[20], con amplia experiencia en la realización de ejercicios de prospectiva estratégica y vigilancia tecnológica, ganó la convocatoria nacional para el Diseño y puesta en marcha del Centro de Desarrollo Tecnológico de la Industria Automotriz Colombiana, proyecto en el cual se enmarca el presente trabajo de grado.

Es importante resaltar que para la realización del proyecto de investigación, se contó con la validación permanente de tres comités: comité de seguimiento, comité de validación y comité estratégico, los cuales fueron conformados por gremios y empresas de la industria (Acolfa, Andi, GM Colmotores, Sofasa Renault, Grupo Chaid Neme, HINO, TRIMCO, INCOLBEST, UMO, YAZAKI, entre otros), el gobierno (Ministerio de Industria, Comercio y Turismo-Programa de transformación productiva y Colciencias) y las universidades (Universidad del Valle-Instituto de Prospectiva, Innovación y Gestión del Conocimiento). En la Figura 1 se representa la interacción de estos actores en el marco de un trabajo articulado entre la Universidad-Estado-Empresa.

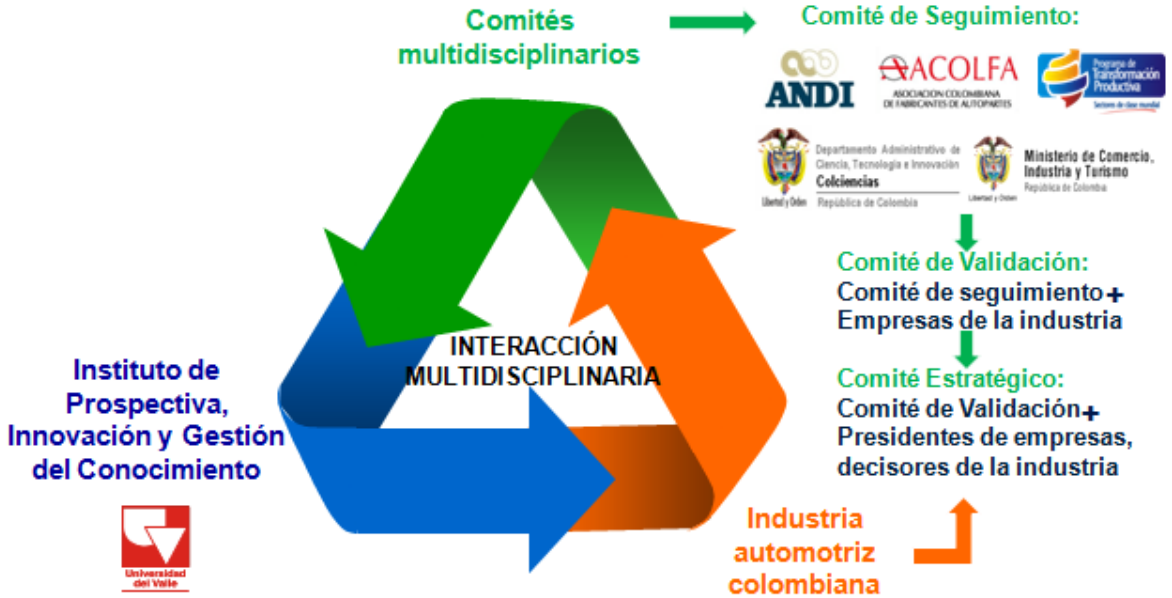
El enfoque ambiental de esta investigación permitirá formular líneas de investigación ambientales para el Centro de Desarrollo Tecnológico y así cumplir con el objetivo general del proyecto: “Desarrollar un ejercicio de prospectiva estratégica que determine los elementos esenciales y establezca las bases para la constitución del Centro de I+D+i de la industria automotriz colombiana, como mecanismo que contribuya a consolidar la capacidad competitiva del sector en el mercado global y su proyección como sector de talla mundial”[21].

[19] COLOMBIA. MINISTERIO DE INDUSTRIA, COMERCIO Y TURISMO. Desarrollando sectores de clase mundial en Colombia. Sector de Autopartes. Informe Final. Op cit.

[20] Es importante resaltar que las autoras del presente documento son Profesionales de Investigación del Instituto de Prospectiva, Innovación y Gestión del Conocimiento y hacen parte del equipo de trabajo que participó en el diseño el Centro de Desarrollo Tecnológico para la Industria Automotriz.

[21] INSTITUTO DE PROSPECTIVA, INNOVACIÓN Y GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO. Construyendo el Centro de Desarrollo Tecnológico de la Industria Automotriz Colombiana. Documento de Trabajo. Noviembre 22 de 2010.

Figura 1. Interacción Universidad-Estado-Empresa en el marco del proyecto "Construyendo el Centro de Desarrollo Tecnológico de la industria automotriz colombiana"



Fuente: Elaboración propia.

Particularmente, este documento se enfocará en el componente ambiental de la industria automotriz, a través de la cual se espera determinar y analizar las oportunidades tecnológicas que permiten la construcción de la agenda de I+D+i ambiental para la industria automotriz colombiana.

De esta manera, se evidencia que el presente trabajo de grado parte de un problema real, relacionado con la potencialidad que deben adquirir los sectores de clase mundial, particularmente la industria automotriz, en relación a la ampliación de la oferta exportable, generación de empleo, aumento de la productividad. competitividad y el fomento a la innovación y el desarrollo tecnológico.

El presente trabajo de grado se enmarca en lo que Gibbons et al[22] ha denominado Modo 2 de la investigación, el cual plantea la necesidad de evolucionar hacia un nuevo modo de investigación participativa, de carácter transdisciplinar y enfocado en la resolución de los problemas que se presentan en el entorno y en la sociedad en general.

En este sentido, el Modo 2 de investigación participativa, puede contribuir a que las universidades e instituciones generadoras de conocimiento, evolucionen del modelo tradicional y se transformen en organizaciones que aprenden y que están muy relacionadas con su entorno. De esta manera, los resultados y productos de las investigaciones, contribuirán a la solución de problemas reales y no se concentrarán únicamente en la publicación y el reconocimiento de pares académicos.

[22] GIBBONS, M. et al. La nueva producción del conocimiento. Barcelona: Ediciones Pomares-Corredor S.A; 1997.

El Modo 2, se concentra en la resolución de problemas de investigación mucho más concretos y cercanos a la realidad del entorno. Este tipo de investigaciones se hacen de manera articulada y colaborativa entre profesionales de diferentes disciplinas y actores sociales relacionados con el contexto del problema, lo que garantiza la pertinencia y utilidad de los resultados, además de un mayor impacto y significado para los sectores económicos, el gobierno y la sociedad en general.

En este sentido, el análisis de las oportunidades tecnológicas del componente ambiental de la industria automotriz colombiana se enmarca en el Modo 2 de la investigación, pues sus resultados contribuirán directamente a la solución de problemas ambientales específicos y reales de la industria.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

Formular una agenda de investigación, desarrollo tecnológico e innovación a partir del análisis de las oportunidades tecnológicas del componente ambiental de la industria automotriz colombiana, para el fortalecimiento de la innovación y el fomento de su desarrollo sostenible y competitivo en el mediano y largo plazo, a través de la aplicación de inteligencia competitiva y vigilancia tecnológica.

2.2 Objetivos Específicos

1. Realizar un análisis del entorno general la industria automotriz en el mundo, y una aproximación al perfil tecnológico de la industria automotriz en Colombia, en los siguientes aspectos: I+D+i, competitivo, comercial, político-normativo y ambiental.

2. Identificar los principales temas y áreas problemáticas, oportunidades y desafíos en el componente ambiental de la industria automotriz colombiana, que requieran soluciones de I+D+i.

3. Identificar las tendencias tecnológicas, la evolución y dinámica de la ciencia, tecnología e innovación y las capacidades científicas y tecnológicas del componente ambiental de la industria automotriz en Colombia.

4. Formular el portafolio de proyectos de I+D+i para la agenda ambiental de la industria automotriz en Colombia.

3. ESTADO DEL ARTE

3.1 Estrategia de Transformación Productiva

El concepto de Transformación Productiva surge a partir de una propuesta de la CEPAL para el desarrollo de los países de América Latina y el Caribe en el decenio de los noventa y también en adelante. La propuesta gira en torno a la que se considera tarea primordial y común a todos los países: *la transformación de las estructuras productivas de la región en un marco de progresiva equidad social.*

Mediante esta transformación, se pretende "crear nuevas fuentes de dinamismo que permitan cumplir algunos de los objetivos propios de una concepción actualizada del desarrollo: crecer, mejorar la distribución del ingreso, consolidar los procesos democratizadores, adquirir mayor autonomía, crear condiciones que detengan el deterioro ambiental y mejorar la calidad de la vida de toda la población"[23].

De esta manera, el concepto de transformación productiva integra una serie de políticas encaminadas al progreso económico y social de los países, donde la innovación y el conocimiento juegan un papel fundamental. En este proceso se hace necesaria la diversificación de la oferta exportadora basada en la innovación y la especialización en la exportación de bienes y servicios de alto valor agregado.

De hecho, "la innovación tiende a caracterizar la consolidación y crecimiento de *clústers*, así como la generación de nuevas actividades. Además, mejora la capacidad para absorber nuevas tecnologías a través de la interacción entre las empresas multinacionales y las empresas domésticas. A su vez, estas estrategias pueden redundar en una mayor innovación, con lo cual se establece un círculo virtuoso innovación-transformación productiva que puede apoyar la sostenibilidad y robustez del crecimiento de las economías de la región"[24].

Bajo este enfoque, el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo propuso en el año 2007 el Programa de Transformación Productiva cuyo objetivo es el "Desarrollo de sectores de clase mundial mediante la formulación y ejecución de planes de negocios sectoriales en alianza público-privada, buscando crecimiento económico y generación de más y mejores empleos"[25].

Las estrategias encaminadas al logro de estos objetivos son las siguientes:

- Estimular la producción de Más y Mejor de lo Bueno: Esta estrategia está enfocada en el fortalecimiento de sectores establecidos. Para esto se seleccionaron cinco sectores: Industria de la Comunicación Gráfica, Sistema Moda (Textiles, Confecciones, Diseño,

[23] COMISIÓN ECONÓMICA PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE CEPAL. Transformación Productiva con Equidad [en línea]. Marzo de 1990. [Consultado en Marzo 15 de 2011]. Disponible en internet: < http://www.eclac.org>.

[24] CORPORACIÓN ANDINA DE FOMENTO CAF. Camino a la transformación productiva en América Latina. Caracas: Gráficas Acea; 2007.

[25] COLOMBIA. MINISTERIO DE COMERCIO, INDUSTRIA Y TURISMO. Programa de Transformación Productiva [en línea]. [Consultado en Marzo 8 de 2011]. Disponible en internet: <http://www.transformacionproductiva.gov.co>.

Moda y Calzado-cuero-marroquinería); Energía eléctrica, Bienes & Servicios Conexos, Siderurgia y metalmecánica y la **Industria de Autopartes y de Vehículos.**

- Impulsar el Desarrollo de Sectores Nuevos y Emergentes: Esta estrategia se enfoca en sectores que aún no están consolidados y que tienen alto potencial de crecimiento a futuro. Los cinco sectores seleccionados son: Tercerización de Procesos de Negocios: BPO&O; Software y Tecnologías de la Información; Cosméticos y Artículos de Aseo; Turismo de Salud y Turismo de Naturaleza.

- Promover valor agregado, innovación y desarrollo en Sectores Agro: Los sectores seleccionados para esta estrategia son: Chocolatería, confitería y sus materias primas; Carne Bovina; Palma, aceites y grasas vegetales; Camaronicultura.

Como resultado de este proceso se formuló en el año 2010 el Documento Conpes 3678 "Política de Transformación Productiva: Un modelo de desarrollo sectorial para Colombia", cuyo objetivo es propender por la generación de crecimiento sostenible en la economía y el empleo, y busca desarrollar sectores altamente competitivos y generadores de valor agregado, alcanzando estándares de clase mundial, lo que se debe traducir en un aumento del bienestar para el país.

Este documento plantea una serie de estrategias para el fortalecimiento de los sectores de clase mundial seleccionados. Para el caso del sector autopartes-vehículos, el objetivo general es "impulsar la evolución de la industria automotriz hacia un modelo que, en el marco de unos lineamientos interinstitucionales integrales, incremente el nivel de agregación de valor e integración de la cadena y permita generar economías de escala, mayor productividad y competitividad, dando viabilidad al sector y posicionándolo como uno de clase mundial"[26].

Para lograr este objetivo se ha identificado que es necesario trabajar en aspectos estratégicos relacionados con las tendencias mundiales de la industria; el aumento del tamaño del mercado; la generación de encadenamientos productivos entre los diferentes actores y eslabones de la cadena; la incorporación de valor agregado; el incentivo a la I+D+ de la industria; la creación de parques industriales; y el desarrollo de programas de educación técnica y tecnológica enfocados a la industria automotriz. Estas estrategias contribuirán efectivamente a la mejora de la competitividad y el futuro desarrollo de la industria automotriz colombiana.

3.2 Ciencia, Tecnología, Innovación y Medio Ambiente

Evolución de la relación entre tecnología y medio ambiente

De acuerdo con el análisis realizado por Foray y Grobler[27], desde los años 70, algunos autores como Herbert Simon, Nathan Gosenberg, Vernon Ruttan, Chauncey Starr y Richard Rudman, discutían sobre la necesidad entender la interacción entre tecnología y ambiente. Más allá del desarrollo de tecnologías duras, el llamado era a entender las

[26] COLOMBIA. DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN DNP. Documento Conpes 3678. Política de Transformación Productiva: Un modelo de desarrollo sectorial para Colombia. Bogotá; 21 de julio de 2010.
[27] *FORAY, Dominique y GROBLER Arnulf. Technology and the Environment: An Overview. En: Technological Forecasting and Social Change,* Vol 53, 3-13, 1996. p. 3.

razones que gobiernan el cambio tecnológico, la difusión de las tecnologías ambientales más relevantes y el contexto político e institucional que facilita o dificulta la introducción de los cambios requeridos en las sociedades. El pensamiento dominante de aquella época veía a la tecnología de manera estática y la consideraba como la mayor fuente de degradación ambiental y de explotación de recursos que a futuro seguiría generando efectos colaterales no deseados. Las políticas ambientales hacían una difusión forzosa de *tecnologías al final del tubo o de optimizaciones de sistema.*

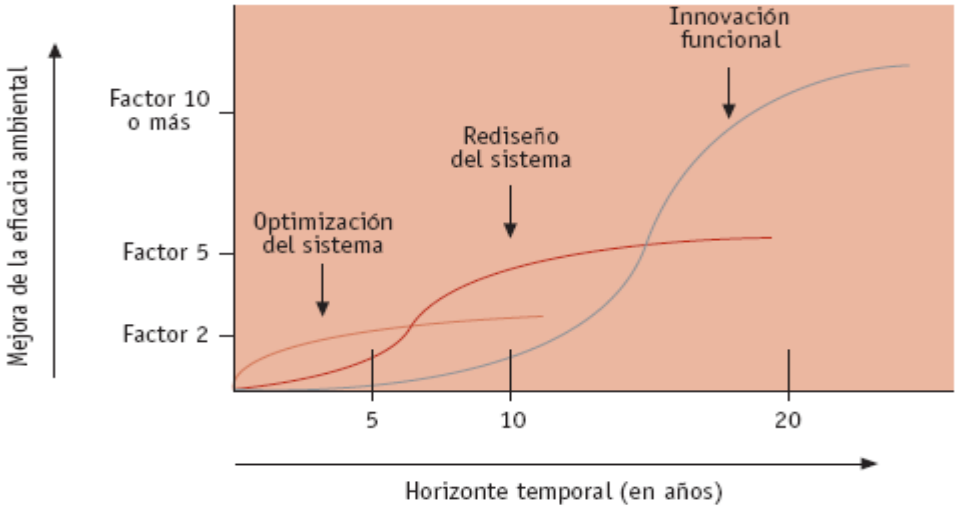
La siguiente etapa, a finales de los años 80 se caracterizó por un redescubrimiento del papel potencial de la tecnología. Foray y Grobler[28] sostienen que la "paradoja del desarrollo tecnológico" describe la naturaleza dual de la tecnología frente al medio ambiente al aumentar la productividad y la expansión sustancial del producto y el consumo, pero simultáneamente incrementar las capacidades científicas y tecnológicas para hallar las soluciones necesarias para mitigar impactos negativos. En esta etapa se dio una transición de las tecnologías al final del tubo hacia tecnologías limpias a través de la adaptación de *tecnologías de procesos integrados o rediseño de sistemas.*

A mediados de los años 90, las sesiones de verano de la red de investigación "Tecnología y ambiente" del Instituto Internacional para el Análisis de Sistemas Aplicado (IIASA, por sus siglas en inglés) se enfocó sobre un tercer rol de la tecnología, como herramienta de investigación, para revelar la naturaleza y extensión de los efectos laterales indeseables de las tecnologías y como una posible solución para aliviarlos a través de cambios incrementales y radicales, lo que sugiere una nueva racionalidad para la política. Desde entonces a la actualidad, las tecnologías ambientales han estado en una transición hacia *innovaciones de sistema o funcionales*[29]*,* que aún están en fase de desarrollo y cuya implementación es incipiente.

Esta evolución y cambio de enfoque en las tecnologías ambientales en las últimas décadas se presenta la Figura 2, en donde se muestra que cada fase tiene un cierto potencial para reducir el impacto ambiental y aumentar la eficiencia.

[28] Ibíd., p. 3.
[29] COMISIÓN EUROPEA, Op. Cit., p 38

Figura 2. Niveles de innovación en el producto en el producto ambiental



Fuente: Weterings et al. 1997, tomado de Comisión Europea. Informe de Vigilancia Tecnológica. Tecnologías ambientales. Serie Informes de tecnologías claves de la Unión Europea. p 38.

Definición de Tecnología Ambiental

Hasta el momento, no existe una definición única y ampliamente aceptada sobre lo que son las tecnologías ambientales o tecnologías ecológicamente racionales, como también se les conoce. La diversidad de interpretaciones alrededor de este campo y el hecho de que toda tecnología que mejora la actuación medioambiental puede considerarse como tal, ha dado paso a definiciones distintas e incluso a un uso engañoso del término por parte de fabricantes e ingenieros, quienes añaden el término ambiental a sus tecnologías de acuerdo con sus necesidades o por fines de marketing. Lo cierto es que el término de tecnologías ambientales expresa la creciente preocupación sobre los impactos (positivos y negativos) que genera la compleja interrelación sociedad - medio ambiente, así como la necesidad de comprender mejor dicha interrelación.[30]

La Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (CNUMAD), establece una definición más específica de tecnología y medio ambiente en su Programa 21:

> Las tecnologías ecológicamente racionales protegen al medio ambiente, son menos contaminantes, utilizan todos los recursos en forma más sostenible, reciclan una mayor porción de sus desechos y productos y tratan los desechos residuales en forma más aceptable que las tecnologías que han venido a sustituir. En el contexto de la contaminación, las tecnologías ecológicamente racionales son "tecnologías de procesos y productos" que no generan desechos o generan pocos, a fin de prevenir la contaminación. También comprenden tecnologías de "etapa final" para el tratamiento de la contaminación, luego de que ésta se ha producido. Las tecnologías ecológicamente racionales no son meramente tecnologías aisladas,

[30] KUEHR Ruediger. Environmental technologies e from misleading interpretations to an operational categorisation & definition., Zero Emissions Forum. Bonn, Germany: United Nations University (UNU); September 2006. p. 1.

> sino sistemas totales que incluyen conocimientos técnicos, procedimientos, bienes y servicios y equipo, al igual que procedimientos de organización y gestión[31].

En concordancia con esta definición, en el Informe de Vigilancia Tecnológica de la Comisión Europea[32], se expresa que las tecnologías e innovaciones ambientales no sólo comprenden *sistemas y componentes técnicos* sino también *innovaciones organizativas* y la inclusión de *innovaciones institucionales* necesarias para llevar a cabo las tecnologías ambientales.

Para la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), la definición de las tecnologías ambientales refleja el concepto de "tecnologías más limpias", que contribuyen a reducir las emisiones y el consumo de energía y por ende, el uso de los recursos naturales, conduciendo a una optimización de la eficiencia de los recursos financieros.

Kuehr[33] sostiene que ambas definiciones incluyen bienes, servicios, sistemas, conocimiento técnico de la organización, así como capacidades de gestión. Pero a diferencia del Programa 21, la OCDE no incluye las tecnologías al final del tubo, como tecnologías limpias, debido a sus altos costes de producción y al hecho de que solo trasladan el problema medioambiental de una esfera a otra.

A pesar de la falta de consenso en la definición, las tecnologías ambientales se proyectan como un mercado en crecimiento en todo el mundo, con oportunidades de exportación para los países líderes en su desarrollo. No obstante, se requiere un mayor esfuerzo en la comprensión del término para poder brindar una orientación más efectiva hacia el diseño e implementación de políticas y la toma de decisiones. En este panorama, el Programa 21[34] sostiene que los países en desarrollo, como receptores de muchas de las tecnologías ambientales, requieren de un apoyo decidido para mejorar su capacidad científica, tecnológica y profesional, con el fin de que puedan evaluar mejor dichas tecnologías antes de su transferencia e implementación, así como aplicarlas más eficientemente y perfeccionarlas (si se trata de tecnologías ya existentes), teniendo en cuenta sus necesidades particulares de desarrollo.

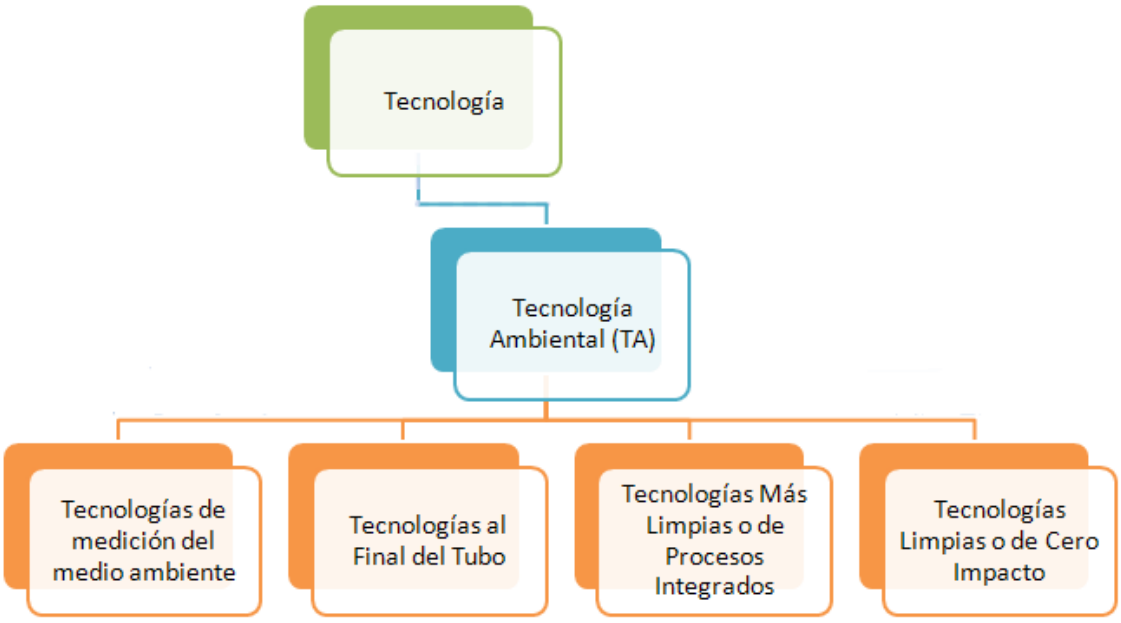
Clasificación de las Tecnologías Ambientales

Como se ha visto hasta ahora, las tecnologías ambientales son de carácter diverso y se pueden clasificar en varias categorías. Kuehr[35] propone la siguiente figura, en la que se identifican cuatro tipos de tecnologías ambientales:

---

[31] NACIONES UNIDAS. Programa 21. Sección IV - Medios de ejecución. Capítulo 34. Transferencia de Tecnología Ecológicamente Racional, Cooperación y Aumento de la Capacidad. Río de Janeiro: ONU; 1992. [Consultado en mayo de 2011]. Disponible en internet: <http://www.un.org/esa/dsd/agenda21_spanish/>.
[32] COMISIÓN EUROPEA, Op.Cit., p.10.
[33] KUEHR, Op.cit., p.28
[34] NACIONES UNIDAS, Op.Cit., p. 34.
[35] KUEHR, Op.cit., p.28

Figura 3.Categorización de las Tecnologías Ambientales



Fuente: KUEHR Ruediger. Environmental technologies e from misleading interpretations to an operational categorisation & definition. Zero Emissions Forum. Bonn, Germany: United Nations University (UNU); September, 2006. p. 1

- **Tecnologías de medición del medio ambiente:** este grupo comprende las herramientas, instrumentos, máquinas y sistemas complejos que miden y controlan, o incluso aprovechan el medio ambiente. Su enfoque no es necesariamente la disminución de los impactos de las actividades antrópicas sobre el medio ambiente, sino mas bien su comprensión del medio ambiente.

- **Tecnologías al final del tubo u optimizaciones de sistema:** como su nombre lo indica, son dispositivos que se añaden al final del proceso de producción, sin alterarlo, para disminuir los efectos nocivos de las actividades humanas sobre el medio ambiente, lo que les confiere un enfoque reactivo. Son fáciles de adquirir e implementar, lo que facilita a las empresas cumplir con los requisitos medioambientales[36]. No obstante, no eliminan el problema ambiental sino que lo trasladan de un lugar a otro. Ejemplos de estas tecnologías son los catalizadores de escape y filtros de agua.

- **Tecnologías más limpias o de procesos integrados:** tienen un enfoque preventivo e implican modificaciones al proceso productivo con el fin de reducir al máximo los efectos nocivos sobre el medio ambiente, haciendo una revisión integral del ciclo del producto. Ejemplos de estas tecnologías son la introducción de la tecnología de control moderno y los cambios en los tipos de materias primas o

[36] Murphy DEL RÍO, Pablo. The empirical analysis of the determinants for environmental technological change: A research agenda. En: Ecological Economics, 68 (2009) 861-878.

materiales adicionales. En el ámbito del transporte se usan como medidas preventivas para reducir elconsumo de combustible.

- **Tecnologías limpias o de impacto cero:** implican innovaciones en los sistemas productivos, buscando generar un impacto cero sobre el medio ambiente. Desde la perspectiva de la termodinámica, estas tecnologías aún no están vigentes[37].

En la industria automotriz existen ejemplos de tecnologías preventivas, como la reducción del peso de los vehículos para disminuir el consumo de combustible, y por tanto, de contaminación; y tecnologías reactivas como el catalizador instalado en el tubo de escape para transformar parte de los gases nocivos en otros compuestos no contaminantes.

En el tema de tecnologías ambientales existen grandes barreras para la innovación, dado que se presentan contradicciones en lo referente al aporte positivo o negativo de dichas tecnologías. Se requiere una mayor comprensión del tema por parte de los gobiernos, empresarios (quienes en muchos casos las ven como un costo más y no como un beneficio real para la empresa) y la sociedad en general para poder lograr avances importantes en la materia, mostrándoles que dichas tecnologías no sólo aportan al cuidado del medio ambiente, sino que también mejoran la competitividad de las empresas y contribuyen al crecimiento económico y al desarrollo sostenible.

3.3 Estado del arte de estudios sobre la industria automotriz

Como parte del estado del arte de la presente investigación, en esta sección se hará referencia a algunos de los estudios de mayor relevancia relacionados con la industria automotriz en el mundo (que incluye el sector de autopartes). En una revisión preliminar se ha encontrado que existen publicaciones realizadas por Centros de Investigación como el *Joint Research Centre* de la Unión Europea, *the United States Council for Automotive Research LLC (USCAR)* e Institutos de Prospectiva y Vigilancia Tecnológica como el *Institute for Prospective Technological Studies IPTS y el Observatorio de Prospectiva Tecnológica Industrial OPTI* de España que han realizado importantes estudios sobre el estado actual, el análisis de la cadena de valor, los desarrollos tecnológicos y las tendencias actuales y futuras de la industria automotriz en diversos campos, así como el transporte y el uso de la energía en dicha industria.

También existe una gran cantidad de estudios realizados por empresas consultoras internacionales de renombre como *Frost & Sullivan, PricewaterhouseCoopers, McKinsey & Company, Ernst & Young, J.D. Power and Associates*, entre otras, quienes en su mayoría publican informes y reportes de investigación sobre mercados internacionales y regionales, compañías más importantes, nuevos productos y materiales, sostenibilidad ambiental y últimas tendencias de la industria.

Particularmente, en el tema de innovación y tecnologías ambientales el *Groupe d' Etudes et de Recherches Permanent sur l' Industrie et les Salariés*, *Gerpisa*, de París y *The Institute for Prospective Technological Studies* IPTS, están realizando estudios de corte transversal y longitudinal que analizan las sinergias y obstáculos que enfrentan las

[37] KUEHR, Op.cit., p.28

empresas automotrices (tanto a nivel de planta como a nivel sectorial) para generar innovaciones ambientales. En estos estudios se analiza si la industria está gestando un nuevo paradigma ambiental de reconversión energética de productos, o si es la misma evolución de sus prácticas y estrategias de racionalización lo que está generando la incorporación de innovaciones ambientales en el diseño y manufactura del automóvil. [38]

Para el caso colombiano, la información estadística del sector es manejada por el DANE, la Asociación Colombiana de Fabricantes de Autopartes (ACOLFA) y la ANDI por vía de la Cámara Automotriz y Proexport. Parte de los estudios sobre la industria son realizados por algunas universidades a través de los grupos de investigación.

Tomando como referente la estrategia de Desarrollo de Sectores de Clase Mundial, liderada por el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, en el marco del Programa de transformación productiva, se elaboró en el año 2009 uno de los documentos de mayor impacto para el sector en los últimos años, que consistió en una agenda estratégica para desarrollar el sector de autopartes-vehículos, a través de un plan de negocio para mejorar su competitividad, contando con la asesoría de la empresa consultora *McKinsey & Co*. Este trabajo incluyó el diagnóstico del sector en el mundo, el diagnóstico del sector en Colombia, y el Plan de Negocio.

3.4 Estado del arte de estudios relacionados con la construcción de Agendas de I+D+i

De acuerdo con Muro y Serrón[39] una agenda de investigación "supone la definición de un cambio radical de rumbo estratégico y la creación de condiciones para la imprescindible integración entre investigación y sociedad, mediante el esfuerzo profundo e intenso por establecer prioridades que orienten planes, programas y proyectos." La inclusión del desarrollo tecnológico y la innovación en las agendas de investigación supone además la articulación del conocimiento, la investigación y la tecnología con las necesidades de la sociedad.

En la esfera internacional, se debe destacar la elaboración y puesta en marcha del Plan de Acción de Tecnologías Ambientales ETAP (por sus siglas en inglés) de la Unión Europea, en el año 2004, en el que se apuesta por la tecnología y diversos temas de política ambiental. Entre sus principales acciones se encuentra la creación de las plataformas tecnológicas, que son una herramienta para definir prioridades de investigación y desarrollo en aquellas áreas tecnológicas en las cuales la Unión Europea requiere mayor investigación y avances tecnológicos para lograr un mayor crecimiento, competitividad y sostenibilidad en el mediano y largo plazo[40].

[38] GARCÍA, J.H. Innovación ambiental del sector automotriz en México. Innovación y ecología industrial. Documento borrador de ponencia [en línea]. 2010. [Consultado en Marzo 25 de 2011]. Disponible en internet: < http://octi.guanajuato.gob.mx/sinnco/index.php?option=com_wrapper&Itemid=>.

[39] MURO, Xiomara y SERRÓN, Sergio. La agenda de investigación en el proceso de transformación de las instituciones de educación superior. En: Paradigma Volumen XXVIII No.1 Junio de 2007/07-38.

[40] Para mayor información consultar http://cordis.europa.eu/technology-platforms/home_en.html

Calleja y Delgado[41] sostienen que las plataformas deben incrementar la capacidad de juntar la industria, la comunidad de investigadores y el mundo financiero para acordar agendas de investigación estratégicas de largo plazo, con entregables concretos. Dichas agendas se constituyen en insumos valiosos para definir los esquemas de recursos para la investigación en Europa, contribuyendo además al consenso entre los actores y a mejorar la coordinación de los esfuerzos de investigación. Ya existen alrededor de 36 plataformas tecnológicas en cinco grandes áreas en Europa (Energía, Tecnologías de la Información y la Comunicación, Bio-economía, Producción y Procesos, y Transporte), que operan como organizaciones independientes en redes flexibles o estructuras formales, pero cuentan con el apoyo de la Comisión Europea.

En Colombia, se han generado diversas agendas de investigación, desarrollo e innovación (I+D+i) en los últimos años. Una de las iniciativas más notables fue la elaboración de las Agendas Prospectivas Regionales de Ciencia, Tecnología e Innovación (CTI) de 30 departamentos, como una estrategia de regionalización de CTI de Colciencias para que los departamentos coordinen esfuerzos para el fortalecimiento y desarrollo de la ciencia, la tecnología y la innovación en sectores claves de la economía, accediendo a los recursos que ofrece el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación para entrar en la dinámica competitiva global, nacional y regional[42].

Otra iniciativa de gran impacto en el país ha sido la definición de agendas de investigación y desarrollo tecnológico en cadenas productivas agroindustriales, liderada por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural – MADR y financiada con fondos del Banco Mundial desde el año 2006, con el fin de aumentar la competitividad del sector agroindustrial colombiano a partir del mejoramiento de los procesos de investigación y desarrollo tecnológico para las cadenas productivas.

Esta iniciativa se realizó en tres fases y dio como resultado la construcción de 20 agendas: ciclo piloto, en el cual participaron las cadenas de lácteos, piscicultura, forestal y cacao-chocolate; ciclo uno, con participación de las cadenas de frutas (uchuva y mango), papa, palma, caucho, fique, camarón, aromáticas y carne bovina; y el ciclo dos abordando las cadenas de panela, flores, porcicultura, ovino-caprina, hortalizas, apicultura, algodón y un tema transversal de Seguridad Alimentaria en Colombia[43].

A nivel nacional, también cabe mencionar como productos de las agendas de investigación, desarrollo e innovación, la creación y puesta en marcha de los Centros de Investigación de Excelencia CIE[44], a partir de las Convocatorias abiertas por Colciencias desde el año 2004.

---

[41] CALLEJA Ignacio and DELGADO Luis. *European Environmental Technologies Action Plan (ETAP). En: Journal of Cleaner Production* 16S1 (2008) S181eS183, 2008, p.182.

[42] COMISIÓN DEPARTAMENTAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DEPARTAMENTO DE CORDOBA. CODECyT. Agenda prospectiva para el desarrollo de ciencia, tecnología e innovación de Córdoba [en línea]. [Consultado en Marzo 22 de 2011]. Disponible en internet: < http://www.cordoba.gov.co/CODECYT/agendap01.html>.

[43] CASTELLANOS, O.; TORRES, L. y DOMÍNGUEZ, K. Op.cit.

[44] En la actualidad existen ocho Centros de Excelencia: CIEBREG-Centro de Investigaciones y Estudios en Biodiversidad y Recursos Genéticos; CENM-Centro de Excelencia en Nuevos Materiales; CCITB-Centro Colombiano de Investigación en Tuberculosis; CENIVAM-Centro Nacional de Investigaciones para la Agro-Industrialización de Especies Vegetales Aromáticas Medicinales Tropicales; GEBIX - Centro Colombiano de

Los Centros de Excelencia son Redes Nacionales de grupos de investigación de alto nivel, articuladas alrededor de agendas de I+D+i en áreas científicas y tecnológicas consideradas como estratégicas para el país. Los CIE son consorcios integrados por Universidades, Institutos, Centros de Investigación y Centros de Desarrollo Tecnológico de carácter público o privado, que se reúnen para realizar investigación en una temática dada, formulan uno o varios problemas de su interés, trazan un plan estratégico de largo o mediano plazo para trabajar en él y producen unos resultados de conocimiento sobre el tema en cuestión[45].

Genómica y Bioinformática de Ambientes Extremos; ODECOFI -Observatorio Colombiano para el Desarrollo Integral, la Convivencia Ciudadana y el Fortalecimiento Institucional en regiones fuertemente afectadas por el conflicto armado; CEIBA - Centro de Excelencia en Modelamiento y Simulación de Fenómenos y Procesos Complejos; ARTICA-Alianza Regional en Tecnologías de la Información y la Comunicación Aplicadas.

[45] COLCIENCIAS. Avances de implementación del Plan de Acción de Lima. Informe Colciencias 2007.

4. MARCO METODOLÓGICO

4.1 Metodología para la construcción de Agendas de I+D+i

Las agendas de investigación han sido utilizadas como instrumentos que permiten fijar un rumbo estratégico que apunta al logro de los objetivos de las organizaciones, industrias o sectores. Para ello, se realiza un abordaje organizado de las problemáticas previamente identificadas y discutidas con los actores involucrados de manera participativa, definiendo objetivos y prioridades para la solución de las mismas, a través de los campos, áreas, líneas y proyectos de acción. Tradicionalmente, las agendas han sido desarrolladas por parte de organizaciones públicas y privadas en todo el mundo, tales como ministerios, universidades, instituciones de educación superior, centros de investigación, empresas, entre otras.

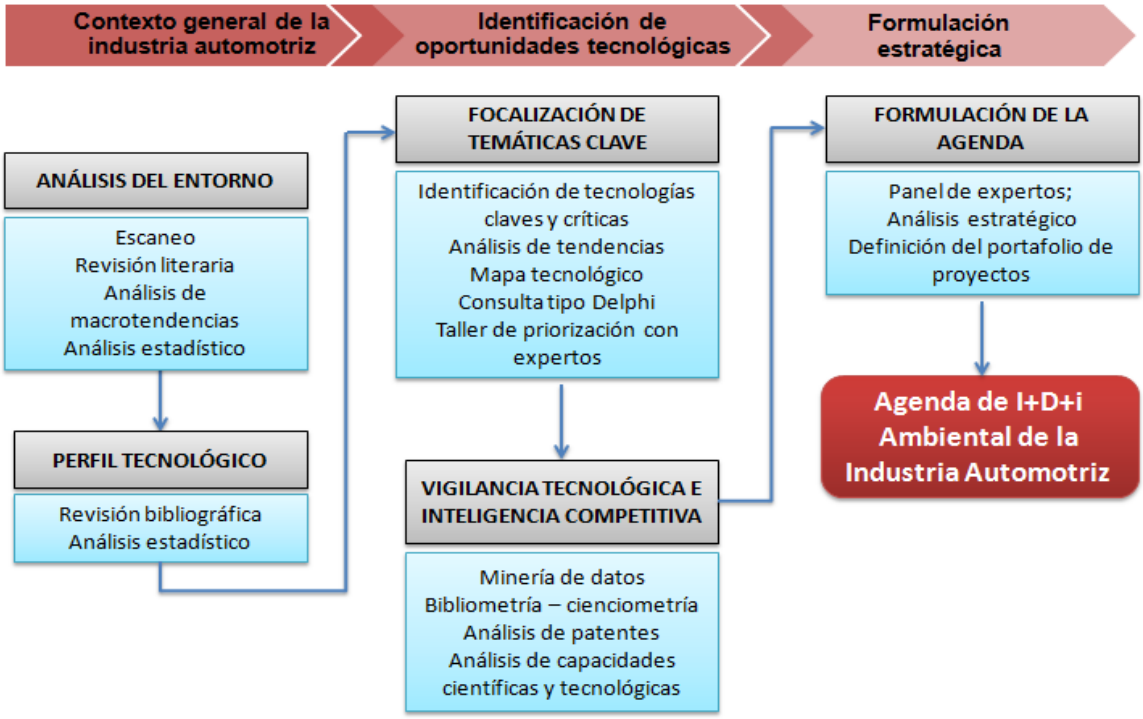
Para el diseño de la agenda ambiental de la industria automotriz, se tuvo en cuenta la metodología aplicada por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural para la definición de agendas de investigación y desarrollo tecnológico en cadenas productivas agroindustriales. Este es un enfoque estratégico en el que la gestión del conocimiento se realiza a través de un sistema de inteligencia tecnológica, apoyado en la integración de distintas herramientas de gestión con visión prospectiva[46].

Para la metodología del presente estudio se conformó un sistema compuesto por la inteligencia competitiva y la vigilancia tecnológica IC-VT, el panel de expertos, Roadmapping, Delphi, talleres, revisión literaria y bibliometría, que se pueden apreciar en la figura 4, y que serán explicados a los largo del capítulo. La combinación de todos ellos permitió tener una visión estratégica más amplia, que brindó elementos para la toma de decisiones de priorización de demandas de investigación y desarrollo.

La agenda de I+D+i funciona como articuladora de la oferta y demanda de conocimiento, puesto que tiene en cuenta las demandas tecnológicas más relevantes para la industria automotriz en su componente ambiental, expresadas en líneas y proyectos de investigación, así como las capacidades científicas y tecnológicas que tiene el país para responder a dichas demandas.

[46] CASTELLANOS, O.; TORRES, L. y DOMÍNGUEZ, K. Op.cit.

Figura 4. Integración de las herramientas de gestión tecnológica



Fuente: elaboración propia.

El primer paso para llegar a la construcción de la agenda fue la elaboración de un análisis del entorno general de la industria a nivel internacional y un acercamiento al perfil tecnológico de la industria nacional, basado en una amplia y profunda revisión bibliográfica. Esta revisión también permitió una identificación preliminar de los temas y áreas problemáticas del componente ambiental de la industria automotriz, que fueron validados a través de una encuesta tipo Delphi, en la que se consultaron expertos de la industria y entes gubernamentales.

Con la validación se definieron los focos y las cuatro líneas tecnológicas ambientales prioritarias para la industria, sobre las cuales se aplicó un ejercicio de VT, en el que se exploraron las tendencias y oportunidades tecnológicas y se analizaron las capacidades científicas y tecnológicas nacionales, con la ayuda de la bibliometría y la minería de textos.

El resultado final de este trabajo es el diseño de la agenda de I+D+i ambiental de la industria automotriz en Colombia, como se muestra en el Cuadro 1. La agenda recoge los aportes de la consulta con los expertos de la industria automotriz en el país, para la definición de proyectos de investigación, posibles plazos de implementación y aquellos actores que han expresado su interés en participar en las iniciativas propuestas. Esto se complementa con el cruce de la información sobre oportunidades tecnológicas internacionales (temáticas críticas) y capacidades nacionales, relacionadas con las cuatro líneas tecnológicas priorizadas. La integración de los resultados de cada una de las

metodologías y herramientas usadas dio paso a la formulación de estrategias para la implementación de la agenda en Colombia.

Cuadro 1. Formato para la definición de la agenda ambiental de I+D+i para cada línea tecnológica

Definición de la línea tecnológica			
Área del Mapa Ambiental Relacionada			
Tipo de desempeño impactado (Eficiencia, calidad y competitividad)			
Disciplinas necesarias para la solución; (programas de formación)			
Temáticas críticas			
Proyectos propuestos para el desarrollo de la línea	**Nombre del Proyecto**	**Actores que han expresado su interés**	**Horizonte temporal**

Fuente: Elaboración propia a partir de CASTELLANOS, O.; TORRES, L. y DOMÍNGUEZ, K. Manual Metodológico para la Definición de Agendas de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Cadenas Productivas Agroindustriales. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Bogotá: Giro Editores Ltda; 2009.

A continuación se explican todas las herramientas que componen el sistema de inteligencia tecnológica utilizado en la presente investigación.

4.2 Metodología de Inteligencia Competitiva y Vigilancia Tecnológica IC-VT

En el siguiente apartado, se exponen las principales características de la Inteligencia Competitiva y Vigilancia Tecnológica IC-VT como herramientas básicas utilizadas en el diseño de la agenda de I+D+i ambiental, que constituye el objeto del presente trabajo de grado. En primer lugar, se presentan las definiciones de estos dos conceptos y su relación con la Prospectiva. Posteriormente, se explican las razones por las cuales se deben realizar ejercicio de IC-VT, los tipos de VT y las herramientas asociadas al ejercicio de VT, como la minería de datos, la bibliometria, la cienciometría y las encuestas Tipo Delphi. Por último, se presenta la adaptación de la metodología del Ciclo de la IC-VT que se realizó para el presente ejercicio.

4.2.1 Definiciones básicas

En el contexto de la globalización y de los constantes cambios en los entornos económicos, sociales, comerciales, tecnológicos, políticos y ambientales, se hace necesario e imprescindible contar con enfoques y herramientas que permitan tomar decisiones estratégicas para anticiparse a estos cambios y amenazas y aprovechar mucho mejor las oportunidades.

En este sentido, la Inteligencia Competitiva y la Vigilancia Tecnológica surgen como unas herramientas que permiten, a través de un proceso sistemático, analizar y organizar la información para la mejor toma de decisiones. “La *Vigilancia Tecnológica (VT) y la Inteligencia Competitiva (IC)* es un proceso sistemático en el que se capta, analiza y difunde información de diversa índole—económica, tecnológica, política, social, cultural,

legislativa—, mediante métodos legales, con el ánimo de identificar y anticipar oportunidades o riesgos, para mejorar la formulación y ejecución de la estrategia de las organizaciones"[47].

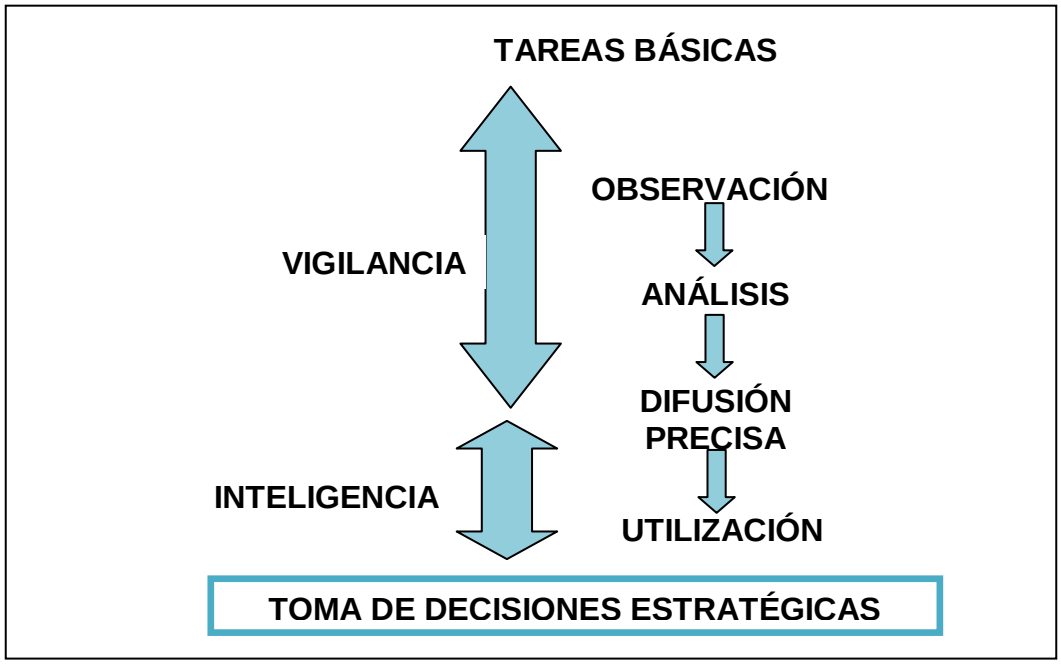
Es común encontrar que los términos de Inteligencia Competitiva y Vigilancia Tecnológica se utilizan indistintamente y pueden interpretarse como si cumplieran la misma función. En un principio solo se utilizaba el término de VT como herramienta para la recolección de información. Según Ashton y Stacey[48], "la Vigilancia Tecnológica es el Proceso de búsqueda, obtención, análisis y empleo de la información sobre desarrollos y tendencias del ámbito científico y tecnológico, que es de alto valor para la competitividad de la empresa, y por lo tanto, es útil para la toma de decisiones estratégicas".

Pero, no sirve de nada recolectar y organizar información sino se comprende y sobre todo, sino se utiliza para la toma de decisiones estratégicas. Así, surge el concepto de Inteligencia Competitiva como complemento de la Vigilancia Tecnológica. "El término inteligencia en el mundo anglosajón significa "información para la acción"; en la cultura iberoamericana el término se define como "conocimiento o acto de entender y comprender las cosas"; para la lengua francesa, inteligencia se define como "la aptitud para adaptarse a una situación"[49].

"La IC, es al mismo tiempo un proceso y el resultado del mismo, un producto. El proceso de recogida, organización y análisis de la información sobre el escenario competitivo tiene por resultado la generación de implicaciones, percepciones, recomendaciones para la acción determinadas por las necesidades formuladas por una organización"[50]. En la Figura 5 se representa la relación que existe entre la IC-VT.

[47] SÁNCHEZ, Jenny Marcela y PALOP, Fernando. Herramientas de Software para la práctica de Inteligencia Competitiva en la Empresa. Madrid: Ed. Triz XXI; 2002.
[48] ASHTON, W. Bradford y STACEY, Gary S. *Technical intelligence in business: undestanding technology, threats and opportunities. En: International Journal of Technology Management,* 1:110, 21-34, 1995.
[49] MEDINA, Javier y SÁNCHEZ, Jenny Marcela (Editores). Sinergía entre la Prospectiva Tecnológica y la Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva. COLCIENCIAS. Bogotá: Cargraphics. 2008, p.16.
[50] PALOP, Fernando y VICENTE, J.M. Vigilancia Tecnológica e inteligencia competitiva. Su potencial para la empresa española. Serie Estudios COTEC. Número 15. Fundación COTEC. Madrid, 1999. p.12.

Figura 5. Relación entre la Inteligencia Competitiva y la Vigilancia Tecnológica



Fuente: Adaptado a partir de PALOP, Fernando y VICENTE, J.M. Documento COTEC sobre oportunidades tecnológicas. Serie Estudios COTEC. Número 14. Fundación COTEC. Madrid, 1999. p.13.

Como se observa en la Figura 5, "el término vigilancia se asocia más con las acciones de observación, captación de información y análisis de la misma para convertir señales dispersas en tendencias y recomendaciones para tomar decisiones. En cambio, el término inteligencia competitiva recoge más las fases de difusión de los resultados del análisis hacia quien debe tomar decisiones o ejecutar acciones y su uso en el proceso de decisión. No obstante, los términos han ido evolucionando llegando a una gran similitud entre ambas acepciones"[51].

De esta manera, el concepto de Inteligencia Competitiva IC se complementa con el de Vigilancia Tecnológica VT por lo tanto, son conceptos asociados que permiten mejorar la toma de decisiones de las organizaciones. La IC-VT están en un proceso constante de complementación y retroalimentación, ya que la vigilancia por sí sola no aporta elementos sustanciales para la toma de decisiones y la Inteligencia Competitiva necesita la información presentada por la VT para impactar en la toma de decisiones. El concepto de Inteligencia Competitiva se refiere al valor agregado que se le incorpora a información identificada por la vigilancia tecnológica.

Así, el proceso de Vigilancia Tecnológica exige la búsqueda exhaustiva en fuentes secundarias (electrónicas o no) y fuentes primarias como expertos y actores importantes del tema sobre el que se está investigando. Pero la búsqueda y organización de la información solo toma relevancia cuando se generan percepciones, implicaciones o recomendaciones para la acción a partir de la información identificada, que es lo que

[51] PALOP, Fernando y VICENTE, J.M. Documento COTEC sobre oportunidades tecnológicas. Serie Estudios COTEC. Número 14. Fundación COTEC. Madrid, 1999. p.13.

constituye la Inteligencia Competitiva. Por lo tanto, "en castellano pueden utilizarse ambos sintagmas o el sintagma completo, el asunto relevante es que ambos son complementarios y no puede existir el uno sin el otro"[52].

Con relación a los antecedentes de la IC-VT, en un comienzo solo se aplicaba en grandes empresas, que contaban con grandes recursos para investigación y desarrollo.

> La práctica de Vigilancia Tecnológica se originó inicialmente en Departamentos de Investigación y Desarrollo I+D de empresas multinacionales. En aquel tiempo, las empresas vigilaban de cerca la evolución y el avance de la competencia, por medio de la revisión de literatura científica y la identificación de patentes que permitiera conocer la línea de investigación y los avances obtenidos en tal línea. Con esta información, las empresas generaban los elementos de información de manera oportuna los cuales permitieron tomar decisiones estratégicas ya sea para adelantarse a la competencia en el desarrollo y lanzamiento de producto, mejora de los productos existentes o abandono de líneas de productos[53].

Actualmente, la práctica de la IC-VT se ha propagado y difundido en todo tipo de organizaciones, desde Pymes hasta grandes industrias y sectores productivos, hasta instituciones gubernamentales y centros de investigación y universidades.

Es importante señalar que tanto la Inteligencia Competitiva y la Vigilancia Tecnológica están estrechamente relacionadas con la Prospectiva, y aunque esta investigación no es estrictamente un ejercicio de Prospectiva como tal, sí involucra el pensamiento de largo plazo y el análisis futuro de la industria automotriz, además, utiliza herramientas prospectivas como la Consulta a Expertos y la Encuesta Tipo Delphi.

> La *Prospectiva*, conocida como Prospective en lengua francesa, *Foresight* en lengua inglesa o *Prospecçâo* en lengua portuguesa, es una disciplina para el análisis de sistemas sociales que permite conocer mejor la situación presente, identificar tendencias futuras y analizar el impacto del desarrollo científico y tecnológico en la sociedad. Con ello se facilita el encuentro entre la oferta científica y tecnológica con las necesidades actuales y futuras de los mercados y de la sociedad. Al mismo tiempo, los ejercicios movilizan a los diferentes actores sociales para generar visiones compartidas de futuro, orientar políticas de largo plazo y tomar decisiones estratégicas en el presente, dadas las condiciones y las posibilidades locales, nacionales y globales. Por tanto, la prospectiva no es predicción, utopía, ciencia ficción, profecía ni adivinación[54].

La prospectiva nació como disciplina en los años cuarenta y a lo largo de su desarrollo han surgido diferentes escuelas, enfoques, metodologías y aplicaciones. Dentro de estos enfoques se encuentra la Prospectiva Tecnológica o *Foresight,* donde la IC-VT se consideran como elementos claves para su desarrollo. "La Prospectiva Tecnológica o *Technological Foresight*, se define como "Proceso de anticipación y exploración de la opinión experta proveniente de redes de personas e instituciones del gobierno, la

[52] MEDINA, Javier y SÁNCHEZ, Jenny Marcela. Op.cit., p.16.
[53] AGUILERA, Alexis Andrés. Conceptos básicos de Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva. Seminario de Fundamentos de Prospectiva y Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva. Universidad del Valle-SENA. Santiago de Cali, 2009 p. 2.
[54] MEDINA, Javier y SÁNCHEZ, Jenny Marcela. Op.,cit, p.15.

empresa y las universidades, en forma estructurada, interactiva y participativa, coordinada y sinérgica, para construir visiones estratégicas[55]".

La Prospectiva tecnológica se ha constituido en una herramienta fundamental para la identificación y fortalecimiento de sectores estratégicos, por lo tanto su aplicación contribuye al desarrollo futuro de la industria automotriz colombiana. "La prospectiva tecnológica (*technology foresight*) ha sido considerada una alternativa teórica y metodológica importante para la identificación de sectores emergentes y nichos de desarrollo tecnológico con miras a que las empresas, los sectores económicos, los territorios o naciones ocupen una mejor posición en el comercio internacional[56]".

"La Inteligencia Competitiva y la Vigilancia Tecnológica son complementarias con la prospectiva tecnológica. La prospectiva tecnológica explora tendencias y rupturas con un horizonte a largo plazo; la IC-vt exploran fenómenos que están ocurriendo en el presente y en especial aquellas señales débiles que pueden incidir convertirse en hechos portadores de futuro"[57]. De esta manera, la Sinergia entre la Prospectiva Tecnológica, la Vigilancia Tecnológica y la Inteligencia Competitiva es clave para el desarrollo de la presente investigación, pues a partir de esta articulación, se pueden identificar las líneas de actuación que se deben desarrollar en el presente para afrontar los retos futuros del componente ambiental de la Industria automotriz en Colombia, los cuales pueden contribuir a que este sector se convierta en estratégico para la mejora de la competitividad del país.

4.2.2 Razones para la aplicación de la IC-VT

La aplicación de la IC-VT al interior de las organizaciones genera muchos beneficios y ventajas ya que permite mejorar la posición competitiva y aprovechar las oportunidades que se presentan en el entorno.

De acuerdo con Palop y Vicente[58] existen cinco razones por las cuales se debe practicar la IC-VT, la combinación eficiente de estas permite orientar la estrategia de las organizaciones y tomar decisiones estratégicas. En la figura 6 se presentan estas razones.

[55] Esta es la definición de Foresight que ha venido trabajando la Escuela de Manchester. MEDINA, Javier y RINCÓN, Gladys. La Prospectiva Tecnológica e Industrial: Contexto, Fundamentos y Aplicaciones. Colciencias-Corporación Andina de Fomento CAF. Bogotá: Cargraphics, 2006. p.32.
[56] CRISTO, Carlos. Programa Brasilero de Prospectiva Tecnológica–Industrial, Citado por MEDINA, Javier y ORTEGÓN, Edgar. Manual de prospectiva y decisión estratégica: bases teóricas e instrumentos para América Latina y el Caribe. Manual 51 CEPAL-ILPES. Septiembre de 2006. p.226.
[57] MEDINA, Javier y ORTEGÓN, Edgar. Manual de prospectiva y decisión estratégica: bases teóricas e instrumentos para América Latina y el Caribe. Manual 51 CEPAL-ILPES. Septiembre de 2006. p.362.
[58] PALOP, Fernando y VICENTE, J.M. Op.cit., p.21.

Figura 6. Razones para practicar IC-VT



Fuente: Elaboración propia a partir de PALOP, Fernando y VICENTE, J.M. Documento COTEC sobre oportunidades tecnológicas. Serie Estudios COTEC. Número 14. Fundación COTEC. Madrid, 1999. p.21-25.

- **Anticipar:** La anticipación que se logra a partir de un ejercicio de IC.-VT, permite la detección oportuna de los cambios que se generan en el entorno de la empresa u organización, como nuevos competidores, nuevos mercados, nuevas tecnologías, nuevas reglamentaciones, etc.

- **Minimizar riesgos:** La aplicación de la IC-VT permite detectar amenazas que se generan a partir de la publicación de patentes, nuevos productos, reglamentaciones, alianzas estratégicas, nuevas inversiones, etc. Si se logran detectar oportunamente estas amenazas se reducirán notablemente los riesgos para una empresa u organización.

- **Progresar:** La IC-VT permite detectar los desfases o las brechas que se presentan frente a la competencia, detectando las debilidades y fortalezas propias de la organización y los desfases entre las necesidades de los clientes y los productos y servicios que se ofrecen en el mercado. De esta manera, si se lograr corregir a tiempo estos desfases se pueden generar grandes oportunidades para la mejora de la competitividad de la organización.

- **Innovar:** La aplicación de IC-VT permite la detección de ideas innovadoras, y de nuevas soluciones a las problemáticas existentes, lo que se convierte en oportunidades claras para la organización. Además, contribuye a decidir el programa de I+D+i y la estrategia a implementar.

- **Cooperar:** A partir de la IC-VT es posible identificar nuevos socios y el posible establecimiento de alianzas estratégicas para el desarrollo de proyectos conjuntos de I+D+i, lo que permite la reducción de costos y la generación de nuevas oportunidades para la organización.

De esta manera, se justifica y se hace primordial la aplicación de la IC-VT, pues el costo de no implementarla será demasiado alto, lo que generará una pérdida de ventajas competitivas para la organización en los siguientes aspectos:

- "Pérdida de cerca de 30 mil millones de euros al año en Europa en investigaciones y productos ya realizados.
- Perdidas en costo de oportunidad al no estar al tanto de la frontera del conocimiento.
- Pérdidas de cuotas de mercado.
- Estrategias desalineadas con el entorno.
- Desconocimiento de tendencias"[59].

4.2.3 Tipos de Vigilancia Tecnológica

La Vigilancia Tecnológica, denominada también como Vigilancia Estratégica se puede clasificar de la siguiente manera[60]:

- **Vigilancia competitiva:** trata de la información sobre los competidores actuales y/o potenciales de la empresa y de aquellos con productos sustitutivos.

- **Vigilancia comercial**: estudia los datos referentes a clientes y proveedores. Los aspectos comerciales que es necesario vigilar son los siguientes: Los mercados; los clientes, la evolución de sus necesidades, su solvencia, etc.; los proveedores, su estrategia de lanzamiento de nuevos productos, sus proveedores, etc.; la mano de obra en el sector.

- **Vigilancia tecnológica:** se ocupa de las tecnologías disponibles, de las emergentes o de las que acaban de aparecer, en la medida en que sean capaces de intervenir en nuevos productos o procesos de la empresa. Los aspectos tecnológicos que es necesario vigilar son los siguientes: los avances científicos y técnicos; los productos y servicios; los procesos de fabricación; los materiales y su cadena de transformación; las tecnologías y sistemas de información, etc.

- **Vigilancia del entorno:** se ocupa de aquellos hechos exteriores que pueden condicionar el futuro, en áreas como la sociología, la política, el medioambiente, las reglamentaciones, las leyes, etc. Los aspectos del entorno que es necesario vigilar son los siguientes: la legislación y normativa; el medioambiente y la evolución de su cuidado; la cultura, la política, la sociología, la economía, etc[61].

---

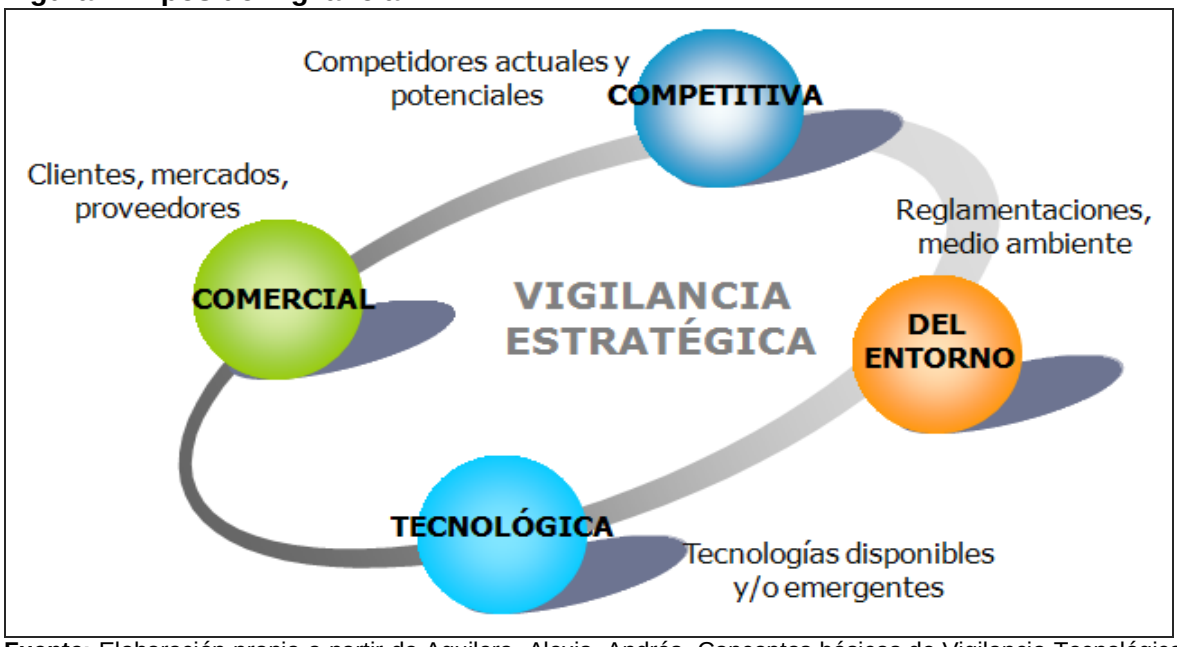
[59] SÁNCHEZ, Jenny Marcela. Prospectiva, Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva como disciplinas complementarias de apoyo al proceso de toma de decisiones. Experiencia del Programa Colombiano de Prospectiva Tecnológica e Industrial. Guatemala, Marzo de 2007.

[60] Esta clasificación obedece a los 5 factores determinantes de la competitividad determinados por Michael Porter: clientes, proveedores, entrantes potenciales en el mercado, productos sustitutivos y competidores del sector.

[61] AGUILERA, Alexis Andrés. Op. Cit., p.6-7.

En la Figura 7 se representan los tipos de vigilancia tecnológica las cuales en conjunto constituyen la Vigilancia Estratégica, que se convierte en una herramienta clave para la anticipación de los cambios en el entorno de una organización.

Figura 7. Tipos de Vigilancia



Fuente: Elaboración propia a partir de Aguilera, Alexis. Andrés. Conceptos básicos de Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva. Seminario de Fundamentos de Prospectiva y Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva. Universidad del Valle-SENA. Santiago de Cali, 2009 p. 6-7

4.2.4 Herramientas complementarias de la IC-VT

Debido a los cambios tan rápidos y acelerados que se generan en los diferentes entornos, la información que se produce a diario es infinita y su análisis se convierte en un problema para las organizaciones y agentes que necesitan tomar decisiones estratégicas. Sin embargo, gracias al desarrollo de las Tecnologías de la Información y la Comunicación TIC, se han creado herramientas que facilitan la búsqueda, captura, manejo, organización y gestión de la información. Las más importantes y que son complementarias de un ejercicio de IC-VT, son la minería de datos, la bibliometría, y la cienciometría. A continuación se describen brevemente estas herramientas, las cuales se aplicarán en el ejercicio de IC- VT del presente trabajo de investigación.

Minería de Datos

Una herramienta muy importante que facilita y complementa los ejercicios de vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva, es la minería de datos (Data Mining), que es una técnica que permite extraer y buscar información valiosa en grandes volúmenes de datos.

“Se entiende la minería de datos como el proceso de descubrir información útil en enormes repositorios de datos. Las técnicas empleadas para esto rastrean grandes bases de datos para encontrar patrones nuevos y útiles que de otra forma permanecerían

ocultos, además proveen capacidades para predecir los resultados de observaciones futuras"[62].

"Las técnicas de Data Mining son el resultado de un largo proceso de investigación y desarrollo de productos. Esta evolución comenzó cuando los datos de negocios fueron almacenados por primera vez en computadoras, y continuó con mejoras en el acceso a los datos, y más recientemente con tecnologías generadas para permitir a los usuarios navegar a través de los datos en tiempo real. La minería de datos convierte una gran cantidad de datos retrospectivos y entrega información prospectiva que contribuye a la toma de decisiones estratégicas"[63].

Es importante aclarar que la minería de datos no es simplemente un software, por el contrario, es un proceso que tiene varias etapas que son complementarias al ejercicio de IC-VT, y utiliza diferentes aplicaciones estadísticas, de visualización de datos e inteligencia artificial. Actualmente existen herramientas comerciales de minería de datos muy poderosas como el *Vantage Point*[64]que facilitan el manejo de la información. Esta herramienta se complementa con el Software *Golfire Innovation Machine*[65] para generar información valiosa y organizada que permite una adecuada toma de decisiones.

De esta manera, la aplicación de la minería de datos, permitirá encontrar con rapidez el Quién, Qué, Cuándo y Dónde del objeto de la vigilancia tecnológica, en este caso el componente ambiental de la industria automotriz colombiana. Esta herramienta permite clarificar las relaciones existentes y el descubrimiento de la aparición de nuevos términos, las tendencias y modelos, convirtiendo así, una gran cantidad de datos, en información útil y conocimiento para la toma de decisiones sobre el Sector Estratégico objeto de análisis.

Bibliometría y Cienciometría

La bibliometría y la cienciometría son herramientas que complementan el ejercicio de IC-VT puesto que al igual que la minería de datos permite manejar grandes volúmenes de datos y con la ayuda de diferentes herramientas informáticas, generar información valiosa para la toma de decisiones. Estas herramientas se concentran principalmente en el análisis de los resultados de investigaciones que se publican en artículos científicos y tecnológicos.

[62] WANG 2003; Tan et al., 2006, citado por CASTELLANOS, Oscar Fernando. Retos y nuevos enfoques en la Gestión de la Tecnología y del Conocimiento. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, 2008. p.55.

[63] VALLEJOS, Sofía. Minería de Datos. Universidad Nacional del Nordeste. Argentina, 2006. p. 12.

[64] Este software de la firma Norteamericana Search Techology es una herramienta de análisis de minería de datos, con capacidad de procesamiento de literatura científica y técnica, y textos de patentes extrayendo tendencias, pautas y relaciones de términos a partir de los textos. Este software será facilitado por el Instituto de Prospectiva, Innovación y Gestión del Conocimiento de la Facultad de Ciencias de la Administración de la Universidad del Valle para la presente investigación.

[65] Este software permite la búsqueda de conocimiento en patentes para el desarrollo y la solución de proyectos de investigación o problemas de producción. Utiliza el Análisis semántico para extraer contenido y significado de textos científicos y técnicos de forma rápida y exacta. Al igual que Vantage Point, este software será facilitado por el Instituto de Prospectiva, Innovación y Gestión del Conocimiento de la Facultad de Ciencias de la Administración de la Universidad del Valle para la presente investigación.

"La Bibliometría es el estudio de los aspectos cuantitativos de la producción, diseminación y utilización de la información registrada. Desarrolla modelos y mediciones matemáticas para estos procesos y utiliza sus resultados para elaborar pronósticos y tomar decisiones"[66].

"La Bibliometría se interesa principalmente por los problemas de las bibliotecas y los centros de documentación, lo que incluye el recuento de artículos y publicaciones. Se ocupa de las clasificaciones por temas, las publicaciones de cada autor, etc. Estudia aspectos cuantitativos de la producción, diseminación y utilización de la información registrada, desarrolla modelos y mediciones matemáticas para estos procesos"[67]. De esta manera, la bibliometría se centra solamente en las publicaciones de artículos que se encuentran en bases de datos y bibliotecas.

"La Cienciometría, por su parte, designa aquellos trabajos dedicados al análisis cuantitativo de la actividad científica y técnica (Callon y otros, 1993). Se dedica exclusivamente al análisis cuantitativo de los documentos redactados por los investigadores y los técnicos, incluidas las publicaciones (artículos técnicos y patentes, respectivamente). De alguna manera, intenta identificar las leyes que rigen la actividad científica. De esta manera se superpone a la bibliometría"[68] .

La aplicación de la Bibliometría y de la Cienciometría permitirá realizar un análisis de la dinámica de las investigaciones relacionadas con la industria automotriz a partir de las bases de datos de artículos científicos[69] y el análisis de patentes[70].

Algunos de indicadores bibliométricos que se identificaron en el ejercicio son: nombre de autor, palabras clave, inventores, instituciones, países líderes, entre otros, a partir de los cuales es posible analizar la evolución, dinámica científica y la generación del conocimiento sobre el proceso o producto objeto de análisis, en este caso el componente ambiental de la industria automotriz. Mediante el recuento de estos indicadores se puede determinar, por ejemplo:

- El crecimiento de cualquier campo de la ciencia, según la variación cronológica del número de trabajos publicados en él.
- El envejecimiento de los campos científicos.
- La evolución cronológica de la producción científica.
- La productividad de los autores o instituciones, medida por el número de sus trabajos.

[66] TAGUE-SUTCLIFF, J. An introduction to informetrics, Citado por MACÍAS, César. Papel de la Informetría y de la Cienciometría y su perspectiva nacional e internacional. Trabajo presentado en el Seminario sobre Evaluación de la Producción Científica, realizado en Sao Paulo por el Proyecto SciELO del 4 al 6 de marzo de 1998.

[67] ESCORSA CASTELLS, Pere y MASPONS BOSCH, Ramón. Módulo 8: La vigilancia tecnológica, un requisito indispensable para la innovación. IALE Tecnologia (www.iale.es) p.8

[68] Íbid., p.9.

[69] Las bases de datos de artículos científicos que fueron utilizadas en la presente investigación están licenciadas por la Universidad del Valle. Algunas de las más importantes son: ISI Web of Science, Ebsco, Science Direct, y Scopus

[70] Las bases de datos de patentes por lo general son de acceso gratuito. Las principales son: WIPO, USPTO, Oficina Española de Patentes y Marcas, Oficina Europea de Patentes, Google Patent y Free Patents on line.

- La colaboración entre los científicos o instituciones, medida por el número de autores por trabajo o centros de investigación que colaboran.
- El impacto o visibilidad de las publicaciones dentro de la comunidad científica internacional, medido por el número de citas.
- El análisis y evaluación de las fuentes difusoras de los trabajos, por medio de indicadores de impacto de las fuentes.
- Las trayectorias tecnológicas seguidas por empresas o países en un período determinado, de acuerdo con su actividad patentadora[71].

De esta manera, la minería de datos, la bibliometría y la cienciometría se convierten en herramientas clave para el desarrollo del ejercicio de IC-VT.

Método Delphi

El Método Delphi fue diseñado en los años 50 por los matemáticos norteamericanos Norman Dalkey y Olaf Helmer, con el propósito de establecer el consenso entre personas consideradas expertas, sobre la tendencia futura de determinados acontecimientos. "Su nombre se deriva del oráculo de Delfos de la mitología griega. En ausencia de una verdad evidente, el oráculo era consultado por los antiguos sacerdotes con respecto a todo, desde trascendentes asuntos de política pública a cuestiones personales"[72].

"Weaver (1971) afirma que —la técnica Delphi tiene como concepto el principio de que varias cabezas piensan mejor que una, cuando se recogen conjeturas subjetivas sobre el futuro... y que los participantes irán a establecer conjeturas basadas en juicios racionales y no simplemente por convicciones"[73]. Así, una encuesta Tipo Delphi recoge las opiniones de expertos a través de votaciones sucesivas. Por lo general, las respuestas son de carácter anónimo, pues esto garantiza que la opinión sea lo más sincera y clara posible y evitará la influencia que pueden tener ciertos participantes sobre los demás.

De acuerdo a los objetivos planteados, las encuestas Tipo Delphi pueden ser de una sola ronda o pueden tener varias rondas hasta que se logre un consenso entre los expertos consultados. "El proceso de deliberación se ejecuta mediante una recolección estructurada de opiniones, por medio de cuestionarios que contienen tanto preguntas parcialmente abiertas como parcialmente cerradas. Los resultados de las rondas anteriores se entregan como retroalimentación en las rondas subsiguientes, para permitir la reconsideración de las opiniones a la luz de las de los demás y con el objetivo de identificar áreas en las cuales vaya surgiendo un consenso y posibles diferencias en materia de intereses"[74].

"La finalidad de la encuesta Delphi es reconocer la fecha de materialización de las innovaciones tecnológicas, relacionarlas con circunstancias que puedan acelerar o

[71] SANCHO, Rosa. Indicadores bibliométricos utilizados en la Ciencia y la Tecnología. Citado por ESCORSA, Pere y MASPONS, Ramón. Op. Cit., p.9.
[72] CEPAL y @LIS, Programa de la Comisión Europea. Delphi de prioridades de políticas eLAC: Consulta multisectorial sobre prioridades de políticas TIC para el año 2010 en América Latina y el Caribe. Octubre de 2007. p.34
[73] MEDINA, Javier y SÁNCHEZ, Jenny Marcela. Op.,cit, p.73.
[74] CEPAL y @LIS. Op.cit., p.35.

retardar su desarrollo e indicar los efectos que la tecnología puede tener en el desarrollo social e industrial"[75]. También se puede utilizar para realizar ejercicios de priorización sobre temas particulares, lo que permite la focalización de los objetivos de determinadas investigaciones.

La encuesta Tipo Delphi puede tener diversos objetivos, y ser tan corta o larga dependiendo de las necesidades del estudio. Sin embargo, debe contar con elementos básicos para que se pueda considerar como un ejercicio de calidad: experticia de las personas consultadas, claridad de las preguntas y en las opciones de respuesta, definición del método de consulta (papel, panel de expertos, encuesta en línea) y la definición de metodologías claras para su procesamiento. En este sentido, existen paquetes tecnológicos que facilitan el procesamiento de la información además que permiten hacer consultas en línea lo que disminuye considerablemente los costos de aplicación de la encuesta.

En la presente investigación se realizó una encuesta Tipo Delphi con el objetivo de consultar a expertos de la industria sobre las principales problemáticas del campo ambiental en la industria automotriz a nivel nacional e internacional. Una vez identificadas estas problemáticas, los expertos realizaron una priorización de las líneas tecnológicas ambientales más pertinentes sobre las cuáles se aplicó el ejercicio de vigilancia tecnológica. A partir de estas líneas tecnológicas priorizadas y con el apoyo de la consulta a expertos de la industria se construyó la Agenda de I+D+i ambiental de la industria automotriz colombiana.

4.2.5 Adaptación de la metodología del Ciclo de la Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva

Con el fin de dar cumplimiento a los objetivos planteados, se inició con la adaptación de la metodología del Ciclo de la Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva en el marco de la formulación de una agenda de investigación, desarrollo e innovación ambiental para la industria automotriz colombiana. Para ello, se realizó una revisión bibliográfica en relación al tema de la elaboración de agendas de investigación y desarrollo a nivel nacional e internacional.

Una revisión preliminar mostró la metodología país desarrollada por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural con el liderazgo del Proyecto Transición de la Agricultura en el país, que desde al año 2006 ha hecho posible la realización de 20 agendas en cadenas productivas agroindustriales en Colombia[76].

En dicha metodología se implementaron herramientas diversas como análisis de desempeño, benchmarking, vigilancia comercial, vigilancia tecnológica y prospectiva tecnológica, para la priorización de las demandas tecnológicas y no tecnológicas en cadenas productivas agroindustriales, con el objetivo de fortalecer la innovación y competitividad del sector objeto de estudio. No obstante, dado que el alcance del presente trabajo de investigación se limita a establecer y priorizar las *demandas tecnológicas* de la

[75] MOJICA, Francisco Javier. La construcción del futuro. Bogotá: Convenio Andrés Bello. Universidad Externado de Colombia. Mayo de 2005. p.183.
[76] CASTELLANOS, O.; TORRES, L. y DOMÍNGUEZ, K. Op.cit.

industria automotriz en el ámbito ambiental, se hará uso de la Inteligencia Competitiva y la Vigilancia Tecnológica IC-VT en conjunto con uno de los métodos de la Prospectiva, como es la consulta Tipo Delphi, para dar soporte a la orientación de la agenda con ayuda de expertos de la industria.

A partir de una revisión general de la literatura y estudios realizados sobre la industria automotriz en Colombia y el mundo, se realizó un análisis del entorno general de la industria automotriz a nivel mundial y a nivel latinoamericano. Este análisis incluye aspectos del entorno competitivo, político-normativo, ambiental, comercial y de I+D+i. La revisión bibliográfica también permitió la elaboración del Perfil tecnológico de la industria automotriz en Colombia.

A partir del análisis del entorno general y del perfil tecnológico de la industria automotriz, se obtuvo un primer resultado sobre los principales temas y áreas problemáticas en el campo ambiental de la industria automotriz a nivel nacional e internacional, los cuáles fueron validados con la aplicación de una consulta tipo Delphi, con expertos de la industria.

El análisis de resultados de los primeros dos objetivos constituyen el primer insumo para la definición de los focos de la vigilancia tecnológica y de posibles líneas de investigación para la Agenda de I+D+i ambiental. En este punto de la investigación se inició el ciclo de la vigilancia tecnológica, con el cual se da respuesta a los objetivos 3 y 4. El ejercicio de IC-VT se compone de las siguientes fases[77]:

- **Fase 1. Definición de temas y objetivos:** En esta fase se determinaron los objetivos del ejercicio, los factores críticos de vigilancia de la tecnología seleccionada y el alcance del tema a vigilar. También se definieron las palabras clave y las ecuaciones de búsqueda, a partir de una revisión preliminar en fuentes secundarias y con el apoyo de un grupo de expertos, quienes permitieron guiar el proceso, interpretar la información y orientar las decisiones tecnológicas.

- **Fase 2. Identificación, búsqueda y captación de información:** En esta fase se seleccionaron las fuentes y las bases de datos de patentes y artículos científicos, que permitieron la identificación de tendencias tecnológicas. En primer lugar, se realizó un sondeo general en la web o *scanning,* con el fin de determinar y afinar muy bien el objeto de la VT. Esta información se recolectó a partir de:

    - Libros, revistas y literatura técnica clave.
    - Documentación interna
    - Personas con conocimientos del tema
    - Contactos externos
    - Organizaciones relevantes (Asociaciones, Universidades, Grupos de Investigación)
    - Boletines

[77] Estas fases se han adaptado de las diferentes etapas de los procesos de vigilancia tecnológica explicadas por CASTELLANOS, Oscar Fernando. Gestión Tecnológica: De un enfoque tradicional a la Inteligencia. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, 2007 y CETISME. Inteligencia Económica y Tecnológica. Guía para principiantes y profesionales. España, 2002.

- Documentación técnica, normatividad
- Congresos, Seminarios, Ferias
- Identificación de estudios de prospectiva y vigilancia ya realizados

Una vez realizado este sondeo, se estableció la estrategia de búsqueda con la ayuda de operadores booleanos[78], motores de búsqueda y metabuscadores[79].

- **Fase 3. Almacenamiento de la información:** A partir de la información recolectada, esta se almacenó de forma estructurada con la ayuda de bitácoras de búsqueda que permitieron la organización de la información para su posterior análisis.

- **Fase 4. Análisis de la información:** En esta fase se depuraron y procesaron los registros, con el apoyo del software de minería de datos Vantage Point y el software de vigilancia tecnológica para la consulta de patentes GoldFire. En esta fase se analizan los resultados obtenidos a través de diferentes técnicas, como análisis cienciométrico, cruces de información científica y análisis de patentes y mapas tecnológicos (roadmaps).

- **Fase 5. Recomendaciones para la acción: Inteligencia Competitiva:** En esta fase se evaluaron y validaron los resultados obtenidos, con el fin de formular estrategias y apoyar la toma de decisiones. A partir de todo este ciclo, se generaron los reportes e informes de VT los cuáles fueron validados por un grupo de expertos, los cuáles definieron un portafolio de proyectos de I+D+i que permitieron la elaboración de la agenda de investigación ambiental de la industria automotriz colombiana.

El Ciclo de la IC-VT se representa en Figura 8:

[78] Los operadores booleanos permiten convertir las palabras de la consulta en conjuntos matemáticos y operar con las palabras como si fuesen conjuntos.
[79] Los metabuscadores son herramientas que utilizan simultáneamente varios motores de búsqueda y entregan resultados que no se encuentran indexados en las bases de datos de los buscadores tradicionales.

Figura 8. Ciclo de la Vigilancia Tecnológica



Fuente: Elaboración propia a partir de CASTELLANOS, Oscar Fernando. Gestión Tecnológica: De un enfoque tradicional a la Inteligencia. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, 2007 y CETISME. Inteligencia Económica y Tecnológica. Guía para principiantes y profesionales. España, 2002.

Con base en la revisión de fuentes primarias y secundarias y los resultados del ejercicio de Vigilancia Tecnológica y de la primera consulta tipo Delphi se procedió a realizar una consulta a expertos de la industria, con el fin de identificar perfiles de proyectos de I+D+i ambiental que constituyen la agenda de I+D+i ambiental de la industria automotriz en Colombia.

Para el desarrollo de la presente investigación se seleccionaron una batería de métodos cuya combinación configura la metodología para la construcción de la agenda de I+D+i ambiental de la industria automotriz colombiana. Estos métodos combinan las principales características de la prospectiva: creatividad, experticia, interacción y evidencia. Los métodos prospectivos utilizados se señalan en la siguiente figura denominada "Diamante de la Prospectiva", el cual fue construido por Rafael Popper[80].

[80] POPPER, Rafael. Foresight Methodology, in Georghiou, L., Cassingena H., J., Keenan, M., Miles, I., and Popper, R., The Handbook of Technology Foresight: Concepts and Practices, Cheltenham: Edward Elgar, 2008.

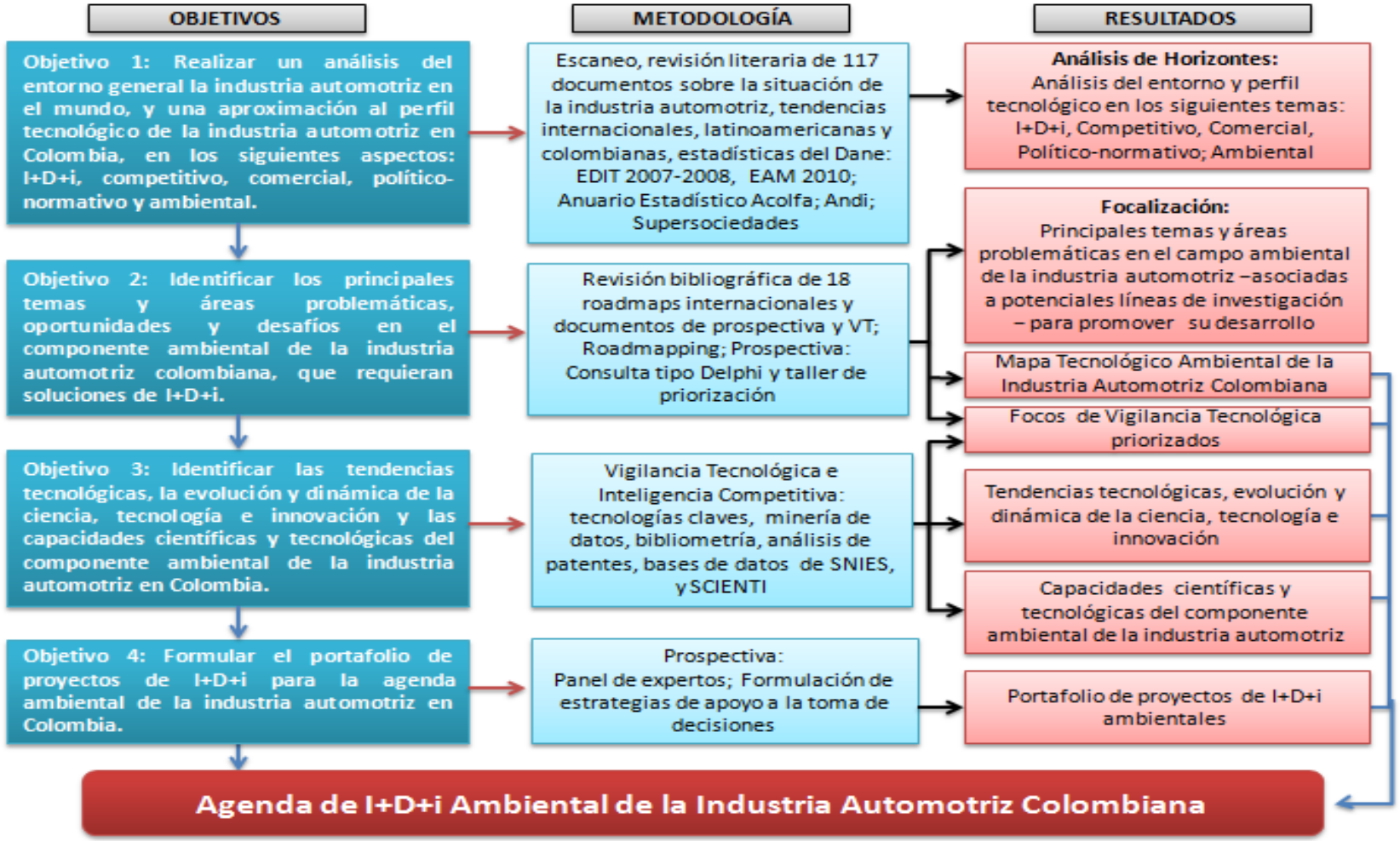
Figura 9. El Diamante de la Prospectiva



Fuente: POPPER, Rafael. Foresight Methodology, in Georghiou, L., Cassingena H., J., Keenan, M., Miles, I., and Popper, R., The Handbook of Technology Foresight: Concepts and Practices, Cheltenham: Edward Elgar, 2008.

En la Figura 10 se resume la metodología utilizada para la presente investigación, donde para cada objetivo se presentan las herramientas de la prospectiva y de vigilancia tecnológica utilizadas, y los resultados obtenidos para cada componente.

Figura 10. Metodología para la construcción de la agenda de I+D+i ambiental de la industria automotriz colombiana



Fuente: Elaboración propia.

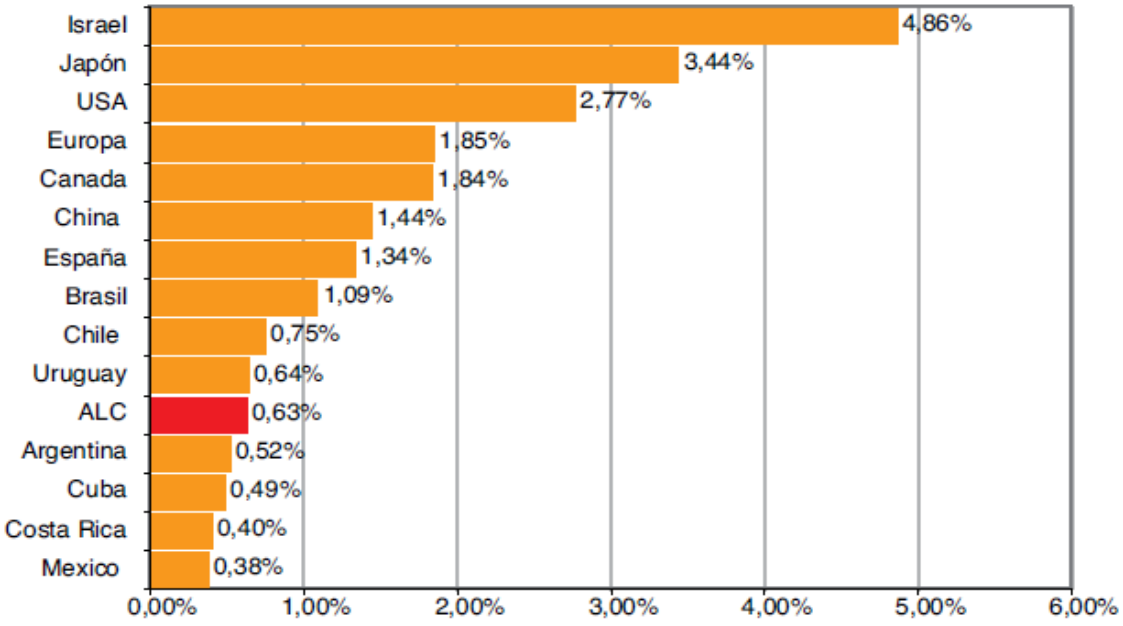
5. ENTORNO GENERAL DE LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ

5.1 Entorno general de la Ciencia, Tecnología e Innovación en el Mundo

En el entorno actual, la Ciencia, la Tecnología y la Innovación (CTeI) se caracterizan por transformar con gran rapidez la dinámica competitiva, social y ambiental de las sociedades modernas, lo que le ha otorgado al conocimiento un rol cada vez más relevante no solo en las posibilidades para competir a nivel mundial sino también para crecer de manera sostenible y con inclusión social, logrando una mejor calidad de vida. De esta manera, el conocimiento se convierte en un factor de desarrollo que determina el potencial que tienen los distintos países para generar riqueza. Guerra[81] sostiene que "la economía del conocimiento divide al mundo en grupos de países según su infraestructura y nivel de investigación y desarrollo, así como por su capacidad para aplicar el conocimiento en procesos productivos y la resolución de problemas sociales".

Lo anterior se confirma en parte, al observar la inversión en investigación y desarrollo (I+D) como porcentaje del PIB de varios países. Así pues, en el Gráfico 1 se aprecia la diferencia de dicha inversión entre algunos de los países más desarrollados como Estados Unidos, Japón, Europa, Israel, China y los países de América Latina y el Caribe (ALC).

Gráfico 1. Inversión en I+D en relación al PBI. Regiones y países seleccionados 2008



Fuente: RICYT. Estado de la Ciencia - Principales Indicadores de Ciencia y Tecnología - Iberoamericanos/ Interamericanos 2010. [En línea]. Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID). Argentina, 2010. [Consultado en abril 13 de 2011]. Disponible en internet: http://www.ricyt.org/index. p. 16.

[81] GUERRA DE MESA, María del Rosario, Citado por MEDINA Javier y ORTEGÓN Edgar. Manual de prospectiva y decisión estratégica: bases teóricas e instrumentos para América Latina y el Caribe. CEPAL Serie Manuales 51. Santiago de Chile: Naciones Unidas; 2006. p. 27.

Según las cifras mostradas por la Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología - Iberoamericana e Interamericana- (RICYT) [82], mientras que en el primer grupo de países la inversión en I+D se acerca al 2% del PIB e incluso lo supera considerablemente como es el caso de Israel con el 4,86%, en los países de América Latina y el Caribe ALC se mantiene alrededor del 0,63%. Colombia se encuentra por debajo del promedio de ALC con una inversión de 0,15% en el año 2008. Cabe resaltar el caso de Corea del Sur, que si bien no se muestra en el gráfico, tuvo una inversión de 2,60% en el año 2003.

La inversión en I+D en dólares corrientes en la última década, de acuerdo con la RICYT[83], evidencia que América Latina y el Caribe es el bloque geográfico que más crece, aunque su participación en el total mundial siga siendo poco significativa respecto de otros bloques, pasando de representar el 1,6% de la inversión total en el año 1999 al 2,3% en el año 2008. En estos mismos años, la preeminencia de EE.UU y Canadá (36,3%) en la inversión mundial de I+D fue dejando lugar a la participación de Europa (31,8%) en esta distribución, mientras Asia mantuvo durante los 10 últimos años una participación similar en esta distribución (27,5%).

Con respecto a la composición del gasto en I+D, Fernández[84] sostiene que "está cambiando y apunta al alza en todos los campos de la tecnología, desde el comercio en ordenadores, aviones, fármacos o instrumentos científicos, hasta el Internet y el comercio electrónico tanto en los hogares como en el mundo de los negocios, lo cual se ve acompañado por una mayor movilidad laboral a escala internacional, sobre todo de trabajadores con una educación superior".

Cabe anotar que la inversión en I+D se relaciona estrechamente con la mejora en la calidad de vida de la población, pero no se da de manera homogénea entre los países en la medida en que cada uno posee una capacidad de aprendizaje e infraestructuras distintas que pueden limitar o expandir sus capacidades científicas y tecnológicas. Según Argel[85], "Índices de desarrollo humano cruzados con el gasto en CTeI demuestran una trasferencia real a las regiones de los recursos para adelantar proyectos productivos desde la ciencia, sobre en todo en países como Japón, Estados Unidos, Corea, OCDE, Alemania, entre otros, que le apostaron a más gasto en I+D y presentan mayor Índice de Desarrollo Humano (IDH), cercanos al 0.90, mientras que los países de ALC registran estadísticas de 0.70-0.75", como se puede observar en el gráfico 2:

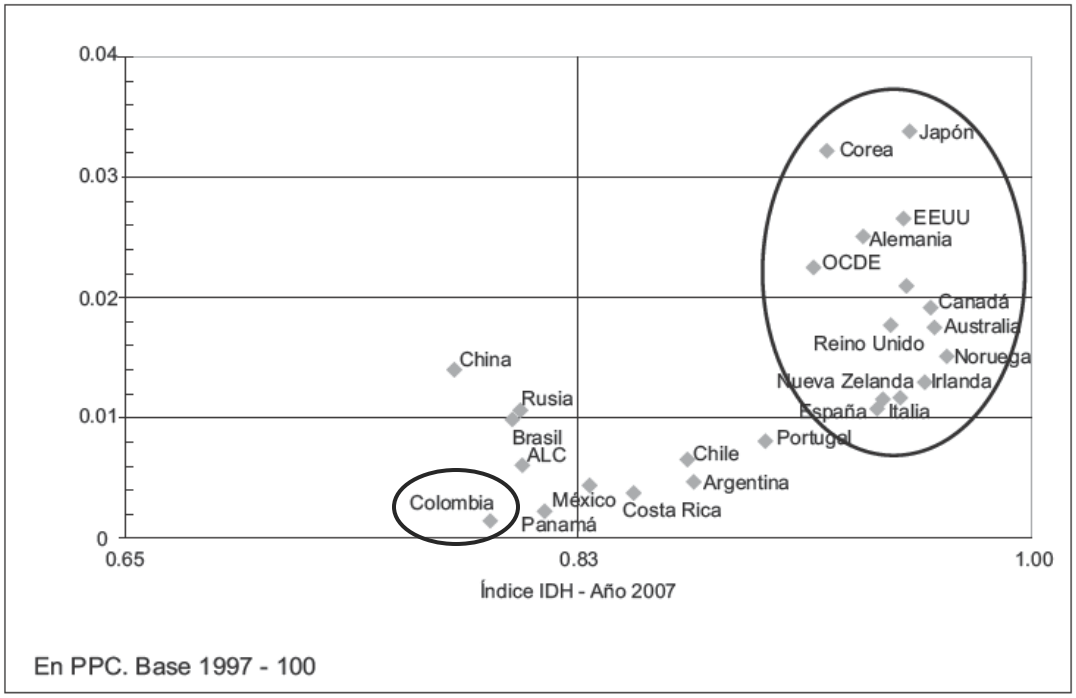
[82] RICYT, UNESCO, MSTI-OECD. Base de datos INFODATA, Serie 001, V 0.5.0, [Consultada en abril 12 de 2011]. Disponible en internet: <http://www.eclac.org/iyd/website/default_001.asp>

[83] RICYT. Estado de la Ciencia - Principales Indicadores de Ciencia y Tecnología - Iberoamericanos/ Interamericanos 2010. [En línea]. Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID). Argentina, 2010. [Consultado en abril 13 de 2011]. Disponible en internet: <http://www.ricyt.org/index>

[84] FERNÁNDEZ, Luis Ángel, Citado por MEDINA Javier y ORTEGÓN Edgar. Op.cit., p. 23.

[85] ARGEL, Giovanni Carlos. Naturaleza y tendencias de la ciencia, tecnología e innovación (CTI) en América Latina y el Caribe. Un análisis crítico al modelo institucional colombiano. En: Pensamiento & Gestión. 2009. No. 27. Universidad del Norte, p. 273.

Gráfico 2. Relación entre IDH e inversión en I+D como porcentaje del PIB



Fuente: RICYT, Tomado de ARGEL, Giovanni Carlos. Naturaleza y tendencias de la ciencia, tecnología e innovación (CTI) en América Latina y el Caribe. Un análisis crítico al modelo institucional colombiano. En: Pensamiento & Gestión. 2009. No. 27. Universidad del Norte, p. 274.

Tendencias Tecnológicas Globales

En la actualidad, el mundo atraviesa por una revolución tecnológica acelerada y diversa que afecta prácticamente todos los aspectos de la vida. En esta revolución se integran los desarrollos de cuatro tecnologías clave que tienen el potencial de generar impactos globales dominantes. Según la Corporación RAND[86] estas tecnologías son: la Biotecnología, la Nanotecnología, los Nuevos Materiales y las Tecnologías de la Información y la Comunicación. Como lo expresa Prieto[87], si a la combinación de estas cuatro tecnologías "se le agrega el desarrollo de conceptos actuales como teleportación, genómica, biocomplejidad aplicada al medio ambiente, y ciencias cognitivas y aprendizaje, es evidente que el mundo entrará en otro nivel de desarrollo científico a partir de la segunda década del presente siglo".

A futuro, la tecnología continuará integrando desarrollos de múltiples disciplinas en una "convergencia" que tendrá efectos profundos sobre la sociedad y que implicará la ampliación de la frontera de la ciencia y la tecnología, proporcionando tecnologías multifuncionales para satisfacer necesidades y retos con aplicaciones específicas. En el informe de la corporación estadounidense RAND[88], *The Global Technology Revolution*

[86] RAND Corporation. *The Global Technology Revolution 2020, In-Depth Analyses. Bio/Nano/Materials/Information Trends, Drivers, Barriers, and Social Implications. Santa Mónica, CA: RAND Corporation;* 2006. p.xvii.
[87] PRIETO, Pedro, Citado por MEDINA Javier y ORTEGÓN Edgar. Op.cit., p. 26.
[88] *RAND Corporation.* Op.cit., p. xvii.

2020, In-Depth Analyses, se listan las aplicaciones tecnológicas integradas con mayores posibilidades al año 2020:

1. **Energía solar barata.**
2. Comunicación inalámbrica rural.
3. Dispositivos de comunicación para acceso ubicuo de la información desde cualquier lugar, en cualquier momento.
4. Cultivos genéticamente modificados.
5. Bioensayos rápidos mediante uso de nanotecnologías.
6. Filtros y catalizadores para purificación y descontaminación de agua.
7. Suministro de medicinas dirigido.
8. Vivienda autónoma barata.
9. **Manufactura verde.**
10. Identificadores de radio frecuencia ubicuos.
11. **Vehículos híbridos.**
12. Sensores de infiltración.
13. Tejidos con ingeniería.
14. La mejora de métodos de diagnóstico y quirúrgicos.
15. Ordenadores sin cables.
16. Criptografía cuántica.

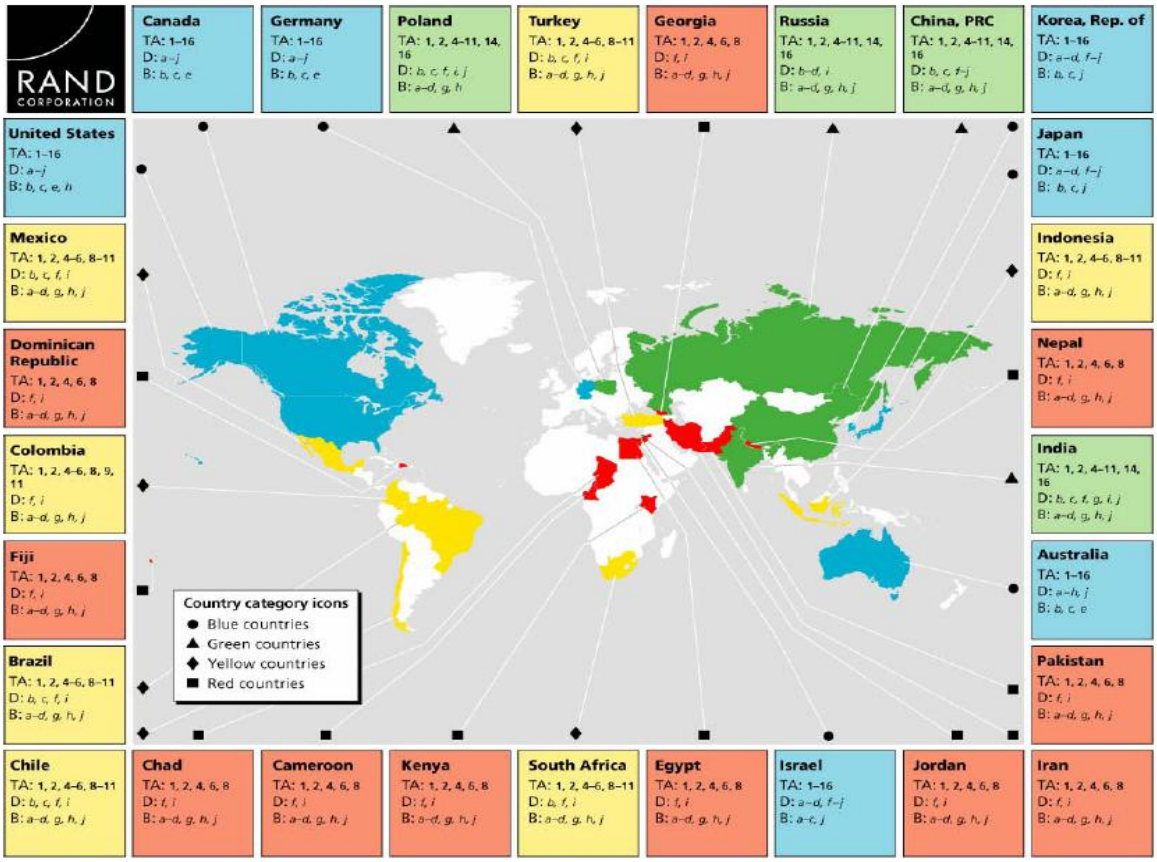
No obstante, cabe resaltar que los impactos de la revolución tecnológica tendrán efectos variados en las regiones y países del mundo en relación con las diferencias en sus necesidades sociales, sus capacidades científicas y tecnológicas, su reacción frente a las barreras y drivers, así como aspectos institucionales, políticos y culturales, que en conjunto les permitirán en mayor o menor medida adquirir e implementar las Aplicaciones Tecnológicas (AT).

En el informe de RAND[89] se analizan los efectos regionales e internacionales de las AT, a través de la selección de 29 países representativos (entre los cuales se encuentra Colombia), midiendo su capacidad de implantar las 16 tecnologías claves mencionadas, como se observa en la Figura 10.

Los países en color azul representan los más avanzados científica y tecnológicamente, entre los cuales están Estados Unidos, Alemania, Japón y Corea. Estos poseen la máxima capacidad para adquirir e implementar un mayor número de AT y a su vez tienen más drivers y menores barreras. Le sigue el grupo de países en color verde, con buenas habilidades científicas, entre los que se ubican la mayoría de países del resto de Asia y Europa Oriental. En el siguiente nivel, de color amarillo, figuran los países científicamente en desarrollo con menores capacidades de adquirir AT. En este grupo se encuentra Latinoamérica, parte del Sudeste de Asia, Turquía y Sudáfrica. Finalmente, con color rojo se identifican las regiones científicamente más atrasadas, la mayoría de países Africanos y del Oriente Medio, así como países isleños del Caribe y el Pacífico. Estos últimos tres grupos poseen más barreras que drivers para implementar las tecnologías y por ende tendrán que hacer mayores y continuos esfuerzos para crear y fortalecer sus capacidades en diversos frentes, que van más allá de lo puramente tecnológico.

[89] Ibíd., p. xx-xxii.

Figura 11. Capacidad de Adquirir el Top 16 de las Aplicaciones Tecnológicas, países seleccionados



Fuente: RAND Corporation. The Global Technology Revolution 2020, In-Depth Analyses. Bio/Nano/Materials/Information Trends, Drivers, Barriers, and Social Implications. Santa Mónica, CA: RAND Corporation; 2006. p. xxii

Nota: los países fueron seleccionados como representativos de grupos de naciones similares en una sola área geográfica. Los colores se relacionan con la capacidad de Ciencia y Tecnología de los países. Los números de TA (Technological Application) corresponden a la lista de las 16 aplicaciones tecnológicas mencionadas. D significa *driver* y B *barrera* y las letras *a* hasta la *j* identifican drivers y barreras de acuerdo con lo siguiente: (a) costo/financiamiento; (b) leyes/políticas); (c) valores sociales, opiniones del público, políticos; (d) infraestructura; (e) asuntos privados (f) uso de recursos y salud medioambiental; (g) inversión en I+D; (h) educación y alfabetismo; (i) población y demografía; (j) gobierno y estabilidad.

En este panorama surgen temas estratégicos que se deben abordar por los cambios estructurales que están generando y que se espera marquen tendencias más fuertes hacia el futuro. Entre ellos, la CEPAL[90] menciona: el cambio climático, que impondrá límites y responsabilidades a los países… "obliga a reorientar el paradigma productivo y los patrones de consumo, coloca a la solidaridad intergeneracional en el centro de la agenda de la igualdad e, incluso, cuestiona nuestra relación con el mundo". Por su parte, el cambio tecnológico y la sociedad del conocimiento se presenta como una nueva

[90] COMISIÓN ECONÓMICA PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE CEPAL. La hora de la igualdad: brechas por cerrar, caminos por abrir. Trigésimo tercer período de sesiones de la Comisión (Brasilia, 30 de mayo a 1 de junio de 2010). Santiago de Chile: Naciones Unidas; 2010. p. 9.

manera de trabajar y organizarse, modificando patrones económicos, sistemas de comunicación, dinámicas de aprendizaje, vínculos sociales y formas de gobernar.

Otra gran tendencia es la transición demográfica, que implica el envejecimiento de la población. Según Morato[91], se estima que para el año 2030 el número de ancianos de más de 80 años pasará de los actuales 87 millones a 246 en todo el mundo. En este aspecto, en ALC existe un "bono demográfico" que se puede aprovechar, dado que la disminución de la población infantil y el envejecimiento todavía incipiente de la población adulta se traduce en una proporción mayor de población en edad de trabajar con relación a la población dependiente.

La última gran tendencia es el cambio cultural derivado de los fenómenos globales, la expansión mundial del consumo y el financiamiento, la acelerada globalización de las comunicaciones y de la información, el uso masivo de las nuevas tecnologías, entre otras. Este cambio cultural cuestiona las formas de organizar la sociedad, genera un mayor intercambio global, pero también produce intolerancias culturales y religiosas y nuevas formas de violencia que pueden amenazar la seguridad mundial.

Lo cierto es que la naturaleza e implicaciones de los avances tecnológicos plantean fuertes debates ciencia-tecnología-sociedad, que se deberán abordar para la resolución de conflictos y la formulación de las políticas públicas requeridas, teniendo en cuenta las características, cultura y valores de cada sociedad. Aunque no se puede determinar el efecto neto de las tecnologías que impactarán el futuro, en el Informe de la Corporación RAND[92] se afirma que "estas tendencias y aplicaciones tecnológicas tienen un impulso sustancial tras ellas y serán el foco de investigación y desarrollo permanente, consideraciones, fuerzas del mercado y debates. Muchas de estas tecnologías serán aplicadas de una manera u otra, y sus efectos serán significativos e increíbles, transformando vidas alrededor del mundo".

5.2 Contexto Global de la Industria Automotriz

La industria automotriz es un sector clave para la mayoría de las grandes economías del mundo, tanto desarrolladas como en desarrollo, y por más de un siglo ha sido el origen de innovaciones que han transformado radicalmente un gran número de procesos manufactureros. En la actualidad, la industria fabrica más de 70 millones de vehículos y provee unos 10 millones de empleos directos (un 5% del empleo manufacturero global) y otros 50 millones de empleos indirectos en actividades manufactureras y servicios relacionados.

Para la fabricación de vehículos se utilizan bienes producidos por una gran variedad de industrias (acero, aluminio, vidrio, plástico, caucho, componentes electrónicos y textiles, entre otros), lo que la convierte en una actividad articuladora de una compleja cadena productiva. Por este motivo, el sector automotor ha desempeñado un papel fundamental en la industrialización de muchos países. Dada su relevancia, permanentemente ha sido objeto privilegiado de las políticas industriales, en cuyo marco se han diseñado

[91] OPTI. Panel Internacional Prospectiva y Evaluación en Ciencia, Tecnología e Innovación. La experiencia de la Fundación OPTI. Presentación realizada por Ana Morato en Colombia, junio de 2008. p. 16.
[92] RAND Corporation. Op.cit., p. 138.

estrategias de largo plazo orientadas específicamente al sector, que han incluido gran diversidad de instrumentos de estímulo y apoyo. En muchos países, la política para el sector automotor ha sido la política industrial por excelencia. Más aún, con posterioridad a las reformas de libre mercado, países que incluso manifiestan no llevar adelante políticas de este tipo, siempre han tenido consideraciones especiales con esta industria[93].

La industria automotriz es una de las que más realiza innovaciones y más invierte en Investigación y Desarrollo a nivel mundial. Debido a la fuerte competencia que existe entre las grandes multinacionales de vehículos, estas empresas están cada vez más preocupadas por atender las demandas y necesidades de los clientes.

Además de los factores científico-tecnológicos, la industria automotriz se ve fuertemente afectada por las grandes tendencias de cambio con respecto a la dinámica de la población, el comportamiento de los consumidores, la tecnología y las regulaciones ambientales. De acuerdo con el Documento Car Innovation 2015[94] existen 10 Megatendencias que influyen considerablemente en la industria automotriz:

- La extensión de la protección medioambiental.
- El estancamiento del crecimiento de la población.
- La emergencia de las megaciudades.
- El envejecimiento de la población.
- La polarización en la distribución del ingreso.
- El aumento de la demanda de movilidad.
- El aumento de la demanda de conectividad y simplicidad.
- El incremento de la demanda de seguridad.
- La individualización de la demanda.
- El incremento de la complejidad tecnológica.

A su vez, existen macrotendencias que influyen en el tema de ingeniería y diseño de automóviles[95].

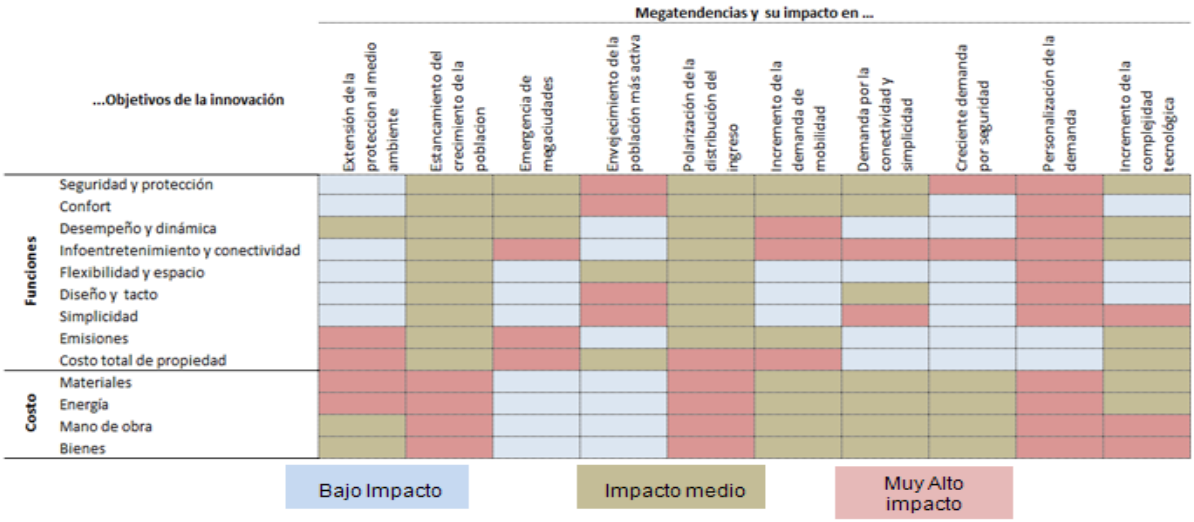
- Reducción en el consumo de combustible y emisiones contaminantes.
- Las nuevas generaciones de automóviles serán cada vez más pequeños, baratos y con funcionalidades adicionales.
- Los programas de software serán los dominadores en los sistemas y sus funciones.
- Los sistemas mecánicos/hidráulicos serán remplazados exitosamente por los sistemas eléctricos/electrónicos.
- La ley de Moore (La complejidad de los circuitos electrónicos se duplica cada 18 meses) se conservará.

[93] COMISIÓN ECONÓMICA PARA AMERICA LATINA Y EL CARIBE CEPAL. La inversión extranjera directa en América Latina y el Caribe. Capítulo 2: La industria automotriz frente a la crisis: estrategias empresariales en el Brasil y México; 2009.
[94] WYMAN, Oliver. *Car Innovation 2015. A comprehensive study on innovation in the automotive industry*, París, 2007.
[95] WARNER citado en CLAUT Clúster automotriz de Nuevo León (2011. Armadoras en México imponen récord histórico de producción y exportaciones en 2010 [en línea] 2011 [Consultado el 15 de Agosto de 2011]. Disponible en internet: <http://claut.com.mx >.

- La interface humano-máquina será un factor diferenciador clave para los nuevos productos.
- Las legislaciones ambientales se volverán cada vez más exigentes.
- Los motores de combustión interna continuaran siendo el motor de tracción más importante por un largo tiempo.
- Los sistemas micro-electromecánicos, será cada vez más utilizados como sensores inteligentes.

En la Figura 12 se resume cómo las principales megatendencias influyen en el desarrollo de la innovación en la industria automotriz.

Figura 12. Megatendencias sobre las innovaciones en la Industria Automotriz



Fuente: WYMAN, Oliver. *Car Innovation 2015. A comprehensive study on innovation in the automotive industry*, París, 2007.

Durante los últimos veinte años, la industria automotriz y de autopartes en el mundo ha sufrido grandes transformaciones relacionadas principalmente con los siguientes aspectos:

- Consolidación y racionalización de los Fabricantes de Equipo Original en el mundo-OEMs, y de los proveedores (*Tier 1*) como resultado de fusiones y adquisiciones, especialmente a partir de la crisis que inició en el 2008 en Estados Unidos. Al ser menos y más grandes, estos participantes tienen cada vez un mayor poder de negociación con los proveedores.
- Pérdida de participación de mercado de las tres grandes OEM estadounidenses: GM, Ford y Crysler, principalmente frente a empresas asiáticas[96].
- Relocalización de las industrias automotrices en países Asiáticos (China, Corea, India); de Europa Oriental como Turquía, República Checa, Eslovenia y Polonia, India, y países latinoamericanos como México y Brasil.

[96] MUSIK, 2004 citado en COMISIÓN ECONÓMICA PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE CEPAL. Serie estudios y perspectivas. Evolución reciente y retos de la industria manufacturera de exportación en Centroamérica, México y República Dominicana: una perspectiva regional y sectorial, 2008.

- Transformación de las plataformas productivas a nivel mundial mediante la adopción de sistemas de producción modular avanzados, el traslado de plantas a países de más bajo costo y con flexibilidad para producir series pequeñas o de baja escala, en plataformas geográficamente mejor localizadas.
- Mayor poder de negociación de los ensambladores (OEM), los cuales están enfocados en el diseño, tienden a reducir su integración vertical, demandan mayor calidad e inversión en I+D+i a los fabricantes de autopartes y tienden a colaborar menos en el desarrollo de sus proveedores.
- Mayor participación de los proveedores, los cuales ofrecen diseño de sistemas y componentes de mayor nivel tecnológico, así como la fabricación de piezas y partes más livianas y de nuevos materiales, todo lo cual implica que cuenten con recurso humano altamente formado y especializado.
- Presión por la innovación. Demanda de nuevas funcionalidades por parte de los clientes; de nuevos requerimientos de seguridad y protección ambiental por parte de los gobiernos y necesidad de las empresas de no quedar rezagados frente a sus competidores.
- Incremento del nivel de complejidad tecnológica, especialmente mediante la incorporación de aplicativos –software, tanto a los vehículos como a los procesos y productos de los fabricantes y autopartistas. Ej. El Info-entretenimiento, ergonomía y la conectividad en los vehículos, que maximiza la experiencia del consumidor.
- Relevancia ambiental: Mayor número de reglamentaciones, tendencia al uso de motores más eficientes, con energías alternativas (vehículos híbridos, celdas de combustible, vehículos eléctricos) y combustibles alternativos como biocombustibles y gas natural.

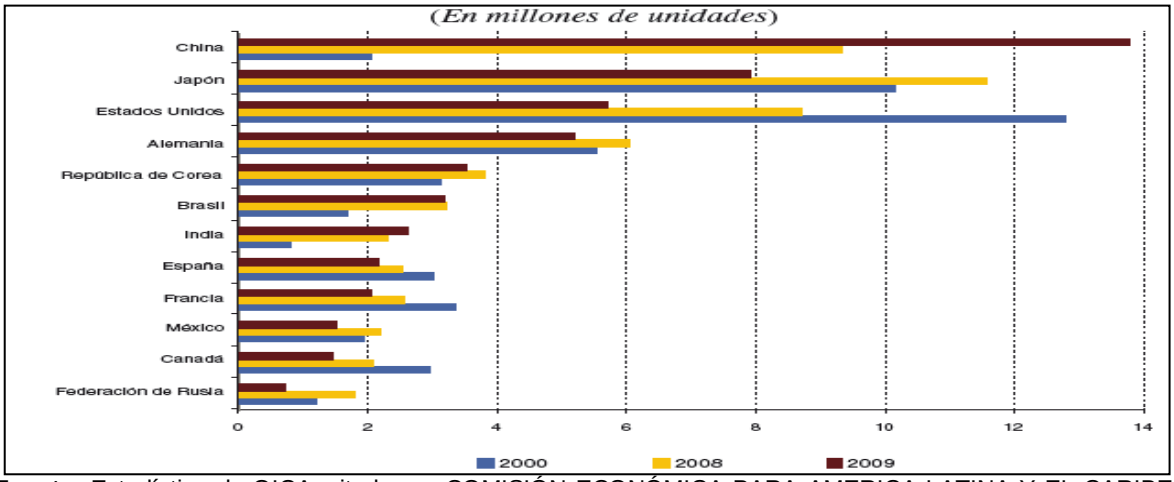
Principales estadísticas de la industria automotriz a nivel internacional

La estructura porcentual en la producción de vehículos en el mundo ha cambiado de manera muy importante durante las últimas décadas y países como Estados Unidos y Alemania han perdido participación, en 1961 producían respectivamente 48% y 15,8% del total de vehículos a nivel mundial, reduciendo su participación en cuatro décadas y media a sólo 12,3% y 8,5% respectivamente en 2008. En el 2009, sin duda como reflejo de los efectos de la crisis económica, la participación de estos países en la producción mundial disminuye aún más, llegando a 9,3% y 8,4% respectivamente [97].

En el Gráfico 3 se presentan las estadísticas de los principales países productores donde se destaca el crecimiento de China y se ratifica el liderazgo de Japón, Estados Unidos y Alemania.

[97] CARBAJAL, Yolanda. Sector Automotriz: Reestructura tecnológica y reconfiguración del mercado mundial. En: Paradigma económico. Enero-Junio de 2010. Año 2. No. 1. p.24-52.

Gráfico 3. Principales países productores 2000-2008-2009

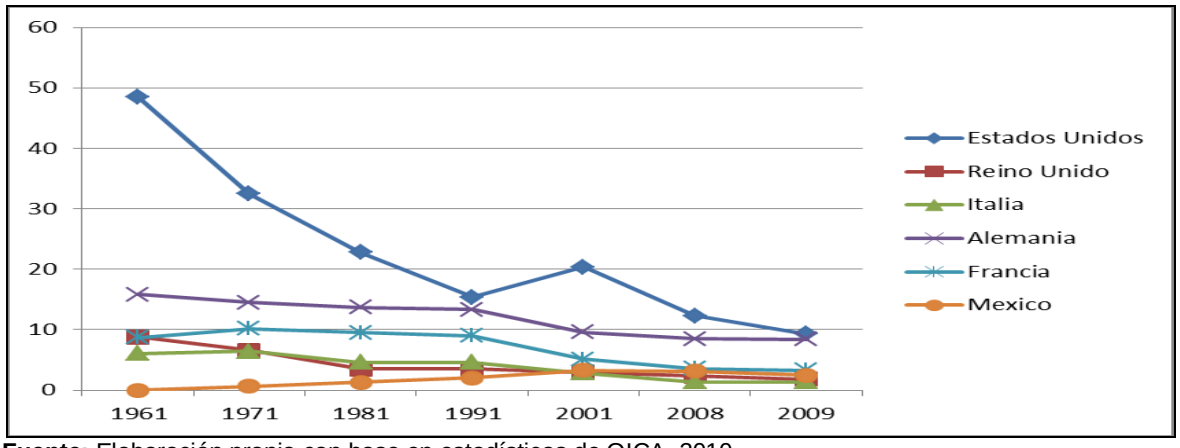


Fuente: Estadística de OICA, citado por COMISIÓN ECONÓMICA PARA AMERICA LATINA Y EL CARIBE CEPAL. La inversión extranjera directa en América Latina y el Caribe. Capítulo 2: La industria automotriz frente a la crisis: estrategias empresariales en el Brasil y México; 2009.

En la industria automotriz se ha presentado un acelerado proceso de deslocalización de la producción desde los principales países desarrollados hacia un selecto grupo de economías emergentes, que combinan grandes mercados internos con menores costos de producción y cercanía a importantes mercados de exportación.

En la actualidad, los denominados BRIC (Brasil, la Federación de Rusia, India y China), junto con la República de Corea, México y algunos nuevos miembros de la Unión Europea (Eslovaquia, Polonia y la República Checa), comienzan a consolidarse como los nuevos polos productivos de la industria[98]. En los siguientes gráficos se pueden observar los países ganadores y perdedores en relación a la participación en el mercado automotriz.

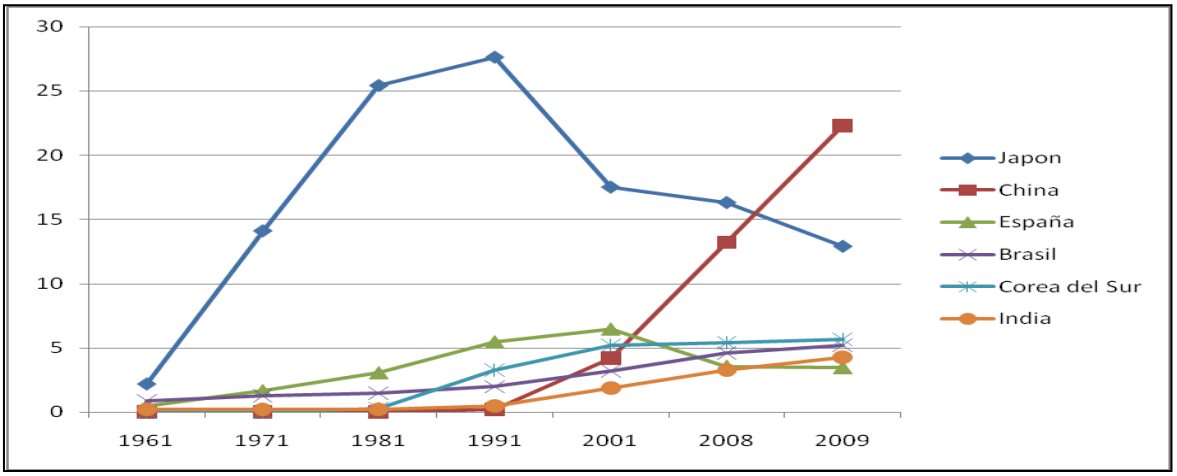
Gráfico 4. Países perdedores en participación del mercado de la industria automotriz



Fuente: Elaboración propia con base en estadísticas de OICA, 2010.

[98] COMISIÓN ECONÓMICA PARA AMERICA LATINA Y EL CARIBE CEPAL. La inversión extranjera directa en América Latina y el Caribe. Capítulo 2: La industria automotriz frente a la crisis: estrategias empresariales en el Brasil y México; 2009. Op.,cit.

Gráfico 5. Países ganadores en participación de mercado de la industria automotriz



Fuente: Elaboración propia con base en estadísticas de OICA, 2010.

Debe destacarse el caso de China, que ha tenido avances importantes dentro de la industria automotriz en los últimos años, lo que lo ha llevado a posicionarse como el principal productor de vehículos en el mundo y como uno de los mercados más importantes, junto con Estados Unidos y Japón. Estos aspectos implican que la participación de este país en la industria automotriz mundial es fundamental.

De esta manera, se evidencian las grandes transformaciones que ha sufrido la Industria automotriz a nivel mundial y que también afectan considerablemente al contexto latinoamericano que se presenta en el siguiente acápite.

5.3 Contexto Latinoamericano

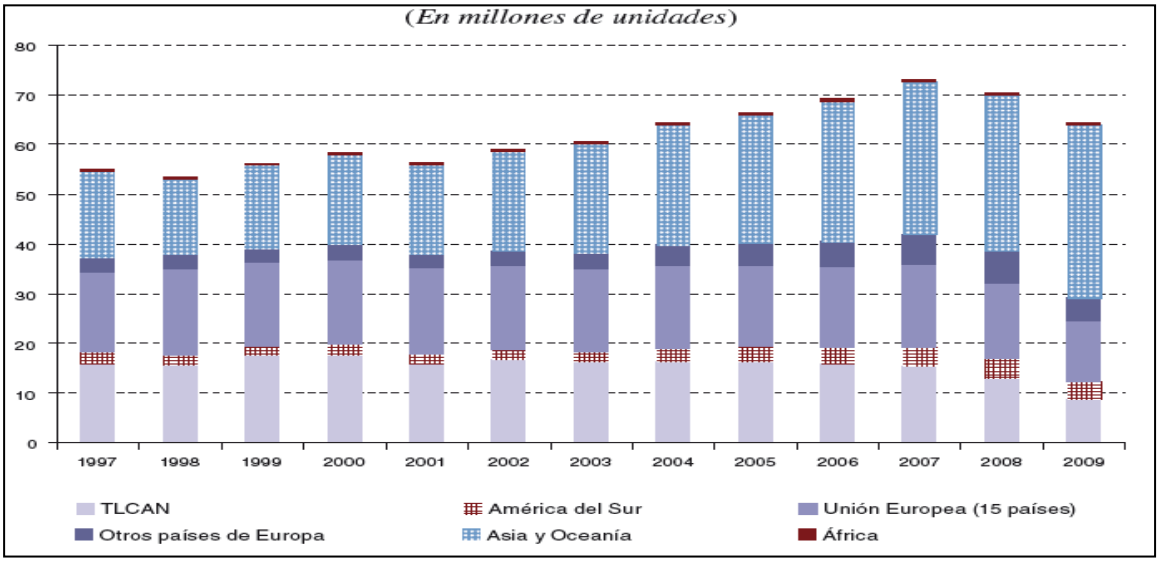
América Latina no ha sido ajena al proceso de transformación de la industria automotriz, lo que se ve reflejado en el surgimiento de grandes mercados y la consolidación de México, Brasil y Argentina como jugadores importantes en el plano internacional.

La industria automotriz en América Latina ha sido favorecida y apoyada sistemáticamente por políticas industriales, especialmente en la segunda mitad del Siglo XX con el Modelo de Sustitución de Importaciones y posteriormente con políticas de inserción en el mercado internacional a través de acuerdos como el TLCAN (México) y Mercosur (Brasil y Argentina). También se han generado grandes estímulos a la Inversión Extranjera Directa por parte de grandes multinacionales de la industria automotriz en países como México, Brasil y Argentina.

La crisis económica mundial de 2008 afectó considerablemente la industria y la llevó a reformular sus estrategias comerciales, económicas, normativas y ambientales. En el período 1997-2009 se puede observar un cambio con respecto a la producción de vehículos por regiones. Tradicionalmente las tres principales regiones de producción de vehículos han sido: América del Norte, Asia y Oceanía. Sin embargo, de acuerdo con

datos de la Cepal[99], Asia, particularmente India y China, han aumentado su participación, así como América del Sur (ver gráfico 6).

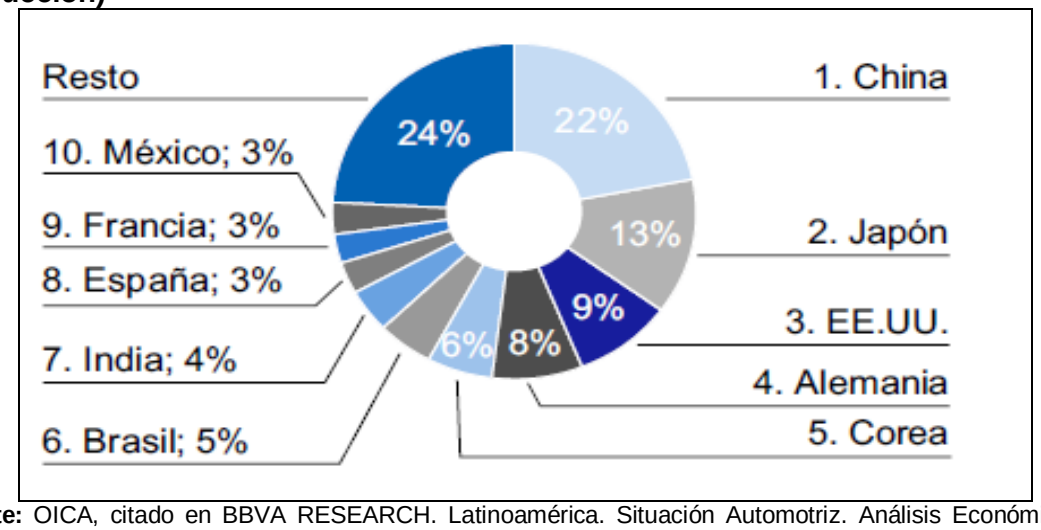
Gráfico 6. Producción mundial de vehículos por regiones 1997-2009



Fuente: COMISIÓN ECONÓMICA PARA AMERICA LATINA Y EL CARIBE CEPAL. La inversión extranjera directa en América Latina y el Caribe. Capítulo 2: La industria automotriz frente a la crisis: estrategias empresariales en el Brasil y México; 2009.

Al analizar la producción mundial de vehículos por países se observa la importancia de Brasil y México, con el 5% y el 3% de participación en el total mundial, respectivamente.

Gráfico 7. Producción mundial de vehículos a motor (2009, % sobre el total de la producción)

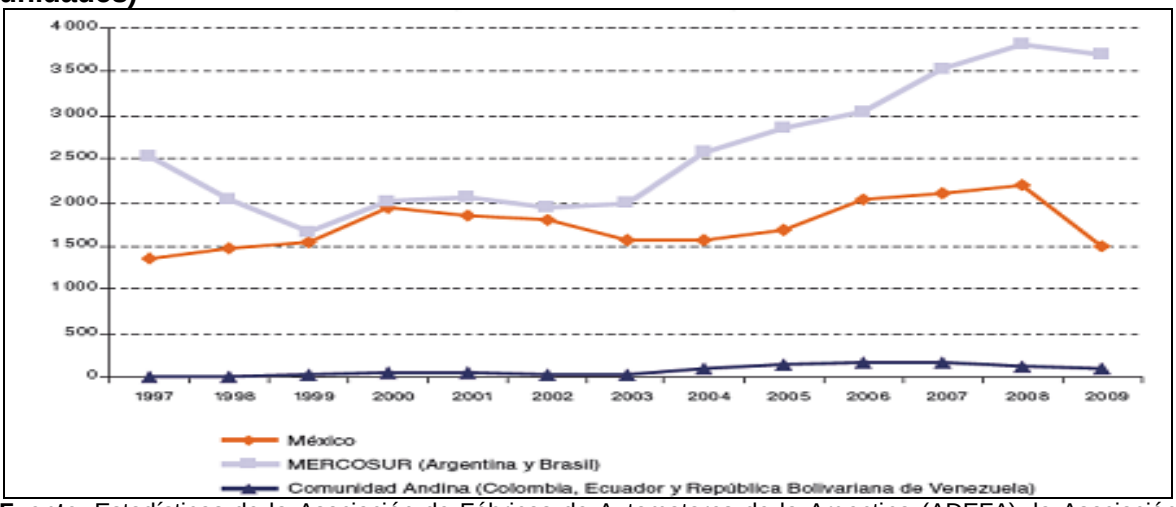


Fuente: OICA, citado en BBVA RESEARCH. Latinoamérica. Situación Automotriz. Análisis Económico [en línea] 2010. [Consultado el 15 de Junio de 2011]. Disponible en internet <http://www.bbvaresearch.com>.

[99] Ibíd

Si se analiza el comportamiento de la producción de vehículos en América Latina, el liderazgo es asumido por Argentina y Brasil en el marco de Mercosur; México es un país líder, sin embargo, debido a su gran dependencia de EE.UU, su producción se afectó notablemente a partir de la crisis económica de 2008. La producción de los países andinos como Colombia, Perú y Venezuela, es todavía muy inferior con respecto a los países líderes (ver gráfico 8).

Gráfico 8. Producción de vehículos en América Latina 1997-2009 (en miles de unidades)



Fuente: Estadísticas de la Asociación de Fábricas de Automotores de la Argentina (ADEFA), la Asociación Nacional de Fabricantes de Vehículos Automotores del Brasil (ANFAVEA) y la Asociación Mexicana de la Industria Automotriz (AMIA) citado en COMISIÓN ECONÓMICA PARA AMERICA LATINA Y EL CARIBE CEPAL. La inversión extranjera directa en América Latina y el Caribe. Capítulo 2: La industria automotriz frente a la crisis: estrategias empresariales en el Brasil y México; 2009.

Los países líderes en América Latina son Brasil y México que abarcan aproximadamente el 90% de la producción. Argentina también ha ganado terreno en los últimos años. En Brasil predominan los fabricantes europeos especializados en automóviles compactos y orientados al mercado interno y subregional —el MERCOSUR—, en México la producción se sustenta, sobre todo, en empresas estadounidenses especializadas en vehículos medianos y grandes destinados a la exportación, en especial a América del Norte[100].

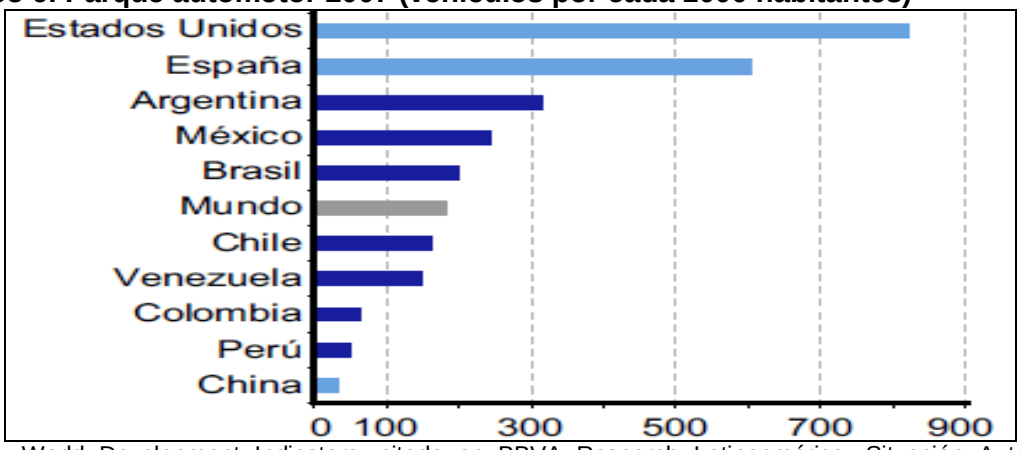
Con respecto al parque automotriz, este ha tenido un aumento considerable en toda la región, debido en parte a la mejora del nivel de ingresos en los países latinoamericanos, la baja en los precios de los automóviles, facilidades para el acceso a la financiación y "la insuficiente construcción de líneas ferroviarias y sistemas urbanos de trasporte masivo (metros, autobuses, etc.)"[101].

En efecto, el número de vehículos por habitantes creció en un 50% pasando de 113 vehículos por cada mil habitantes en el año 2002 a 169 vehículos por cada mil habitantes

[100] Ibíd.
[101] BBVA RESEARCH. Latinoamérica. Situación Automotriz. Análisis Económico [en línea] 2010. [Consultado el 15 de Junio de 2011]. Disponible en internet <http://www.bbvaresearch.com>.

en el año 2007. Argentina es el país en América Latina que tiene el mayor número de habitantes con vehículo[102]. En el gráfico 9 se observa esta dinámica.

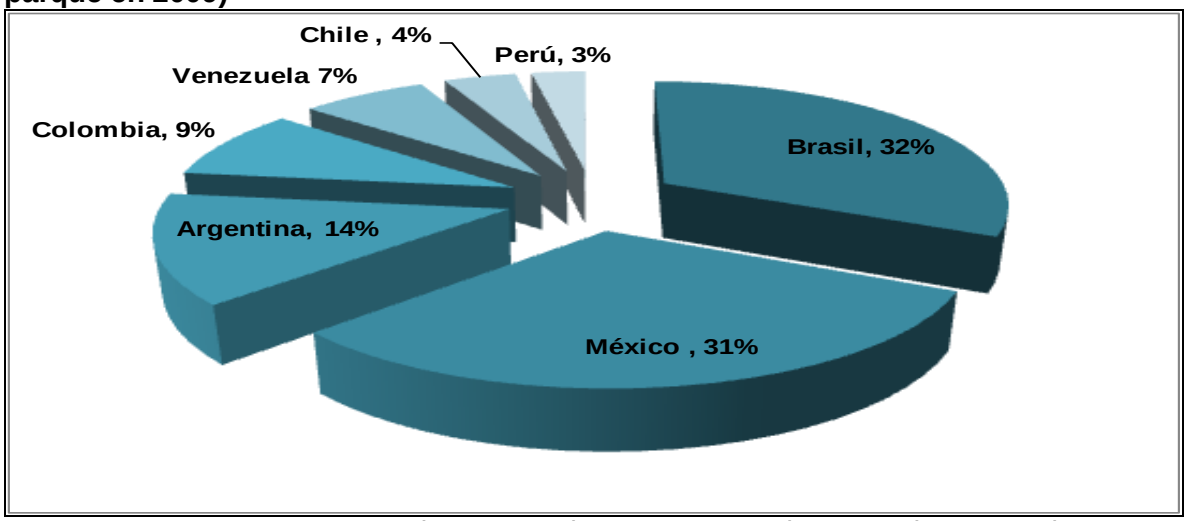
Gráfico 9. Parque automotor 2007 (vehículos por cada 1000 habitantes)



Fuente: World Development Indicators, citado en BBVA Research Latinoamérica. Situación Automotriz. Análisis Económico [en línea] 2010. [Consultado el 15 de Junio de 2011]. Disponible en internet <http://www.bbvaresearch.com>.

Desde el año 2000, el parque automotriz ha experimentado un rápido crecimiento, pasando de 42,1 millones de unidades a 65,8 millones en 2009, concentrándose la mayor parte de estos vehículos en Brasil (21 millones de unidades), México (21 millones de unidades) y Argentina (9 millones de unidades)[103]. En el gráfico 10 se presenta esta dinámica.

Gráfico 10. Distribución del parque automotriz en la región (% sobre el total del parque en 2009)



Fuente: BBVA Research Latinoamérica. Situación Automotriz. Análisis Económico [en línea] 2010. [Consultado el 15 de Junio de 2011]. Disponible en internet <http://www.bbvaresearch.com>.

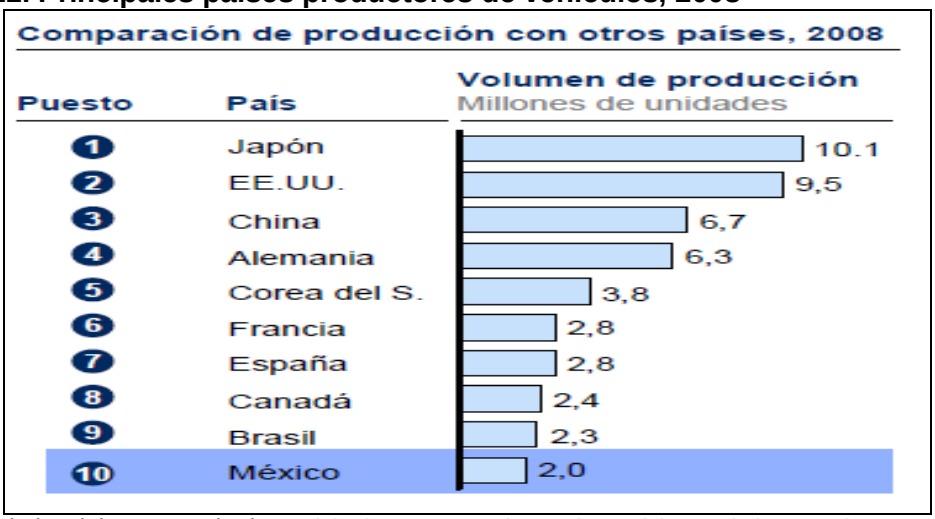
[102] Ibíd.
[103] Ibíd.

Caso México

El caso de México merece especial importancia en el análisis del contexto latinoamericano ya que se ha convertido en un jugador de talla mundial gracias a su posición estratégica y al aprovechamiento de las relaciones comerciales con EE.UU y Canadá en el marco del Tratado de Libre Comercio de América del Norte TLCAN.

Actualmente, México es el noveno exportador de automóviles en el mundo, por encima de Italia y Reino Unido, con una producción cercana a los 2 millones de automóviles en 2006[104]. Además, en el año 2008 ocupó el décimo lugar en volumen de producción (por millones de unidades), lo que le ha permitido consolidarse como un jugador estratégico en el ámbito internacional. En el gráfico 11 se presenta el ranking de los principales países productores de la industria automotriz.

Gráfico 11. Principales países productores de vehículos, 2008

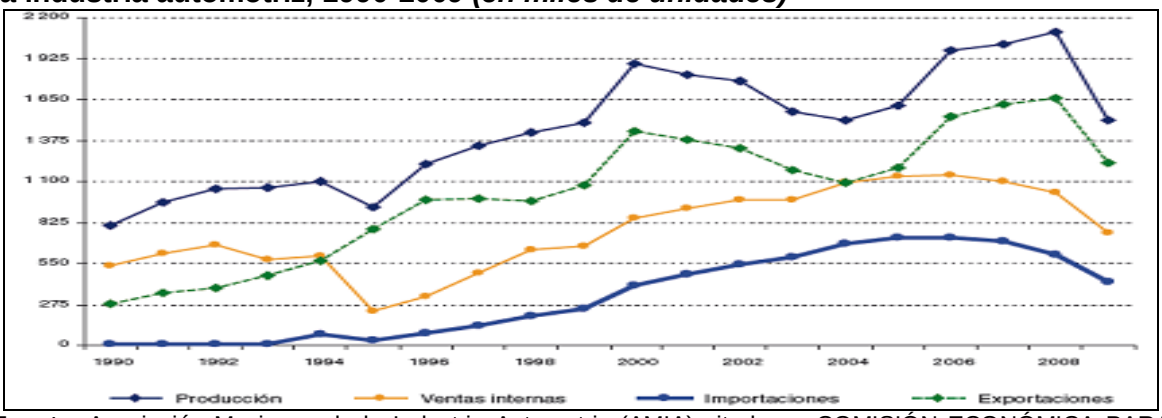


Fuente: Global Insight; AIMA, citado en COLOMBIA. MINISTERIO DE COMERCIO, INDUSTRIA Y TURISMO. Desarrollando sectores de clase mundial en Colombia. Sector de Autopartes. Informe Final McKinsey & Company, 2009.

México tiene un mercado interno amplio, que favorece la comercialización de vehículos nuevos y usados. Sin embargo, a pesar de los beneficios que le puede otorgar su cercanía con EE.UU, esto también ha generado una alta dependencia. En el gráfico 12 se presenta el comportamiento de la industria automotriz mexicana en el período 1990-2009.

[104] COMISIÓN ECONÓMICA PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE CEPAL. Serie estudios y perspectivas. Evolución reciente y retos de la industria manufacturera de exportación en Centroamérica, México y República Dominicana: una perspectiva regional y sectorial, 2008. Op.,cit.

Gráfico 12. México: Producción, ventas internas, exportaciones e importaciones de la industria automotriz, 1990-2009 *(en miles de unidades)*



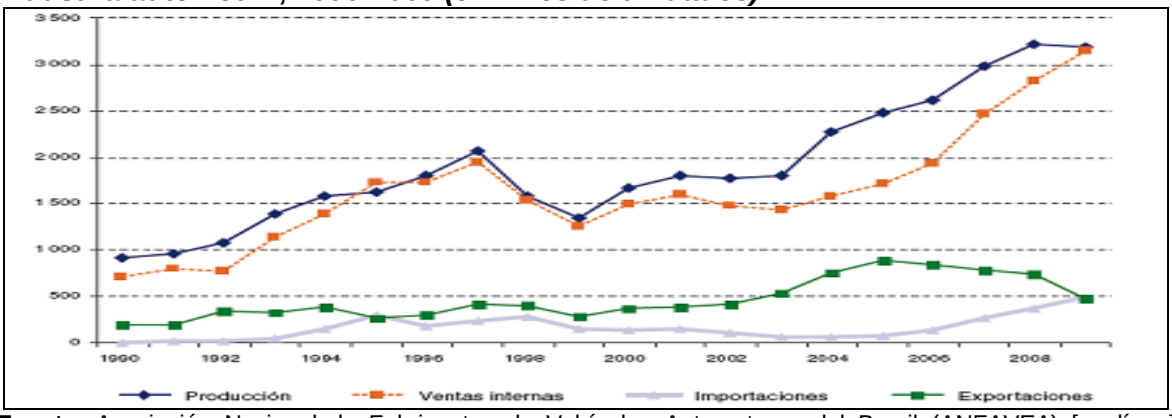
Fuente: Asociación Mexicana de la Industria Automotriz (AMIA) citado en COMISIÓN ECONÓMICA PARA AMERICA LATINA Y EL CARIBE CEPAL. La inversión extranjera directa en América Latina y el Caribe. Capítulo 2: La industria automotriz frente a la crisis: estrategias empresariales en el Brasil y México; 2009.

Gracias al TLCAN, la Inversión Extranjera Directa por parte de grandes multinacionales se ha incrementado considerablemente durante los últimos 20 años, lo que le ha permitido aprovechar en mayor medida su cercanía con Estados Unidos.

Caso Brasil

Brasil se ha convertido en uno de los mayores productores y principales mercados consumidores del mundo: en 2008 era el sexto mayor productor y el quinto mercado consumidor del mundo[105]. En el gráfico 13 se observa el comportamiento comercial de la industria automotriz brasilera en el período 1990-2009.

Gráfico 13. Brasil: producción, ventas internas, exportaciones e importaciones de la industria automotriz, 1990-2009 *(en miles de unidades)*



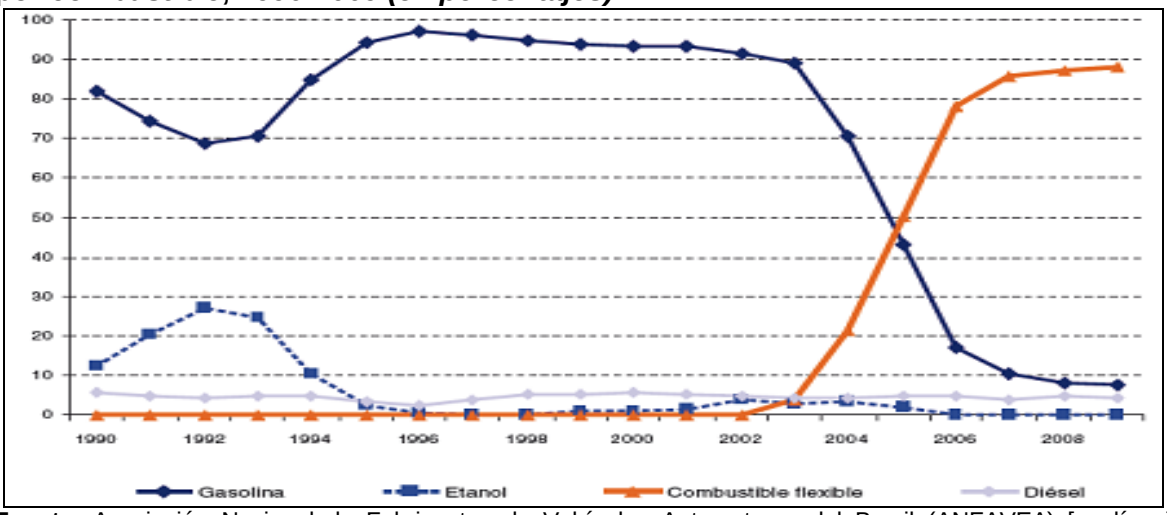
Fuente: Asociación Nacional de Fabricantes de Vehículos Automotores del Brasil (ANFAVEA) [en línea] http://www.anfavea.com.br citado en COMISIÓN ECONÓMICA PARA AMERICA LATINA Y EL CARIBE CEPAL. La inversión extranjera directa en América Latina y el Caribe. Capítulo 2: La industria automotriz frente a la crisis: estrategias empresariales en el Brasil y México; 2009.

[105] SARTI E HIRATUKA, 2009 citado en COMISIÓN ECONÓMICA PARA AMERICA LATINA Y EL CARIBE CEPAL. La inversión extranjera directa en América Latina y el Caribe. Capítulo 2: La industria automotriz frente a la crisis: estrategias empresariales en el Brasil y México; 2009. Op., cit.

La industria automotriz brasilera se caracteriza por satisfacer principalmente su mercado interno, con producción local. Sin embargo, también se presenta un alto flujo comercial de exportaciones e importaciones, principalmente con su socio Argentina en el marco de Mercosur.

Una de las características importantes de la Industria Brasilera es la tendencia a la producción de automóviles compactos con motores de combustión flexible de hasta 1.000 cm^3. Esto les permite generar economías de escala y por lo tanto reducir los costes de producción. Los motores de combustión flexible permiten utilizar dos tipos de combustible: gasolina y alcohol. Esta tendencia incide directamente en la disminución del impacto ambiental de las emisiones de CO^2 a la atmósfera. En el gráfico 14 se representa esta tendencia.

Gráfico 14. Brasil: ventas internas de automóviles y vehículos comerciales livianos, por combustible, 1990-2009 *(en porcentajes)*



Fuente: Asociación Nacional de Fabricantes de Vehículos Automotores del Brasil (ANFAVEA) [en línea] http://www.anfavea.com.br citado en COMISIÓN ECONÓMICA PARA AMERICA LATINA Y EL CARIBE CEPAL. La inversión extranjera directa en América Latina y el Caribe. Capítulo 2: La industria automotriz frente a la crisis: estrategias empresariales en el Brasil y México; 2009.

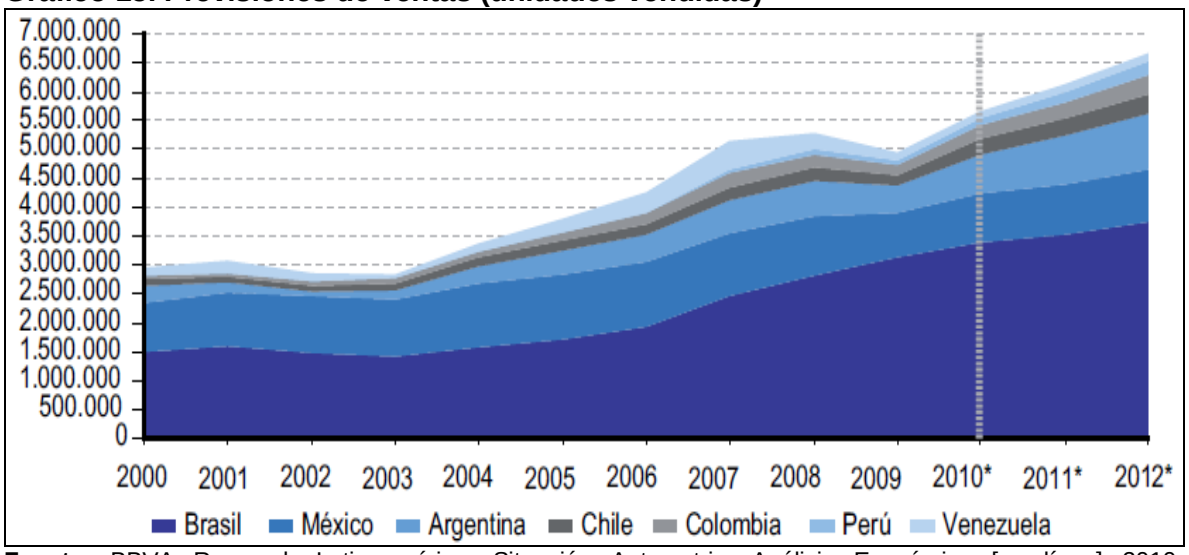
El éxito de esta innovación de motores de combustión flexible fue tan rápido y generalizado que todos los fabricantes del Brasil comenzaron a ofrecer este producto. En 2003 salieron al mercado las primeras unidades de combustible flexible. Al año siguiente ya representaban el 15% de la producción y en 2008 llegaron al 78%. Al ser una tecnología adaptada al mercado brasileño, su relevancia en las ventas internas es aún mayor: subió del 4% en 2003 al 88% en 2009[106].

De acuerdo con estimaciones del BBVA Research[107], se espera que la industria automotriz latinoamericana tenga tasas de crecimiento cercanas al 15% anual. Con ello, el número de vehículos nuevos transados en el mercado superaría en 2012 las 6,5

[106] COMISIÓN ECONÓMICA PARA AMERICA LATINA Y EL CARIBE CEPAL. La inversión extranjera directa en América Latina y el Caribe. Capítulo 2: La industria automotriz frente a la crisis: estrategias empresariales en el Brasil y México; 2009. Op., cit.
[107] BBVA Research Latinoamérica. Situación Automotriz. Análisis Económico [en línea] 2010. [Consultado el 15 de Junio de 2011]. Disponible en internet <http://www.bbvaresearch.com>.Op., cit.

millones de unidades. En el gráfico 15 se puede observar está dinámica, donde se sigue consolidando el mercado de Brasil, México y Argentina, y se observa un crecimiento importante de Chile y Colombia.

Gráfico 15. Previsiones de ventas (unidades vendidas)



Fuente: BBVA Research Latinoamérica. Situación Automotriz. Análisis Económico [en línea] 2010. [Consultado el 15 de Junio de 2011]. Disponible en internet <http://www.bbvaresearch.com>.

De esta manera, la industria automotriz latinoamericana se ha convertido en uno de los principales sectores económicos de la región, lo que ha redundado en una mayor generación de empleo (en especial, calificado), avances en la capacidad productiva, desarrollo de innovaciones, crecimiento de la inversión extranjera directa y aumento de las exportaciones e importaciones.

6. APROXIMACIÓN AL PERFIL TECNOLÓGICO DE LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ COLOMBIANA

Este capítulo presenta una aproximación al perfil tecnológico de la industria automotriz, el cual se relaciona con la caracterización de la industria en el contexto colombiano es los aspectos productivos, personal ocupado, número de empresas, estadísticas comerciales, normatividad y el know-how industrial, donde se determinan aspectos relacionados con la innovación tecnológica desarrollada por la industria.

6.1 Contexto colombiano

6.1.1 Clasificación internacional de la industria automotriz

Con el fin de comprender mejor la estructura de la industria automotriz colombiana con respecto a las estadísticas nacionales e internacionales se recurre a la Clasificación Industrial Internacional Uniforme de las Actividades Económicas CIIU, bajo la cual el código 34 agrupa las actividades de producción de vehículos en la Revisión 3, a partir de 1989[108]. Para obtener una clasificación más desagregada que permita un análisis preciso, la clasificación a cuatro dígitos adoptada en Colombia se presenta en el siguiente cuadro:

Cuadro 2. Homologación CIIU-Rev. 3 A. C. para Colombia - Industria Automotriz (Vehículos y sus Partes)

2511 Fabricación de llantas y neumáticos de caucho 2512 Reencauche de llantas usadas 2912 Fabricación de bombas, compresores, grifos y válvulas 3140 Fabricación de acumuladores y de pilas eléctricas 3190 Fabricación de otros tipos de equipo eléctrico ncp **34 FABRICACIÓN DE VEHÍCULOS AUTOMOTORES, REMOLQUES Y SEMIRREMOLQUES** 3410 Fabricación de vehículos automotores y sus motores 3420 Fabricación de carrocerías para vehículos automotores; fabricación de remolques y semirremolques 3430 Fabricación de partes, piezas (autopartes) y accesorios (lujos) para vehículos automotores y para sus motores

Fuente: Adaptado de ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL TRABAJO. Tendencias de la industria automotriz que afectan a los proveedores de componentes [en línea]. Primera edición. Ginebra, 2005. p.1. [Consultado en septiembre de 2011]. Disponible en internet: <www.ilo.org/>.

Si se quiere ampliar el panorama de la industria, abarcando todo el sector, se deben tener en cuenta los códigos CIIU adoptados por Colombia para el comercio de vehículos. Estos se agrupan bajo el código 50, que incluye el *Comercio, Mantenimiento y Reparación de Vehículos Automotores y Motocicletas, Sus Partes, Piezas y Accesorios; Comercio al por Menor de Combustibles y Lubricantes para Vehículos Automotores.*

[108] ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL TRABAJO. Tendencias de la industria automotriz que afectan a los proveedores de componentes [en línea]. Primera edición. Ginebra, 2005. [Consultado en septiembre de 2011]. Disponible en internet: < www.ilo.org/>.

Si bien, la anterior clasificación da un panorama general de la industria automotriz, en ocasiones no se dispone de la información con el nivel de desagregación requerido, brindando cifras muy aproximadas, más no completas del comportamiento del sector. Según la Organización Internacional del Trabajo[109], en total, aparte de los códigos incluidos en la categoría 34, hay otras 36 categorías a nivel de cuatro dígitos que proporcionan algún componente a la industria del automóvil, respecto de las cuales no se dispone de datos fácilmente.

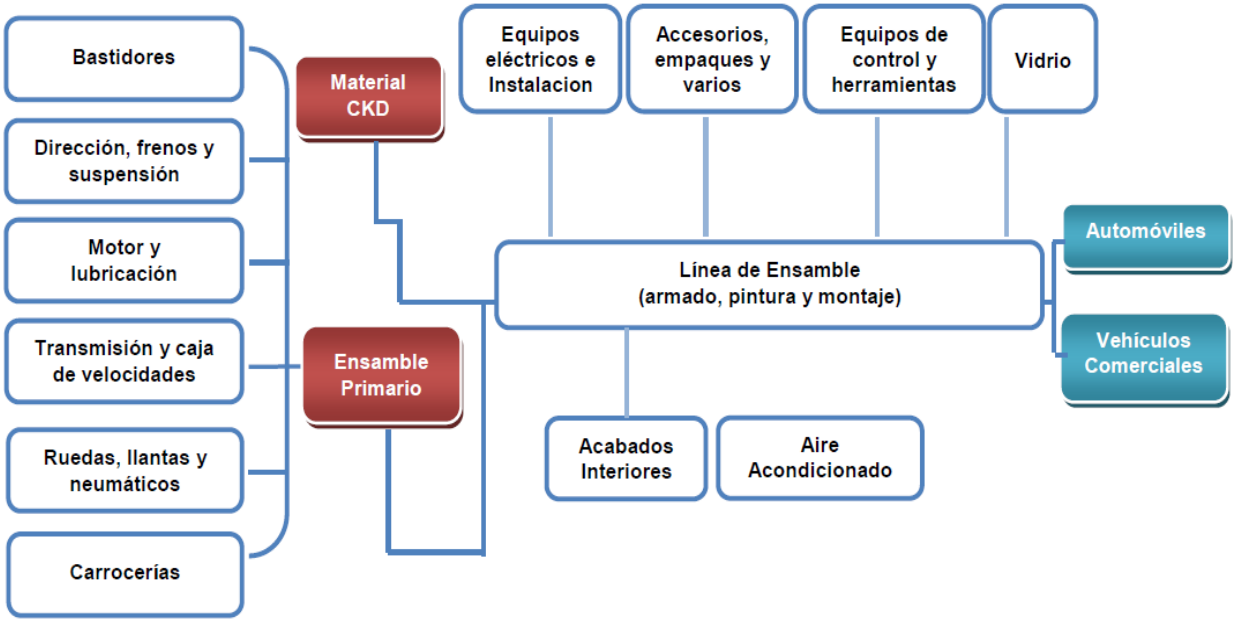
6.1.2 Generalidades del Proceso Productivo

De acuerdo con el DNP[110], la cadena productiva de automotor autopartes en Colombia no responde a una línea de transformación de materias primas, sino que abarca la actividad de ensamble de vehículos automotores (vehículos ligeros, camiones, buses y motocicletas) y la fabricación de partes y piezas de vehículos utilizadas en el ensamble y como repuestos, incluyendo artículos producidos en otras cadenas productivas como las de metalmecánica, petroquímica (plástico y caucho) y textiles. Cabe resaltar que la fabricación de un automóvil promedio comprende aproximadamente 15.000 partes manufacturadas a partir de diversas materias primas[111], entre las que intervienen aproximadamente 60 materiales diferentes que van desde el acero al aglomerado vegetal y desde el níquel hasta el nailon. Esto en cierta manera da una idea del impacto que esta industria tiene sobre las demás no sólo en Colombia, sino en todo el mundo.

En la figura 13 se puede apreciar la estructura básica de la cadena en Colombia, según el DNP[112]. En ella se agrupan los productos de la cadena por afinidad productiva bajo la denominación de eslabón.

[109] Idíd., p. 1.
[110] COLOMBIA. DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN. Cadenas Productivas. Estructura, comercio internacional y protección. Cadena Productiva Automotor. Bogotá: Cargraphics; 2004.
[111] COMISIÓN ECOMÓMICA PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE CEPAL. Evolución reciente y retos de la industria manufacturera de exportación en Centroamérica, México y República Dominicana: una perspectiva regional y sectorial. Serie estudios y perspectivas; 2008. Op., cit.
[112] COLOMBIA. DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN. Op.cit., p.502.

Figura 13. Estructura simplificada de la cadena productiva de la industria automotriz colombiana



Fuente: COLOMBIA. DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN. Cadenas Productivas. Estructura, comercio internacional y protección. Cadena Productiva Automotor. Bogotá: Cargraphics; 2004. P. 502.
Nota: CKD significa *Completely Knock Down.* Bajo esta categoría se agrupa toda clase de partes y piezas para el ensamble de los vehículos.

Como lo explica el DNP[113], el ensamble se compone de tres operaciones principales:

Armado: Consiste en la unión de las partes que han sido previamente estampadas de acuerdo con su respectiva forma y modelo, es decir la carrocería, puertas, pisos, cubiertas, etc. La operación central es la soldadura autógena y el recubrimiento de uniones para mejorar la presentación. Adicionalmente, se realizan actividades de pulimento, impermeabilización y limpieza.

Pintura: Con la pintura se protege el vehículo de la corrosión y se le da un aspecto reluciente. El vehículo semi-ensamblado, se desengrasa y luego se laca y se cubre con fosfato para que absorba mejor la pintura. Después de varios enjuagues se aplican varias capas de anticorrosivo. Las últimas capas de pintura corresponden a acrílico brillante. La aplicación de estas sustancias se hace en cámaras especiales que pueden operar de diversas formas de acuerdo con el nivel tecnológico de las empresas.

Montaje: Es la parte del proceso en la cual se ensamblan las partes mecánicas, el motor, los ejes, el sistema de frenos, tapetes y accesorios. Casi todas las piezas mayores son producto de procesos previos de otras cadenas productivas como metalmecánica y electrónica.

[113] Ibíd., p. 503.

Como se puede apreciar en el flujograma de la figura 12, los eslabones confluyen hacia la línea de ensamble en donde se monta cada una de las partes del vehículo. En esta combinación de productos se destaca la producción nacional de los productos del eslabón dirección, frenos y suspensión, e instalaciones y equipo eléctrico.

6.1.3 Estructura de la industria automotriz colombiana

En relación con la estructura de la industria automotriz, la actividad de ensamble en el país cuenta con empresas que se dedican a la producción de varias líneas, desde vehículos pequeños hasta camiones y vehículos de servicio público. Cuatro empresas enfocan su actividad en la línea de automóviles, concentrando más del 97% de la oferta doméstica del sector, a saber, Colmotores (marca Chevrolet), Sofasa (Renault), Compañía Colombiana Automotriz (Ford, Mazda y Mitsubishi) e Hino Motors Manufacturing S.A. (Hino – grupo Toyota). Las otras empresas se orientan más hacia la fabricación de carrocerías para vehículos comerciales, tanto de carga como de pasajeros. Estás son: Carrocerías Non Plus Ultra (marca propia, CKD Volkswagen), Compañía de Autoensamble Nissan (Nissan), Navitrans (Agrale) y Praco Didacol[114].

En Colombia, las ensambladoras se ubican cerca a sus mercados principales, en el centro del país, mientras que se encuentran lejos de los puertos. Lo mismo sucede con algunos de sus proveedores, lo que ocasiona mayores costos en términos logísticos, restando competitividad al sector[115].

En el segmento de fabricación de partes y piezas de vehículos, la concentración industrial es mucho menor, contando con una estructura de mercado competitiva y especializada y reconocimiento por la incorporación de innovaciones y la presencia en mercados externos[116]. Existe un gran número de empresas autopartistas, muchas de ellas medianas y pequeñas, cuyos productos tienen dos mercados objetivos complementarios: el ensamblaje de vehículos y la reposición y reparación para proveer a las ensambladoras o para abastecer el mercado de repuestos[117]. Algunas de estas empresas son proveedoras multinacionales de autopartes, representando un 55% de la producción local[118].

6.1.4 Empresas, Producción y Empleo de la industria automotriz colombiana

En cifras históricas, en el periodo 1992-2006, la industria automotriz representaba el 2,6% de los establecimientos industriales del país, generaba el 2,3% de los empleos del sector manufacturero, el 3,8% de la producción total de la industria y el 2,4% del valor agregado de la misma[119].

---

[114] BBVA RESEARCH. Colombia. Situación Automotriz. Análisis Económico [en línea]. 2010. Disponible en [Consultado el 13 de Junio de 2011]. Disponible en internet: <http://www.bbvaresearch.com>.

[115] COLOMBIA. DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN. Cadenas Productivas. Estructura, comercio internacional y protección. Cadena Productiva Automotor. Op.cit.

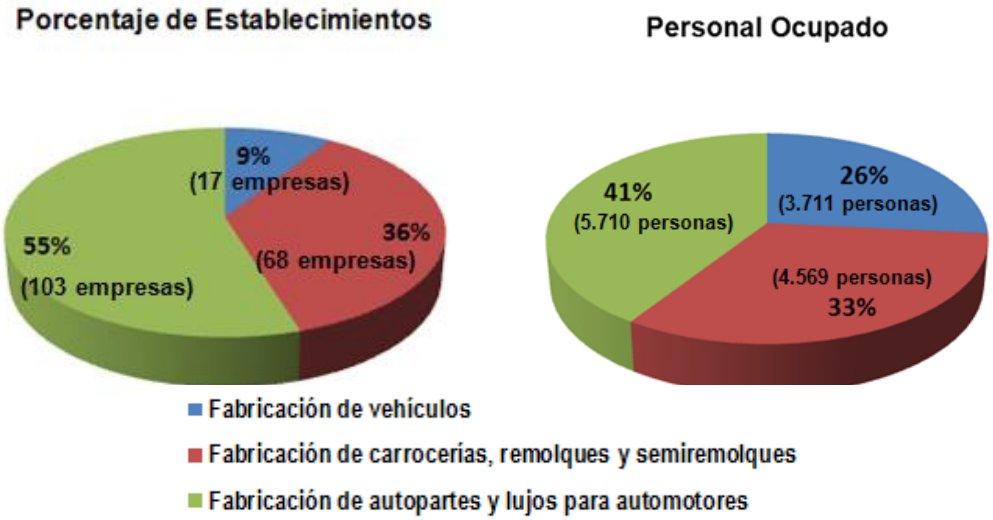
[116] Ibíd.

[117] BBVA RESEARCH. Colombia. Situación Automotriz. Op.cit.

[118] COLOMBIA. MINISTERIO DE COMERCIO, INDUSTRIA Y TURISMO. Desarrollando sectores de clase mundial en Colombia. Sector de Autopartes. Op.cit.

[119] MALAVER, Florentino. “Los núcleos de conocimiento en las apuestas estratégicas de Bogotá y Cundinamarca y los sistemas sectoriales de innovación”. Apuesta: Automotriz y Autopartes. Grupo CINNCO, Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, 2009.

Gráfico 16. Porcentaje de Establecimientos Industriales y de Personal Ocupado en la Industria Automotriz Colombiana 2010



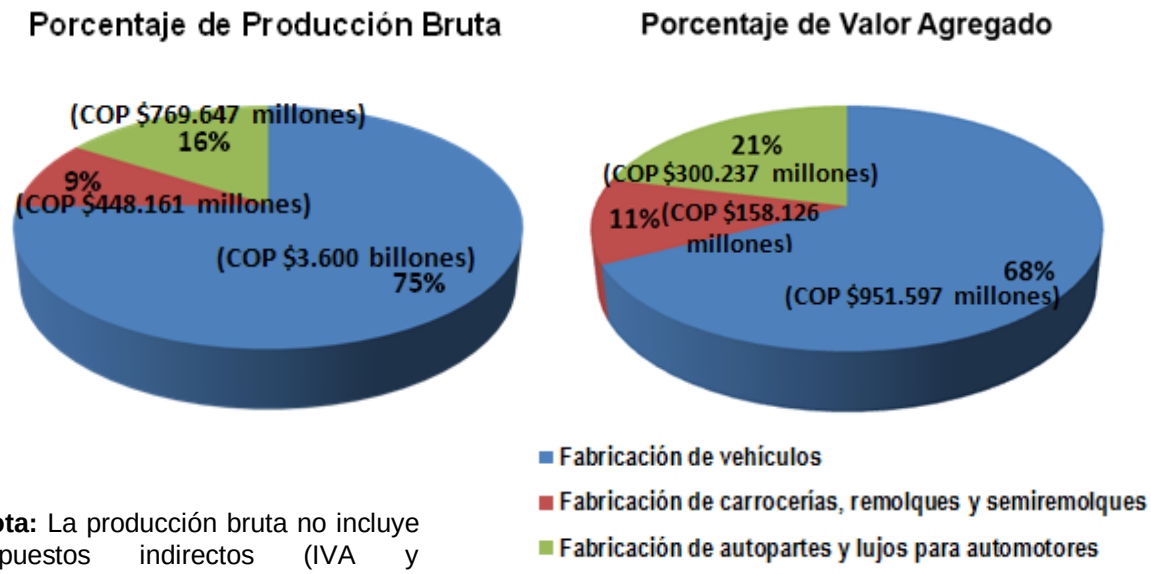
Fuente: EAM – DANE, 2010. Último dato disponible, provisional.
Nota: Datos correspondientes a los códigos 341, 342 y 343 de la clasificación CIIU, Rev.3. a tres dígitos. No incluye la información relacionada con llantas, cauchos, vidrios y acumuladores, que están incluidos en los códigos CIIU a cuatro dígitos y cuya información desagregada no se encuentra disponible para el año 2010.

Para el año 2010, de acuerdo con las cifras del Dane y la Andi, los tres principales grupos industriales (341, 342 y 343 de la clasificación CIIU, Rev.3)[120] que abarcan las actividades productivas del sector automotor contaban con 188 empresas, que representan el 2,1% de los establecimientos industriales en Colombia. Como se aprecia en el gráfico 16, el 55% de las empresas del sector se dedica a la fabricación de autopartes. En el mismo año, en esta industria se emplearon 13.990 personas, que representan el 2,2% del empleo industrial en el país. Sin embargo, según las cifras reportadas por las ensambladoras existentes en el país[121], en el año 2010 la industria generó 24.783 puestos de trabajo directos. En concordancia con el porcentaje de establecimientos, la fabricación de autopartes también tiene el mayor porcentaje de personal ocupado, con el 41% (5.710 personas) de los empleos del sector.

El valor de la producción bruta de la industria automotriz ascendió en el año 2010 a COP $4.8 billones, representando el 3,1% de la industria nacional. En contraste con las cifras de establecimientos y empleo, el mayor porcentaje de producción bruta del sector le corresponde a la fabricación de vehículos con COP$3.6 billones (74,7%), que es el segmento que incluye a las ensambladoras, como se observa en el gráfico 17[122].

[120] El DANE (Encuesta Anual Manufacturera EAM) ha publicado información en su sitio web hasta el año 2010 (cifras proyectadas), para los tres grupos industriales a tres dígitos. No hay información disponible a cuatro dígitos, por lo cual las cifras de la industria podrían ser mayores que las reflejadas por los códigos analizados. Para mayor información ver: http://www.dane.gov.co/
[121] ANDI. Cámara automotriz. Información general del sector [en línea]. 2009. [Consultado el 16 de junio de 2011]. Disponible en internet: < www.andi.com.co >.
[122] DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS. Encuesta Anual Manufacturera, códigos 341, 342 y 343 de la clasificación CIIU, Rev.3. a tres dígitos [en línea]. 2010. [Consultado el 20 de enero de 2012]. Disponible en internet: < www.dane.gov.co >.

Gráfico 17. Porcentaje de Producción Bruta y del Valor Agregado[123] de Industria Automotriz Colombiana 2010



Nota: La producción bruta no incluye impuestos indirectos (IVA y consumo).

Fuente: EAM – DANE, 2009, preliminar.

Adicionalmente, según Fiducoldex[124] la industria automotriz representa el 6,2% del PIB, y ubica a Colombia como el quinto productor de automóviles en Latinoamérica.

Algo similar al comportamiento de la producción bruta sucede con el valor agregado, que en el año 2010 fue de COP $1.4 billones, de los cuales, el 68% se le atribuye a la fabricación de vehículos.

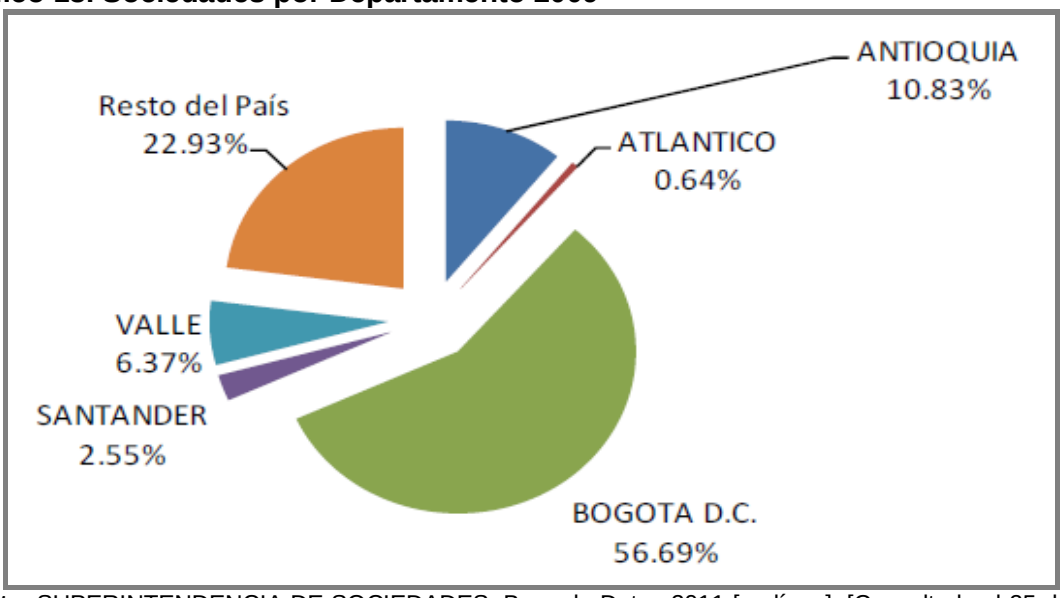
Por ciudad de origen, en el gráfico 18 se observa que de las 157 empresas de la industria automotriz reportadas en la Superintendencia de Sociedades (2010) en el año 2009, el 56,69% se ubican en Bogotá, seguidas por Antioquia (10,83%) y Valle del Cauca (6,37%). Estas regiones concentran el grueso de la producción, empleo y ventas de la industria[125].

[123] Según el DANE, el valor agregado es el total de los ingresos recibidos por el uso de los factores productivos (tierra, capital, trabajo, organización empresarial) participantes en el proceso de producción durante el periodo estudiado. Se calcula como la diferencia entre la Producción Bruta y el Consumo Intermedio.

[124] FIDUCOLDEX – FIDEICOMISO PROEXPORT COLOMBIA. Sector Automotor Colombiano. Invierta en Colombia. Editores: Manuel Salgado Pardo y Tatiana Rodríguez. Volumen I – No. 1. Enero, 2010.

[125] SUPERINTENDENCIA DE SOCIEDADES. Base de Datos 2011 [en línea]. [Consultado el 25 de julio de 2011]. Disponible en internet: < www.supersociedades.gov.co >.

Gráfico 18. Sociedades por Departamento 2009



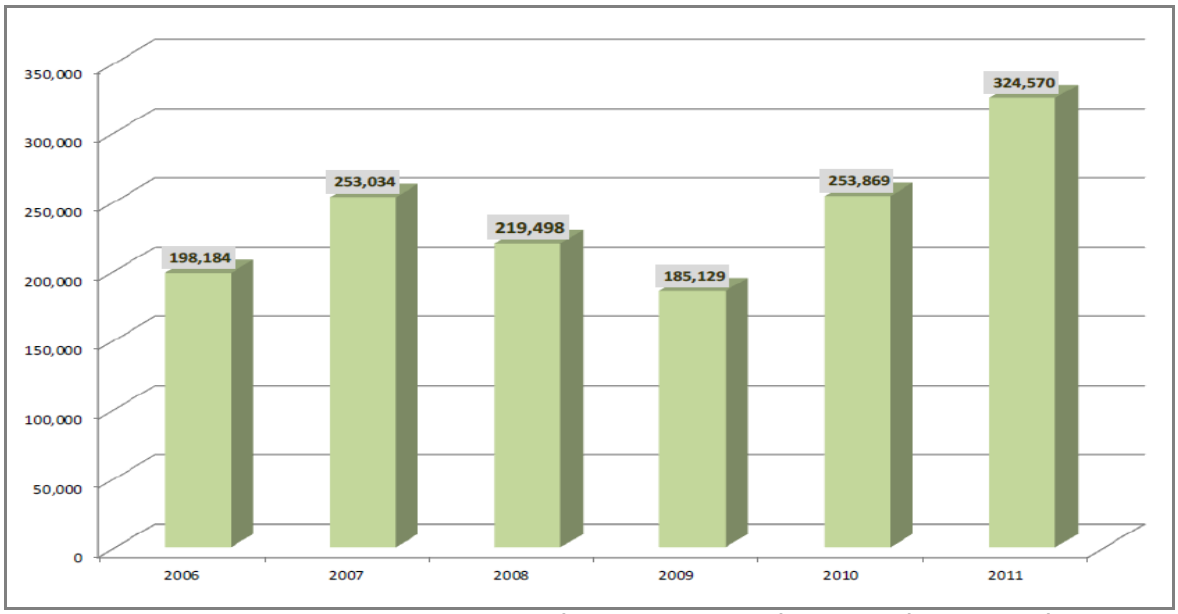
Fuente: SUPERINTENDENCIA DE SOCIEDADES. Base de Datos 2011 [en línea]. [Consultado el 25 de julio de 2011]. Disponible en internet: < www.supersociedades.gov.co >.

6.1.5 Comportamiento Comercial de la Industria Automotriz Colombiana

Desde el año 2009 la venta de vehículos en Colombia ha tenido una tendencia positiva, alcanzando en el 2011 una cifra sin precedentes, de 324.570 unidades, marcando un incremento del 27,8% con respecto al año 2010. Esta tendencia se puede observar en el siguiente gráfico 19[126]. El valor de las ventas en el mercado nacional alcanzó en 2010 un valor de COP $9,2 billones corrientes, logrando un crecimiento de 46% nominal[127].

[126] ECONOMETRÍA S.A. Boletín de Prensa del Comité Automotor Colombiano. Enero 17, 2012.
[127] BBVA RESEARCH. Colombia. Situación Automotriz. Análisis Económico [en línea]. 2011. [Consultado el 10 de enero de 2012]. Disponible en internet: <http://www.bbvaresearch.com>.

Gráfico 19. Ventas al Detal Acumuladas a Diciembre de 2011



Fuente: BBVA RESEARCH. Colombia. Situación Automotriz. Análisis Económico [en línea]. 2011. [Consultado el 10 de enero de 2012]. Disponible en internet: <http://www.bbvaresearch.com>.

De acuerdo con el presidente de GM Colmotores, Santiago Chamorro Micolta, entre las razones que favorecen el crecimiento del mercado está la estabilidad en los precios, una tasa de cambio fuerte, tasas de interés atractivas, a pesar de los recientes aumentos por parte del Banco de la República, una buena disponibilidad y agresividad comercial de los concesionarios que permite al comprador tener muchas opciones[128].

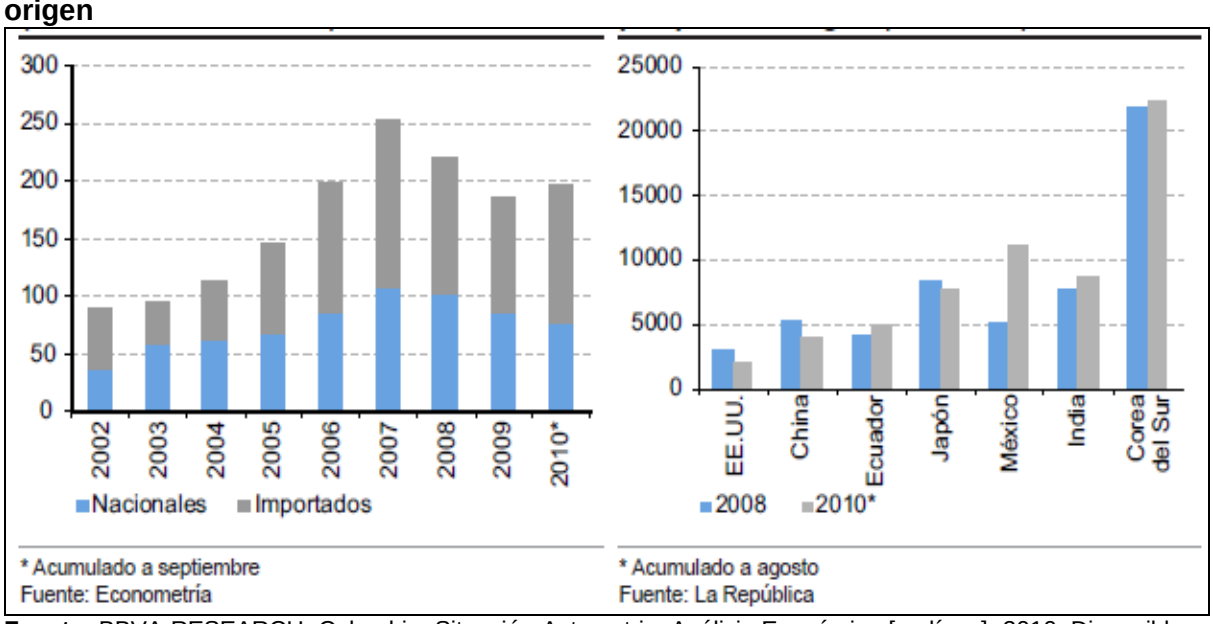
Las cifras por ciudades muestran que Bogotá, Medellín y Cali concentran casi el 70% de las ventas a nivel nacional. Bogotá sobresale con el 46% de las ventas totales del país en el acumulado de los primeros cuatro meses del año, le sigue Medellín con el 13,7% y Cali con el 9,8%[129].

Participación de vehículos nacionales e importados

De la cifra de autos vendidos entre enero y abril de 2011, 44.381 unidades fueron ensambladas en el país[130]. Este número corresponde a una participación del 43,1% de vehículos nacionales en el mercado total durante los primeros cuatro meses del año, frente al 62% del año 2003. Esto evidencia que las importaciones están ganando cada vez más terreno en el mercado nacional, puesto que en el año 2000 significaban el 35% de la oferta, mientras que en el 2010 representaron el 54% y, actualmente, estarían alrededor del 59%, como se observa en el Gráfico 20[131]. En las cifras de importados por país de origen sobresalen Corea del Sur, México e India[132].

[128] EL TIEMPO. Ventas de carros pasarían de 370.000 unidades este año. Bogotá, 7, Junio, 2011.
[129] ECONOMETRÍA S.A. Boletín de Prensa del Comité Automotor Colombiano. Mayo 17, 2011.
[130] Ibíd.
[131] EL TIEMPO. Op.cit.
[132] BBVA RESEARCH. Colombia. Situación Automotriz. Análisis Económico [en línea]. 2011. Op.cit.

Gráfico 20. Ventas de vehículos por origen e importación de vehículos por país de origen



Fuente: BBVA RESEARCH, Colombia. Situación Automotriz. Análisis Económico [en línea]. 2010. Disponible en [Consultado el 13 de Junio de 2011]. Disponible en internet: <http://www.bbvaresearch.com>. p.5.

En el mercado de autopartes, de acuerdo con Fenalco[133], la industria está compuesta por 45% de productos importados frente a un 55% de producción nacional. Este mercado ha sido jalonado por la dinámica positiva de la industria automotriz en los últimos años, debido al fuerte relacionamiento que tiene el mercado de repuestos con la venta de automotores.

La venta de repuestos, accesorios y partes de automóviles tuvo un crecimiento de 5% en el 2006 al lograr ventas por 4.150 millones de dólares, esta tendencia siguió en aumento, al punto de lograr un crecimiento del 12% en los primeros cuatro meses del 2011, con respecto al 2010, año en el que se vendieron 4.400 millones de dólares[134].

El presidente de la Asociación del Sector Automotor y sus partes, Asopartes, Tulio Zuluaga sostiene que el gran repunte de las ventas, se ha visto opacado por el aumento del contrabando de autopartes que superó los 2.250 millones de dólares y por los que el gobierno dejó de recibir 450 millones en la misma denominación por impuestos en el año 2010[135].

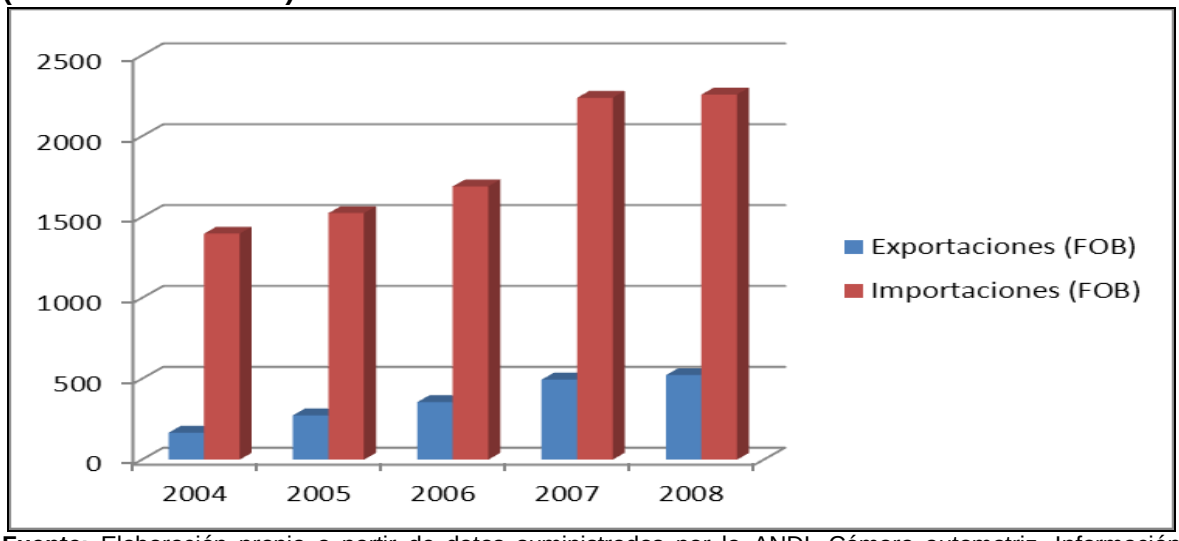
Luego de un periodo de auge en el 2007, en el que se exportaron 70.600 vehículos, la integración comercial de la industria automotriz tuvo un retroceso en los últimos años debido al deterioro de la demanda externa, que se vio afectada con el cierre del mercado venezolano a finales del año 2008, obligando a las empresas colombianas a diversificar

[133] FENALCO VALLE. Departamento económico. Comportamiento del sector automotor [en línea]. 2008. [Consultado en Octubre 25 de 2011]. Disponible en internet: <www.fenalcovalle.com>
[134] AVENDAÑO, Giovanni. ¡Freno al contrabando de repuestos en Colombia!. En: Revista Motor, 10, Junio, 2011.
[135] Ibíd.

sus mercados. Las exportaciones a dicho país pasaron del 74% en el 2002 a sólo el 17% en el 2010, mientras que para el caso de Ecuador se incrementaron de 32% a 71% en el mismo periodo[136]. En el año 2010 y hasta septiembre de 2011 las exportaciones de vehículos crecieron un 22%, con la venta de 12.000 unidades, no obstante aún no se han recuperado los niveles logrados en el 2007[137].

En el segmento de autopartes, las exportaciones tuvieron un crecimiento muy dinámico entre 2003 y 2007, alcanzando un crecimiento del 78% en 2007, año en el que se registraron exportaciones por un valor de 494 millones de dólares. De acuerdo con el Ministerio de Industria y Turismo[138], las exportaciones crecieron hasta 17% interanual entre 2001 y 2007, destacándose el desarrollo de mercados como Brasil, EE.UU. y México. Las partes de reposición y las partes eléctricas son las que han mostrado mayor potencial exportador en los últimos años.

Gráfico 21. Exportaciones e importaciones del sector autopartes 2004-2008 (millones de dólares)



Fuente: Elaboración propia a partir de datos suministrados por la ANDI. Cámara automotriz. Información general del sector [en línea]. 2009. [Consultado el 16 de junio de 2011]. Disponible en internet: < www.andi.com.co >.

No obstante, en el 2009 se presentó un ajuste importante en estas exportaciones (17.2%), consecuencia del deterioro de las relaciones comerciales con Venezuela. Sin embargo, en el 2010, se realizaron exportaciones por 140 millones de dólares, con un crecimiento del 11,8%[139].

Preferencias de los consumidores

Al observar las ventas por segmento de mercado en el país, los automóviles particulares tienen la mayor participación, con el 56,4% en el acumulado de los primeros cuatro meses

[136] BBVA RESEARCH. Colombia. Situación Automotriz. Análisis Económico [en línea]. 2010. Op.cit.
[137] BBVA RESEARCH. Colombia. Situación Automotriz. Análisis Económico [en línea]. 2011. Op.cit.
[138] COLOMBIA. MINISTERIO DE COMERCIO, INDUSTRIA Y TURISMO. Desarrollando sectores de clase mundial en Colombia. Sector de Autopartes. Informe Final. Op.cit.
[139] BBVA RESEARCH. Colombia. Situación Automotriz. Análisis Económico [en línea]. 2011. Op.cit.

del año 2011 y con un promedio mensual de crecimiento de ventas 26% superior al promedio del año pasado. Le siguen los vehículos utilitarios con el 17% del mercado y las Pick up con el 9,9% en el mismo periodo[140].

Por el lado de las empresas que lideran las ventas por unidades, se mantiene en primer lugar GM Colmotores (marca Chevrolet) con una participación de 33%, seguida de Sofasa (marca Renault) con el 15%, Hyundai con 9% y KIA, con el 8%. De continuar la tendencia de importaciones de marcas asiáticas no tradicionales este ranking podría cambiar en los próximos años, si se tiene en cuenta que la marca KIA ha sido la que más ha ganado participación de mercado desde 2006[141].

En síntesis, la dinámica de la demanda de vehículos en Colombia, ha estado determinada por la interacción de varios factores como la evolución del ingreso promedio de la población, pues en la medida en que mejora el ingreso, la gente puede acceder a bienes durables de mayor uso como los automóviles. Este factor se refuerza con la tendencia decreciente en los precios de los vehículos, que para el consumidor han caído en promedio anual 2,2% desde 2005 al 2010, al igual que las autopartes, cuyos precios cayeron en promedio 0,8% hasta octubre de 2010. Estas reducciones obedecen en parte a elementos como la reducción de los aranceles con algunos socios comerciales, la apreciación de la moneda, la mayor competencia entre los concesionarios y la moderación en el crecimiento de los salarios de la industria automotriz en Colombia[142].

6.1.6 Tratados y Regulaciones Comerciales

El marco arancelario del país ha determinado en gran parte el desempeño de la industria automotriz a través del establecimiento de tratados y regulaciones que en teoría buscan la expansión del mercado.

Entre los tratados más importantes a nivel regional, se encuentra el *Convenio Automotor Andino,* el cual se suscribió en noviembre de 1993 entre Colombia, Ecuador y Venezuela y era conocido como *Convenio de Complementación Industrial en el Sector Automotor,* cuyo fin era dar un impulso significativo al proceso de integración del sector automotor. La puesta en vigencia de este convenio permitió, entre otras cosas, la adopción de un arancel externo común aplicable a los vehículos importados y la aprobación de una política común en el ensamblaje de los vehículos automotores[143].

En la actualidad el convenio se encuentra amenazado, puesto que a finales del año 2010 Venezuela se retiró y en abril del mismo año Ecuador lo denunció, pero este lo hizo con la intención de negociar un nuevo convenio sectorial con Colombia. También se vienen adelantando procesos graduales de desgravación con México, Brasil y Argentina[144].

En el panorama internacional, Colombia está gestionando tratados comerciales con Estados Unidos, Corea del Sur, la Unión Europea, Japón y Turquía, los cuales amenazan

[140] ECONOMETRÍA S.A. Boletín de Prensa del Comité Automotor Colombiano [en línea]. 2011. Op.cit.
[141] Ibíd.
[142] BBVA RESEARCH. Colombia. Situación Automotriz. Análisis Económico [en línea]. 2010. Op.cit.
[143] Para mayor información ver http://www.comunidadandina.org/automotor.htm
[144] BBVA RESEARCH. Colombia. Situación Automotriz. Análisis Económico [en línea]. 2010. Op.cit.

la estabilidad de la industria automotriz nacional e implican una profunda reestructuración de la misma.

La preocupación con Corea del Sur radica en que tiene una orientación muy fuerte hacia el fortalecimiento de su industria automotriz exportadora. En el TLC se plantea una desgravación gradual de los automóviles en un período entre 10 y 15 años[145].

En el caso de Estados Unidos, se espera que en el presente año entre en vigencia el TLC, cuyas negociaciones para la industria automotriz tienen un cronograma de desgravación arancelaria de 10 años, iniciando con un arancel del 35%, el cual disminuiría gradualmente hasta llegar a 0% en el año 10; los vehículos importados desde este país deben ser nuevos y los que se exportan desde Colombia, entrarían con un arancel inicial de 2.5%, que tendría un periodo de desgravación hasta llegar a 0%[146]. Algunas de las autopartes, que en la actualidad tienen un arancel del 15% serán desgravadas inmediatamente entre en vigencia el tratado, y las otras después de cinco años. Esto con el fin de permitirle a la industria reducir sus costos de producción para afrontar la competencia externa[147].

En el 2010 se firmó el TLC con la Unión Europea, aunque aún no ha entrado en vigencia. Con este tratado se espera que a partir de 2012 y en un lapso mínimo de siete años la importación de vehículos desde cualquiera de los países que integran la Unión Europea tenga arancel cero, el cual en la actualidad es del 35%. Este tratado le daría a Colombia el acceso a un mercado de más de 500 millones de personas[148].

A continuación se resume el estado actual de los aranceles con los distintos países con los cuales Colombia sostiene relaciones comerciales para la importación de vehículos:

[145] QUINTERO, Jorge. TLC con Corea desata guerra entre importadores y ensambladores. En: El Tiempo, 11, Junio, 2011.
[146] CASTRO, L. F. Industria automotriz Adelante a Pesar de la Crisis Mundial. Revista Metal Actual. [en línea]. Bogotá, 2009. [Consultado en Noviembre 23 de 2011]. Disponible en internet: < www.metalactual.com.>.
[147] BBVA RESEARCH. Colombia. Situación Automotriz. Análisis Económico [en línea]. 2011. Op.cit.
[148] PÉREZ, Vanessa. Desgravación total de autos europeos se hará en siete años. En: La República, 10, noviembre, 2010.

Cuadro 3. Tratados comerciales y preferencias arancelarias vigentes para la industria automotriz colombiana

País	Arancel
Canadá	35% livianos y 15% comerciales, TLC vigente
Corea del Sur	35% livianos y 15% comerciales, TLC en negociación
China	35% livianos y 15% comerciales
Estados Unidos	35% livianos y 15% comerciales, TLC suscrito
Ecuador	Libre de arancel
India	35% livianos y 15% comerciales
Japón	35% livianos y 15% comerciales
Mercosur (Argentina, Brasil, Uruguay, Paraguay)	15.8% livianos y 6.9% comerciales
México	Libre de arancel
Tailandia	35% livianos y 15% comerciales
Turquía	35% livianos y 15% comerciales, TLC en negociación
Unión Europea	35% livianos y 15% comerciales, TLC suscrito
Venezuela	Libre de arancel

Fuente: SEPÚLVEDA Rodrigo. En: El Tiempo, 26, febrero, 2011. Actualizado en www.tlc.gov.co, el 4 de marzo de 2011.

En este escenario, los consumidores colombianos serán los más beneficiados puesto que tendrán acceso a todas las marcas, a precios competitivos. En el caso de las autopartes, su sostenibilidad en el corto y mediano plazo será definida por los ajustes en los requisitos de componente interno y apertura de nuevos mercados en el marco de acuerdos comerciales[149].

6.1.7 Parque Automotor

En el año 2009, el Ministerio de Transporte reportó que el parque automotor del país es de 5,8 millones de automotores (modelos desde el año 1970), con una tasa de crecimiento promedio de 9,2% en los últimos 7 años. Del total del parque automotor, el 45% son motocicletas, el 33,6% automóviles, el 14,4% son camionetas y camperos y el 7% restante corresponde a buses, camiones, y volquetas, entre otros. La edad promedio del parque es de 11 años si se incluyen las motocicletas y de 15 años sin motocicletas. Algunos vehículos de carga cuentan con edades promedio que superan los 20 años (volquetas)[150]

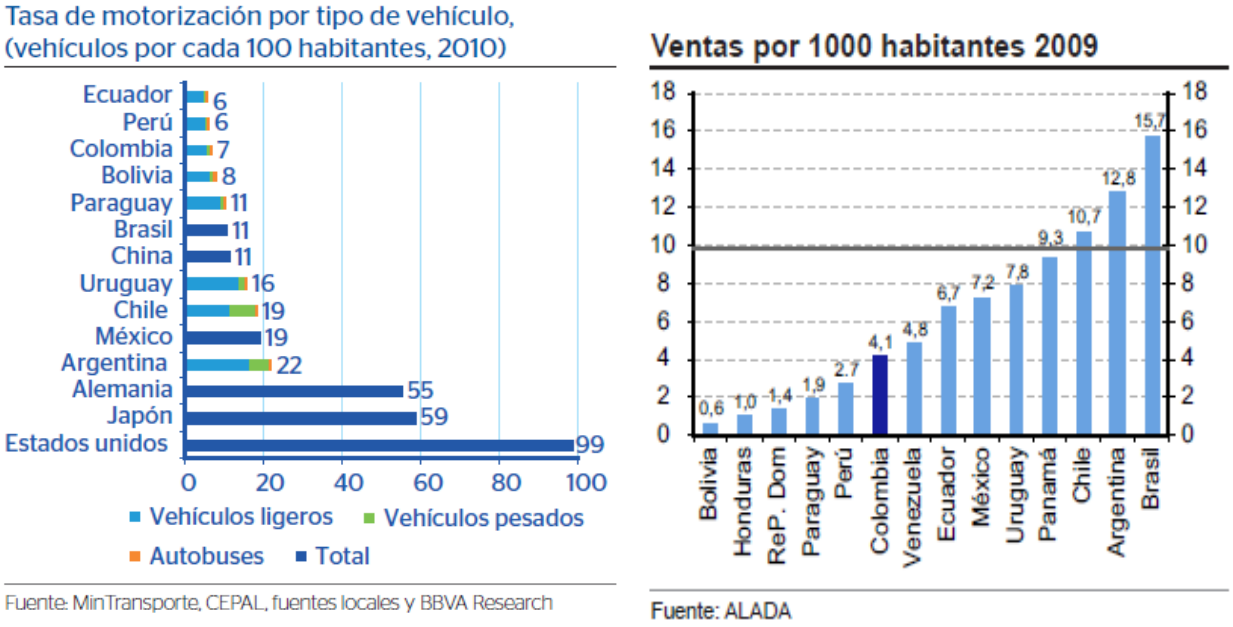
La tasa de motorización, que relaciona el número vehículos por cada 100 habitantes es de 7,7 sin motocicletas para el año 2009 y 14 con motocicletas, lo que muestra una baja densidad en comparación con países más desarrollados e incluso países de ingresos similares, como se evidencia en el gráfico 22[151]. De manera similar, para el año 2010 el número de vehículos nuevos por cada mil habitantes en Colombia fue de 5,6 y está por debajo de la media de Latinoamérica, que es de 11,6. Estos índices muestran que la profundización vehicular aún es baja y que existen oportunidades de expansión del mercado por la dinámica favorable de la demanda interna, el incremento en el ingreso per

[149] BBVA RESEARCH. Colombia. Situación Automotriz. Análisis Económico [en línea]. 2010. Op.cit.
[150] Ibíd.
[151] Ibíd.

cápita de la población colombiana en los últimos años y la capacidad instalada de la industria automotriz en Colombia[152]

Además, de acuerdo con Fiducoldex[153], la industria automotriz colombiana tiene acceso preferencial por acuerdos comerciales, a un mercado regional ampliado de 34 millones de vehículos: México, 28 millones de unidades; Chile, 3 millones; Perú, 1,5 millones y Ecuador 1,1 millones de unidades.

Gráfico 22. Índices de Profundización Vehicular 2009-2010



Fuente: Colombia. Situación Automotriz. Análisis Económico [en línea]. 2010. p.4. [Consultado el 13 de Junio de 2011]. Disponible en internet: http://www.bbvaresearch.com; BBVA RESEARCH. Colombia. Situación Automotriz. Análisis Económico [en línea]. 2011. p.10. [Consultado el 10 de enero de 2012]. Disponible en internet: http://www.bbvaresearch.com.

No obstante, las posibilidades de expansión y profundización de la industria automotriz, así como su competitividad se ven limitadas por los altos costos en los servicios de transporte y el rezago de Colombia en materia de infraestructura de transporte. De acuerdo con datos del BID, para el año 2005 los costos logísticos en Colombia se encontraban 18,6% por encima del promedio latinoamericano y los costos de transporte terrestre representaban el 37% de los costos logísticos de comercio exterior. En cuanto a vías, para el año 2009 el país solo contaba con 3 km de carretera por cada mil habitantes[154].

[152] BBVA RESEARCH. Colombia. Situación Automotriz. Análisis Económico [en línea]. 2011. Op.cit.
[153] FIDUCOLDEX – FIDEICOMISO PROEXPORT COLOMBIA. Op.cit.
[154] BBVA RESEARCH. Colombia. Situación Automotriz. Análisis Económico [en línea]. 2010. Op.cit.

6.1.8 Aspectos Normativos

Según el DNP[155], en cuanto a legislación el sector sufre de inestabilidad normativa, particularmente en materia de transporte, y adolece de falta de normas de seguridad (por ejemplo, ausencia de Reglamentos Técnicos). Sin embargo, la industria de autopartes es reconocida por su buena calidad, pues cuenta en un 90% con certificados de aseguramiento de la calidad y, adicionalmente, se implementan procesos globales de just-in-time y lean manufacturing, entre otros. Algunos pequeños jugadores en el segmento de autopartes aún se encuentran en procesos de certificación aunque el cubrimiento general del sector es bueno (ISO 9000, TS16949)[156].

Entre las principales entidades que regulan el sector en Colombia se encuentran:

- **Icontec:** certificaciones de calidad
- **Ministerio de Vivienda y Medio ambiente:** ambientales
- **Ministerio de Comercio, Industria y Turismo:** Normatividad de comercio exterior
- **Convenio Automotor Andino:** Reglas de origen e integración local
- **Ministerio de Transporte:** normas de circulación, regulación de parque automotor
- **DIAN:** Normatividad arancelaria

Las principales certificaciones internacionales, que aplican para la industria en Colombia son:

- **ISO9000:** Estándar de gestión de calidad
- **ISO14000, 14001:** Estándares de gestión ambiental
- **TS-16949:** Estándar de la ISO para consolidar los estándares QS9000, VDA6, EAFQ y AVQ
- **QS9000:** Estándar de ensambladoras norteamericanas
- **VDA 6:** Estándar alemán basado en la norma ISO 9000:1994
- **EAQF:** Estándar francés, en algunos casos compatible con QS-9000, AVSQ e VDA 6
- **AVSQ:** Estándar italiano

6.1.9 Regulaciones y Estándares Ambientales Internacionales

Además de las normas ISO14000 y 14001 aplicadas a la gestión ambiental de las empresas en general, la SAE International[157] ha publicado 178 normas y estándares técnicos ambientales, de los cuales 70 se encuentran vigentes para la industria automotriz. Muchos de estos estándares son implementados por las empresas que

[155] COLOMBIA. DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN. Cadenas Productivas. Estructura, comercio internacional y protección. Cadena Productiva Automotor. Op.cit.

[156] COLOMBIA. MINISTERIO DE COMERCIO, INDUSTRIA Y TURISMO. Desarrollando sectores de clase mundial en Colombia. Sector de Autopartes. Informe Final. Op.cit.

[157] La SAE, *Society of Automobile Engineers*, es una asociación internacional de ingenieros y expertos técnicos relacionados con temas automotrices y aeroespaciales. Entre sus principales competencias está el desarrollo de estándares para toda clase de vehículos, posibilitando un consenso voluntario sobre los mismos a nivel internacional. Estos estándares juegan un papel clave en la mejora de la seguridad y el medio ambiente, la reducción de costos, el aumento de la productividad y el avance en nuevas tecnologías, entre otros. Para mayor información consultar el sitio web http://standards.sae.org/automotive/

comercializan vehículos y partes en Colombia. En el cuadro 4 se muestra la clasificación de los estándares ambientales y se hace la distinción entre la cantidad total y los que están vigentes por cada tema.

Cuadro 4. Estándares Técnicos Ambientales Internacionales de la Industria Automotriz

Subtemas	Número de estándares Actuales	Todas las normas
Emisiones: • Contaminación del aire • Control de emisiones • Pruebas y medición de emisiones • Emisiones de gases • Componentes orgánicos volátiles • Emisiones de reabastecimiento de combustible	52	135
Regulaciones y estándares ambientales	4	7
Análisis del ciclo de vida	3	6
Contaminación por ruido		1
Reciclaje	11	29

Fuente: Base de datos de estándares de la SAE [en línea]. [Consultado el 19 de marzo de 2012]. Disponible en internet: < http://standards.sae.org/automotive/ >.

Para competir con éxito en los mercados bajo la fuerte competencia existente y la entrada inminente de las grandes industrias orientales, la industria automotriz colombiana está obligada a repensarse en su estructura actual, superar los limitantes relacionados con la normatividad del sector, la logística, la tecnología, investigación y formación del recurso humano. Algunos elementos como la infraestructura vial y portuaria del país deben mejorar considerablemente para contribuir a la competitividad, sin embargo, se escapan del dominio de la industria por lo que requerirán una importante gestión y diseño de estrategias por parte de las instituciones y organizaciones que conforman la industria automotriz en Colombia.

6.2 Know-How

El know-how es una expresión inglesa que significa" saber cómo". En el caso del know-how industrial se puede entender como el conocimiento fundamental o la experiencia con la que cuenta una empresa para el desarrollo de sus actividades productivas, comerciales, financieras y de innovación.

En este apartado se presentará el know-how de la industria automotriz relacionado con la importancia de las innovaciones, el monto invertido en actividades de I+D+i y de donde se originan las innovaciones de la industria[158]. Está información se tomó de la Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica EDIT del DANE 2008-2009, cuyo objetivo es: "Caracterizar la dinámica tecnológica y analizar las actividades de innovación y desarrollo

[158] Para el análisis, se tomaron en cuenta los siguientes códigos CIIU que corresponden a la División 34: Fabricación de vehículos automotores, remolques y semirremolques: 3410 Fabricación de vehículos automotores y sus motores. 3420 Fabricación de carrocerías para vehículos automotores; fabricación de remolques y semirremolques. 3430 Fabricación de partes, piezas (autopartes) y accesorios (lujos) para vehículos automotores y para sus motores.

tecnológico en las empresas del sector industrial colombiano, así como realizar una evaluación de los instrumentos de política, tanto de fomento como de protección a la innovación"[159].

En el cuadro 5 se presentan los diferentes tipos de innovaciones llevadas a cabo por las empresas de la industria automotriz en el período 2007-2008.

Cuadro 5. Innovaciones llevadas a cabo por las empresas industriales, por tipo de innovación (CIIU.Rev.3.A.C) 341-342-343

Tipo de Innovaciones		Número de Innovaciones
Bienes o servicios nuevos	Empresa	**743**
	Mercado Nacional	157
	Mercado Internacional	330
Bienes o servicios mejorados significativamente	Empresa	**781**
	Mercado Nacional	235
	Mercado Internacional	123
Métodos de producción, distribución, entrega ó sistema logísticos; nuevos ó significativamente mejorados		119
Nuevos métodos organizativos implementados en el funcionamiento interno		77
Técnicas de comercialización nuevas ó significativamente mejoradas		33

Fuente: DANE - Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica EDIT 2007-2008.

De acuerdo con los resultados de la EDIT 2007-2008, las empresas de la industria automotriz han realizado un mayor número de innovaciones al interior de sus empresas en bienes o servicios nuevos y bienes o servicios mejorados significativamente. Esto puede indicar que la capacidad de innovación está creciendo al interior de las empresas y estas se reflejan en el desarrollo y mejoramiento de bienes y servicios. En contraste, existen muy pocas innovaciones relacionadas con técnicas de comercialización nuevas o significativamente mejoradas.

En el siguiente cuadro se presenta la importancia de las innovaciones llevadas a cabo por las empresas de la industria automotriz en el producto, mercado y en el proceso. De acuerdo con los resultados de la EDIT, las empresas de la industria automotriz consideran que las innovaciones más importantes se relacionan con aquellas que mantienen y amplían su participación en el mercado. También se consideran importantes las innovaciones en el proceso relacionadas con el aumento de la productividad, y la reducción en costos de producción, costos laborales, consumo de materias primas, consumo de energía y las que mejoran las condiciones de seguridad industrial.

Se resalta la poca importancia que las empresas le otorgan al papel que las innovaciones pueden cumplir en la reducción del consumo de agua y la reducción de emisiones tóxicas, lo que podría indicar que aún existe una visión muy limitada con respecto al impacto que tiene la industria sobre el medio ambiente.

[159] COLOMBIA. DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADÍSTICA DANE. Documento metodológico encuesta de desarrollo e innovación tecnológica en la industria manufacturera EDIT, 2011.

Cuadro 6. Importancia de las innovaciones llevadas a cabo por las empresas de la industria automotriz en el producto, mercado y en el proceso

	TIPO DE INNOVACIÓN	Importancia de las innovaciones
PRODUCTO	Mejora en la calidad de bienes o servicios	Media
	Ampliación de la gama de bienes y servicios ofrecidos	Media
MERCADO	Mantiene su participación en el mercado	Alta
	Amplia su participación en el mercado	Alta
PROCESO	Aumento de la productividad	Alta
	Reducción costos de producción	Alta
	Reducción costos laborales	Alta
	Reducción consumo de materias primas	Alta
	Reducción consumo de energía	Alta
	Reducción consumo de agua	Baja
	Reducción de emisiones tóxicas	Baja
	Mejora condiciones de seguridad industrial	Alta
	Mejora en el cumplimiento de regulaciones	Media

Fuente: DANE - Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica EDIT 2007-2008.

De acuerdo con los resultados de la EDIT, las grandes empresas de la industria automotriz son las que más dinero invierten en actividades científicas, tecnológicas y de innovación (ACTI). En el año 2008, el monto total de la inversión de las grandes empresas ascendió a $55.760.677.000 pesos, de los cuáles, $45.322.792.000 fueron invertidos por empresas pertenecientes al Código CIIU 341: Fabricación de vehículos automotores y sus motores.

En efecto, esta es una industria que realiza fuertes inversiones en tecnología. Algunos ejemplos de ello son la inversión de Sofasa y GM Colmotores en la expansión de la producción y hornos de pinturas para vehículos. En el caso de GM se estimó un monto de inversión alrededor de 22 millones de dólares. Adicionalmente, esta empresa invirtió en mejores prácticas para optimizar sus ventas. También se encuentran las empresas de autopartes, Goodyear y Michelin que invirtieron en el montaje de líneas de llantas para camiones y la empresa japonesa Incolmotos con la apertura de una nueva planta de producción en el departamento de Antioquia.

En contraste, las empresas pertenecientes al Código CIIU 342: Fabricación de carrocerías para vehículos automotores; fabricación de remolques y semirremolques, fueron las que invirtieron menores recursos en ACTI con un valor de $7.044.960.000 pesos.

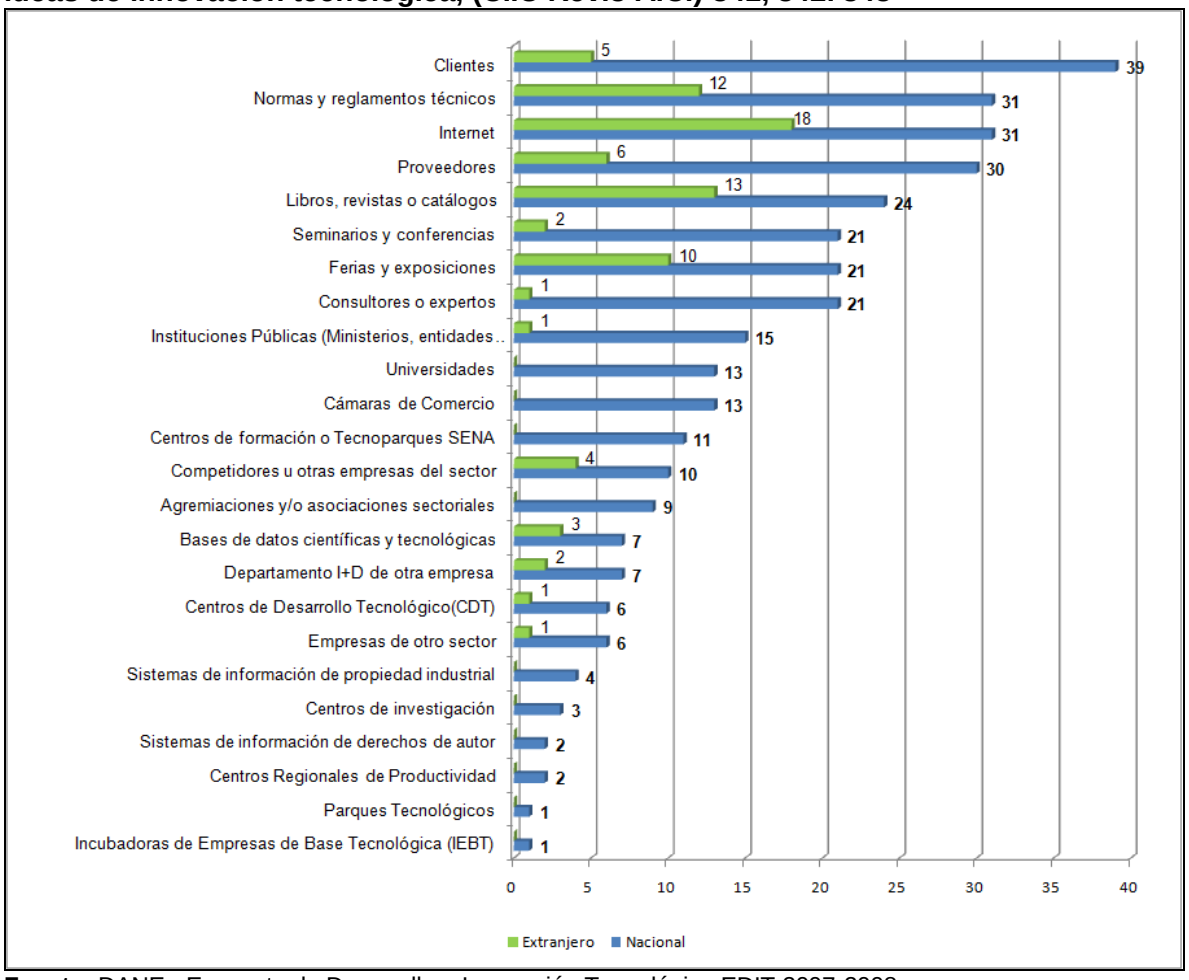
Es interesante la creciente inversión que vienen realizando las empresas del Código CIIU 343: Fabricación de partes, piezas (autopartes) y accesorios (lujos) para vehículos automotores y para sus motores, las cuáles invirtieron $13.213.682.000 en el año 2008, lo cual evidencia la importancia que tiene la inversión en innovaciones por parte de los

autopartistas, asociada a la tendencia internacional de entregarle a los proveedores la responsabilidad de realizar innovaciones para la industria automotriz.

Tulio Zuluaga, Presidente de Asopartes, sostiene que el segmento de autopartes es hoy en día una industria muy eficiente, cuyos productos gozan de reconocimiento por su buena calidad, pues los fabricantes además de capacitarse constantemente en el producto, incluyen tecnología de punta en sus procesos productivos[160].

En efecto, si se analizan las fuentes externas de donde provienen las ideas de innovación tecnológica, una parte importante corresponde a los proveedores nacionales e internacionales, lo que demuestra el papel clave que se le está otorgando a los autopartistas y proveedores, quienes se han enfocado en el diseño de sistemas y componentes de mayor nivel tecnológico, así como la fabricación de piezas y partes más livianas y de nuevos materiales.

Gráfico 23. Fuentes externas a las empresas industriales de donde provienen las ideas de innovación tecnológica, (CIIU Rev.3 A.C.) 341, 342. 343



Fuente: DANE - Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica EDIT 2007-2008.

[160] CASTRO, L. F. Op.cit.

En el gráfico 23 también se resalta la importancia que tienen los clientes, las normas y reglamentos técnicos y el internet como fuentes de generación de ideas de innovación tecnológica y la baja participación de incubadoras de empresas de base tecnológica, parques tecnológicos, centros regionales de productividad, centros de investigación y centros de desarrollo tecnológico. Esta situación puede indicar la baja articulación que existe entre en las instituciones de investigación y la industria automotriz para el desarrollo de actividades de innovación tecnológica.

Con respecto al monto invertido en ACTI, en el Cuadro 7 se resalta que las mayores inversiones se realizan en adquisición de maquinaría y equipo, seguido de la adquisición de I+D externa, lo cual implica que aún no se están realizando las suficientes innovaciones al nivel de la empresa, y que en su mayoría se derivan de la transferencia tecnológica de las grandes OEM.

Cuadro 7. Monto invertido en Actividades Científicas, Tecnológicas y de Innovación (ACTI) por tipo de actividad, según grupo industrial (CIIU Rev. 3 A.C.) 341-342-343. (Valores en miles de pesos)

Grupos de actividades de desarrollo e innovación tecnológica	Monto Invertido (valores en miles de pesos)
Adquisición de maquinaria y equipo	39.283.825
Adquisición de I+D externa	9.555.759
Asistencia técnica y consultoría	6.962.898
Tecnologías de la Información y las Telecomunicaciones	4.127.747
Biotecnología	3.828.444
Ingeniería y diseño industrial	3.659.341
Actividades de I+D Internas	1.097.320
Mercadeo de innovaciones	562.149
Formación y capacitación especializada	560.508
Transferencia de tecnología	124.284

Fuente: DANE - Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica - EDIT IV.

Es preocupante que en las actividades donde se realizan menos inversiones es en la transferencia de tecnología y en la formación y capacitación especializada, la cuál es clave para el desarrollo de innovaciones propias al interior de la industria. Solo con formación especializada y de alta calidad, la industria automotriz colombiana podrá entrar a ser un jugador importante en el ámbito internacional y convertirse en un verdadero sector de clase mundial.

En conclusión se resalta que el know-how al interior de la industria todavía requiere un mayor fortalecimiento especialmente en lo relacionado con la inversión y posterior desarrollo e implementación de innovaciones tecnológicas propias, que no solo estén enfocadas en el proceso productivo como tal, sino que permitan mejorar la competitividad de la industria en el marco de las tendencias tecnológicas internacionales.

7. IDENTIFICACIÓN DE TEMÁTICAS AMBIENTALES EN LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ

7.1 Situación Ambiental de la Industria Automotriz en Colombia

En los últimos años, la industria automotriz ha iniciado un proceso de "sensibilización" ambiental que se refleja parcialmente en las normatividades sobre emisiones y el uso de combustibles alternativos, la chatarrización y reciclaje de partes de vehículos y las iniciativas del Gobierno Nacional y organizaciones públicas y privadas en pro del mejoramiento del medio ambiente. Sin embargo, muchas de estas iniciativas se han quedado cortas, pues han adolecido de diversos problemas como la falta de políticas integrales y la corrupción en muchas de las instituciones que controlan la aplicación de las reglamentaciones.

En este capítulo se identifican las principales problemáticas ambientales asociadas con la industria automotriz y con el uso de automotores en Colombia, así como las principales iniciativas que se adelantan en pro del mejoramiento de la calidad del medio ambiente en el país. Entre las temáticas identificadas se menciona la preocupación por el crecimiento del parque automotor frente a la baja proporción de vehículos chatarrizados, las dificultades que esta situación aunada a otros factores crea sobre la movilidad en las grandes ciudades, y las soluciones, no del todo exitosas, que se que se han planteado a través de las energías alternativas, como el uso de vehículos híbridos y biocombustibles. Por último, se analiza brevemente el problema de las emisiones y las principales normas emitidas para su control.

7.1.1 Renovación del Parque Automotor y Chatarrización

En un estudio realizado por la Universidad de los Andes, denominado "*El transporte como soporte al desarrollo de Colombia. Una visión al 2040"*, se proyecta que para el año 2040 habrán 10,4 millones de vehículos y 12,9 millones de motos y posterior al 2040 seguirán aumentando a una tasa acelerada, quizás hasta final de siglo (teniendo como base un crecimiento moderado de la economía), con sus resultantes problemas de movilidad e infraestructura vial. Esto obedece principalmente al hecho de que en los últimos años la población colombiana ha incrementado sus ingresos, lo que le ha permitido tener una mejor capacidad de ahorro para la adquisición de vehículos automotores. El estudio determinó que *"en Colombia, cuando se logra un ingreso personal de $1 millón mensual (pesos de 2005), la persona está en capacidad de adquirir una motocicleta; y cuando logra alcanzar un ingreso de $2 millones, ya está en capacidad de adquirir un carro privado*[161]*"*.

Con el objetivo de renovar el parque automotor, especialmente aquel con más de 20 años de funcionamiento, mejorar la movilidad y, de paso, ayudar a mejorar la calidad del medio ambiente, se creó en el año 2005, a través del decreto 3525, el programa de chatarrización en Colombia. En este se determinó que, por cada vehículo de transporte público nuevo que ingresara a las flotas se debía constituir una garantía al Estado, de que

[161] ACEVEDO, J. Resumen del libro "El transporte como soporte al desarrollo de Colombia. Una visión al 2040". En: Revista de ingeniería, Universidad de los Andes. Bogotá. Mayo, 2008, No. 29.

el dueño se comprometía a desintegrar el modelo viejo. En caso de no cumplirse este trato, se hacía efectiva la póliza.

Pero los propietarios no respetaron del todo el compromiso y en su lugar decidieron comprar la póliza para adquirir referencias nuevas, pero sin deshacerse de las otras, haciendo cada vez más difícil la modernización del transporte público colombiano, logrando el efecto contrario al objetivo del programa. Bajo este programa se chatarrizaron 3.500 vehículos en el año 2010[162]. No obstante, se presentaron muchos inconvenientes con las pólizas y los más afectados fueron los pequeños propietarios.

Dada la ineficiencia del esquema mencionado, el Ministerio de Hacienda y Crédito Público y el Ministerio de Transporte están reglamentando el Fondo de Promoción a la Renovación de Vehículos, articulado al Plan Nacional de Desarrollo, que busca generar incentivos para que los transportadores puedan modernizar las flotas de vehículos y formalizar el sector, a través de una fiducia, acceso a líneas de redescuento con bajas tasas de interés, refinanciación y descuentos del IVA. Además, se busca que cada marca automotriz asuma la descomposición del vehículo. Lo que se requiere ahora es que el Congreso de la República sancione la ley para su operación[163].

De acuerdo con Clopatofsky, la normatividad existente para la cancelación de la matricula de vehículos particulares inservibles no estimula los procesos de chatarrización, pues se debe presentar la revisión técnico mecánica, que obviamente, bajo las condiciones del vehículo no va a conseguir, es decir, *"los muertos deben llegar vivos a su entierro"*. Adicionalmente, en los centros de chatarrización y en las pocas empresas que prestan este servicio, solo están autorizados para reciclar aparatos de vehículos públicos, lo que obliga a los particulares a vender su carro por chatarra o a desguazarlo y venderlo por partes[164].

A raíz de esta situación, el senador Juan Lozano está tramitando un proyecto de ley ante el Congreso, para facilitar e incentivar la chatarrización de vehículos particulares en el país por medio de la condonación de deudas y la no exigencia de la revisión técnico mecánica del automotor[165].

Las estadísticas del RUNT muestran que en Colombia hay más de 700.000 vehículos que tienen entre 11 y 15 años y aproximadamente 2.500.000 que pasan de los 16 y 20 años de uso. No se sabe con certeza cuántos de ellos ya son obsoletos, pero lo cierto es que se deben considerar como residuos peligrosos pues la mayoría de sus partes dura muchos años en degradarse o son altamente contaminantes, como es el caso de los lubricantes, que van directamente a la tierra o a fuentes de agua, generando graves problemas de contaminación[166].

---

[162] GARCÉS, Claudia. Chatarrización, paso a paso. En: El Tiempo. Bogotá D.C. 26, junio, 2009.
[163] EL TIEMPO. Adiós a las pólizas de chatarrización para camiones. Bogotá D.C. 27, mayo, 2011. sec. Temas especiales: transporte. p. 10.
[164] CLOPATOFSKY, José. Los muertos deben llegar vivos a su entierro. En: Motor. Casa Editorial El Tiempo. Bogotá D.C. Edición No. 523, 24, noviembre, 2010. p. 7.
[165] CAMACHO, Carlos. Primer paso para chatarrizar autos. En: El Tiempo. Bogotá D.C. 30, julio, 2011. sec. Vehículos. p. 2.
[166] CLOPATOFSKY, José. Chatarra versus medio ambiente. En: El Tiempo. Bogotá D.C. 3, marzo, 2012. sec. Vehículos. p. 2.

Aunque en la actualidad se puede reciclar aproximadamente el 98% de los componentes de un vehículo, en Colombia se carece de una completa política de desintegración de vehículos y la industria del reciclaje en el país es incipiente frente a países como México y Estados Unidos.

7.1.2 Movilidad

Los retenes y controles ambientales están diseñados para asegurar una movilidad más limpia. Pero se enfrentan con una paradoja porque las mismas ciudades son las que obligan a sus conductores a contaminar más, en la medida en que no les proveen una movilidad adecuada por los problemas de saturación que viven las grandes ciudades del país, se dice que un vehículo "quieto" es más contaminante que uno circulando a velocidad promedio[167].

El vehículo ha sido considerado a lo largo de la historia como un símbolo del progreso económico de una nación, no obstante, en los últimos años ha entrado a competir con los habitantes por el espacio de las ciudades, y han puesto el diseño en función del vehículo, sacrificando ríos, parques y otros espacios vitales. Por ello, muchos consideran que "el vehículo está asfixiando a las ciudades, a tal punto que muchas lo consideran su peor enemigo"[168].

Bogotá cuenta con 1.434.009 vehículos particulares, y aunque con medidas como el pico y placa salen diariamente de circulación 400.000, la ciudad de todas maneras colapsa. A esto se suma la problemática que viven las principales ciudades latinoamericanas de no contar con sistemas de transporte público adecuados – que lleva a la gente a preferir el automóvil particular - y la infraestructura vial suficiente y de calidad, que aseguren una mejor movilidad[169].

En la actualidad los vehículos no solo se asocian al estatus sino que son para muchos una herramienta de trabajo, cuyo uso seguirá creciendo con los ingresos de los habitantes de un país y esto es precisamente lo que ocurre en este momento en Colombia. El reto que enfrentan las grandes ciudades en Colombia para mejorar la movilidad es el desarrollo de infraestructura de conectividad, la ampliación de las vías, la ampliación y la consolidación de los sistemas de transporte masivo. Estos últimos deben ir en correspondencia con procesos organizados de planeación y con consideraciones ambientales como el cambio climático y la mejora de la calidad de vida de la población asociada al derecho a disfrutar de un ambiente sano.

7.1.3 Vehículos Híbridos

El tema de los vehículos híbridos está tomando cada vez más fuerza en Colombia. La industria automotriz ya ha comenzado a hacer propuestas de vehículos "verdes" que se espera tengan una clientela creciente en un futuro no muy lejano. Sin embargo, al país aún le falta mucho camino por recorrer para lograr su masificación.

[167] EL TIEMPO. ¿Qué pasará con los retenes ambientales?. Bogotá D.C. 14, enero, 2012. p. 4.
[168] EL TIEMPO. Los autos asfixian a las ciudades. Bogotá, 19, junio, 2011. sec. Debes leer. Informe. p. 7.
[169] Ibíd., p. 7.

En cuanto a las políticas de estímulo para vehículos que usen tecnologías limpias el Ministerio del Medio Ambiente acaba de lograr la aprobación por parte del Consejo Superior de Política Fiscal - CONFIS de la reducción del 15 al 5% del arancel, para vehículos pesados de carga y pasajeros que sean híbridos (eléctricos y combustible fósil), eléctricos y los que funcionan exclusivamente con gas natural. También logró para este año el incentivo para la importación sin arancel para un contingente de 161 de estos vehículos, al mismo tiempo que se busca obtener una reducción permanente del arancel para la importación de vehículos livianos que funcionen con estas tecnologías. Todo ello en respuesta a política de Prevención y Control de la Contaminación del Aire en Colombia que lidera el Ministerio de Ambiente, con el fin de prevenir la emisión de gases contaminantes y material particulado que afectan la salud humana[170].

También cabe resaltar la iniciativa del movimiento político MIRA, que presentó un proyecto del ley el 23 del 2010 en la Cámara, por medio del cual "se establecen medidas para la promoción e implementación de modos de transporte que incorporen tecnología de tracción eléctrica". El proyecto involucra la reducción de aranceles, obliga a que en las licitaciones oficiales de vehículos se haga una calificación preferente para los que ofrezcan este sistema de impulsión y propone que en la renovación del parque automotor estatal se debe dar una evaluación superior a los autos eléctricos. Esta es una iniciativa muy positiva para el país, aunque aún falta mucho para que este tipo de tecnologías pueda masificarse en el corto plazo[171].

Sin embargo, ya hay propuestas reales del sector empresarial en marcha, como la firma de un acuerdo de cooperación entre las empresas Renault, Endesa, Emgesa, Codensa y EPM que permitió el ingreso de 250 vehículos eléctricos al país en el año 2011. Las empresas de energía apoyaron la infraestructura requerida, con la instalación de puntos de recarga en Bogotá y Medellín. Las baterías funcionan mediante un sistema de arrendamiento o leasing, como sucede en el resto del mundo, debido a sus altos costos y por la disposición final exigida para las mismas[172].

A pesar de las iniciativas que se adelantan con respecto al uso de vehículos híbridos, se puede afirmar que en el país no hay una política clara que fomente este tipo de vehículos y que brinde el marco normativo y las condiciones necesarias para su funcionamiento tales como la regulación de costos, aranceles y el cobro de tarifas. También hay dificultades asociadas a la infraestructura, dado que se requiere la instalación de estaciones de recarga, sumado a los altos costos de las baterías y el reciclaje de las mismas. En suma, es una tecnología cuya implementación demanda el compromiso de gobiernos, municipalidades, empresas y usuarios[173].

7.1.4 Biocombustibles

Con respecto al tema de los biocombustibles, el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, por medio del Decreto 2328 de 2008, creó la *Comisión Intersectorial para el Manejo*

[170] FENALCO. Minambiente logra reducción arancelaria para vehículos más limpios. Circular 202 de 2011. Bogotá D.C., mayo, 2011.
[171] CLOPATOFSKY, José. Un proyecto que merece más aire. En: Motor. Casa Editorial El Tiempo. Bogotá D.C. Edición No. 519, 29, septiembre, 2010. p. 7.
[172] EL TIEMPO. Renault se enchufa en Bogotá y Medellín. Bogotá D.C. 26, febrero, 2011. sec. Vehículos. p. 8.
[173] CLOPATOFSKY, José. Un proyecto que merece más aire. Op.cit., p. 7.

de Biocombustibles, integrada por los representantes de cinco Ministerios[174] y el Director del Departamento Nacional de Planeación. Entre sus principales funciones está *"Coordinar el proceso de formulación e implementación de políticas en materia de biocombustibles que adopten, formulen y ejecuten los diferentes organismos y entidades del Estado[175]"*.

A lo largo de la década anterior el Gobierno Nacional ha expedido varios decretos para reglamentar el uso de biocombustibles en el país. Entre los más controvertidos se encuentra el Decreto 1135 de 31 de marzo de 2009, por medio del cual se decretó que:

"A partir del 1° de enero del año 2012 los vehículos automotores hasta 2000 cm^3 de cilindrada que se fabriquen, ensamblen, importen, distribuyan y comercialicen en el país y que requieran para su funcionamiento gasolinas, deberán estar acondicionados para que sus motores funcionen con sistema Flex-fuel (E85), es decir, que puedan funcionar normalmente utilizando indistintamente gasolinas básicas o mezclas compuestas por gasolina básica de origen fósil con al menos 85% de alcohol carburante"[176].

Para su implementación se fijó un calendario que pretendía que en el año 2013 el 100% de los vehículos comercializados en el país con cilindrada mayor a 2000 cm3 deberían soportar E85.

Aunque lo que se intentaba era fomentar el uso de biocombustibles en el país, la medida estaba muy lejos de la realidad nacional e incluso internacional, ya que según los empresarios de la industria automotriz, al país le tomaría muchos años desarrollar las tecnologías requeridas para cumplir con esta norma, y además este tipo de mezclas prácticamente no son toleradas por la mayoría de vehículos en el mundo, lo que excluiría de las posibilidades de comercialización a los fabricantes de Europa, Japón y Estados Unidos, exceptuando solo a Brasil. Hasta el momento, el tema no se ha aclarado, y amenaza la ratificación del TLC con la Unión Europea. Al respecto el Presidente Juan Manuel Santos anunció que la gasolina se mantendría con el 10% de etanol y el ACPM con un 7% de biodiesel, que es lo que rige internacionalmente, pero el decreto aún no ha sido especificado y no se ha llegado a una decisión consistente[177].

7.1.5 Emisiones y Normatividad

De acuerdo con cifras del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial en Colombia anualmente mueren más de 6.000 personas como consecuencia de la contaminación atmosférica que se manifiesta en cáncer de pulmón y enfermedades cardiopulmonares y respiratorias agudas. Ciudades como Bucaramanga, Bogotá,

[174] Participan los Ministros de: Agricultura y Desarrollo Rural; Minas y Energía; Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Transporte; Comercio, Industria y Turismo.
[175] COLOMBIA. Presidencia de la Republica. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Decreto 2328 de 2008 (junio 25). Por el cual se crea la Comisión Intersectorial para el Manejo de Biocombustibles. Bogotá D.C. junio 27, 2008. Diario Oficial No. 47.033.
[176] COLOMBIA. Presidencia de la República. Decreto 1135 de 2009 (Marzo 31). Por el cual se modifica el Decreto 2629 de 2007, en relación con el uso de alcoholes carburantes en el país y con las medidas aplicables a los vehículos automotores que utilicen gasolinas para su funcionamiento. Bogotá D.C. marzo 31, 2009. Diario Oficial 47.308.
[177] CLOPATOFSKY, José. Alineación incompleta. En: Motor. Casa Editorial El Tiempo. Bogotá D.C. Edición No. 534, 8, junio, 2011. p. 7.

Medellín, Cali, Barranquilla, Cartagena, Pereira y Sogamoso concentran el 41% de la contaminación del aire en el país. De este porcentaje las fuentes móviles (vehículos) generan el 86% de la contaminación atmosférica[178].

Es de anotar que en los últimos años en el país se ha ido implementando un marco normativo para el tratamiento de algunos de los desechos más contaminantes generados por los vehículos y sus partes. Dentro de este marco se menciona la Ley 253 de 1996 (Manejo de residuos líquidos y aceites usados), la Ley 430 de 1998 (Manejo de aceites usados) el Decreto 174 de 2006 (Manejo de llantas) y el Decreto 373/003 (Manejo de baterías).

Aunque aún no hay una norma que reglamente el problema de los carros inservibles y la venta de repuestos usados sin evaluación y certificación, en el país, el Centro de Experimentación Vial Cesvi Colombia tiene el primer *Centro de Tratamiento de Vehículos fuera de uso (CTV),* que le da un tratamiento adecuado a los desechos y a las partes que aún se podrían usar, pertenecientes a los vehículos que las compañías aseguradoras han declarado como pérdida total con matrícula cancelada. Este proyecto de Cesvi tiene como objetivo "fomentar la cultura de la protección ambiental en la industria automotriz", además de las ventajas de obtener piezas originales en perfecto estado a un menor valor para los clientes[179].

Con respecto a las emisiones generadas por los usuarios de los vehículos, el Decreto 019 del 2012, Articulo 203, que modifica el 53 del Código Nacional de Tránsito, le da más peso al certificado de revisión técnico-mecánica y de gases (RTM) (emisiones contaminantes)[180]. El inconveniente con esta revisión es que la ciudadanía en general no es consciente de la importancia que tiene este trámite como estrategia de protección para la vida y el medio ambiente, por ello el trámite no fue eliminado en el país[181]. Sin embargo, está sujeto a muchas dudas por los casos de corrupción detectados en algunos de los Centros de Diagnóstico Automotor y las arbitrariedades que se cometen en los retenes ambientales, encargados de la RTM.

Es importante resaltar que estas son algunas de las iniciativas que propenden por el mejoramiento de la calidad del medio ambiente en el país, al tiempo que buscan obtener beneficios económicos, aunque existen muchas otras de empresas públicas y privadas, centros de investigación, universidades, entre otros, que adelantan trabajos valiosos en este campo.

Frente a la situación ambiental y los principales problemas identificados, el Mapa Tecnológico Ambiental de la Industria Automotriz Colombiana que se presenta en el siguiente apartado, busca brindar soluciones desde la gestión tecnológica de la industria automotriz nacional.

---

[178] Suárez, Sandra. Por el aire que respiramos [en línea]. Presidencia de la República. Febrero 20, 2006. [Consultado el 2 de febrero de 2012]. Disponible en internet: <http://www.presidencia.gov.co/prensa_new/columnas/columnas169.htm>.

[179] AUTONAL. Reciclaje de vehículos en Colombia [en línea]. Febrero 24, 2011. [Consultado el 20 de junio de 2011]. Disponible en internet: <http://www.autonal.com/novedad/reciclaje-de-vehiculos-en-colombia>.

[180] EL TIEMPO. ¿Qué pasará con los retenes ambientales?. Op.cit., p. 4.

[181] CAMACHO, Carlos. Pulso entre Gobierno y CDA por revisión técnico mecánica. En: El Tiempo. Bogotá D.C. 12, noviembre, 2011. sec. Vehículos. p.1.

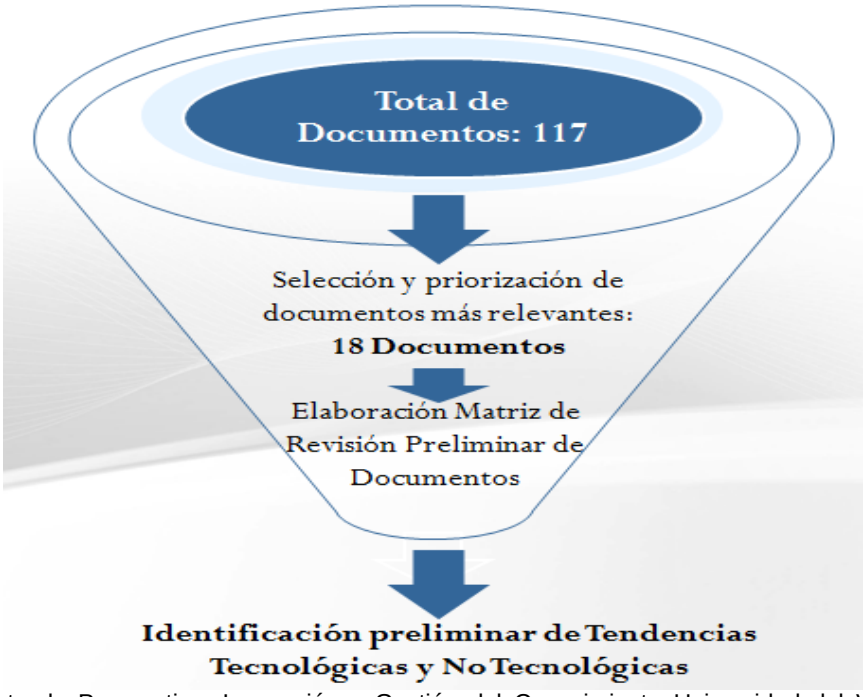
7.2 Mapa Tecnológico Ambiental de la industria automotriz colombiana

El Mapa Tecnológico Ambiental de la industria automotriz colombiana muestra las tendencias tecnológicas ambientales más importantes a nivel nacional e internacional que determinarán el futuro a corto y largo plazo de la industria en el país.

El principal insumo para la elaboración del mapa proviene del trabajo realizado en el proyecto "Construyendo el Centro de Desarrollo Tecnológico de la Industria Automotriz Colombiana", en el cual se construyó el Mapa Tecnológico Global de la Industria Automotriz, a partir de la revisión exhaustiva de documentos relacionados con las tendencias tecnológicas de la industria, roadmaps y ejercicios de prospectiva y vigilancia tecnológica.

A partir de los 117 documentos recopilados en las distintas áreas relacionadas con la Industria Automotriz, se seleccionaron y priorizaron 18 documentos, los cuales permitieron la identificación de tendencias tecnológicas y no tecnológicas de la Industria. Este proceso de selección se presenta en la figura 14.

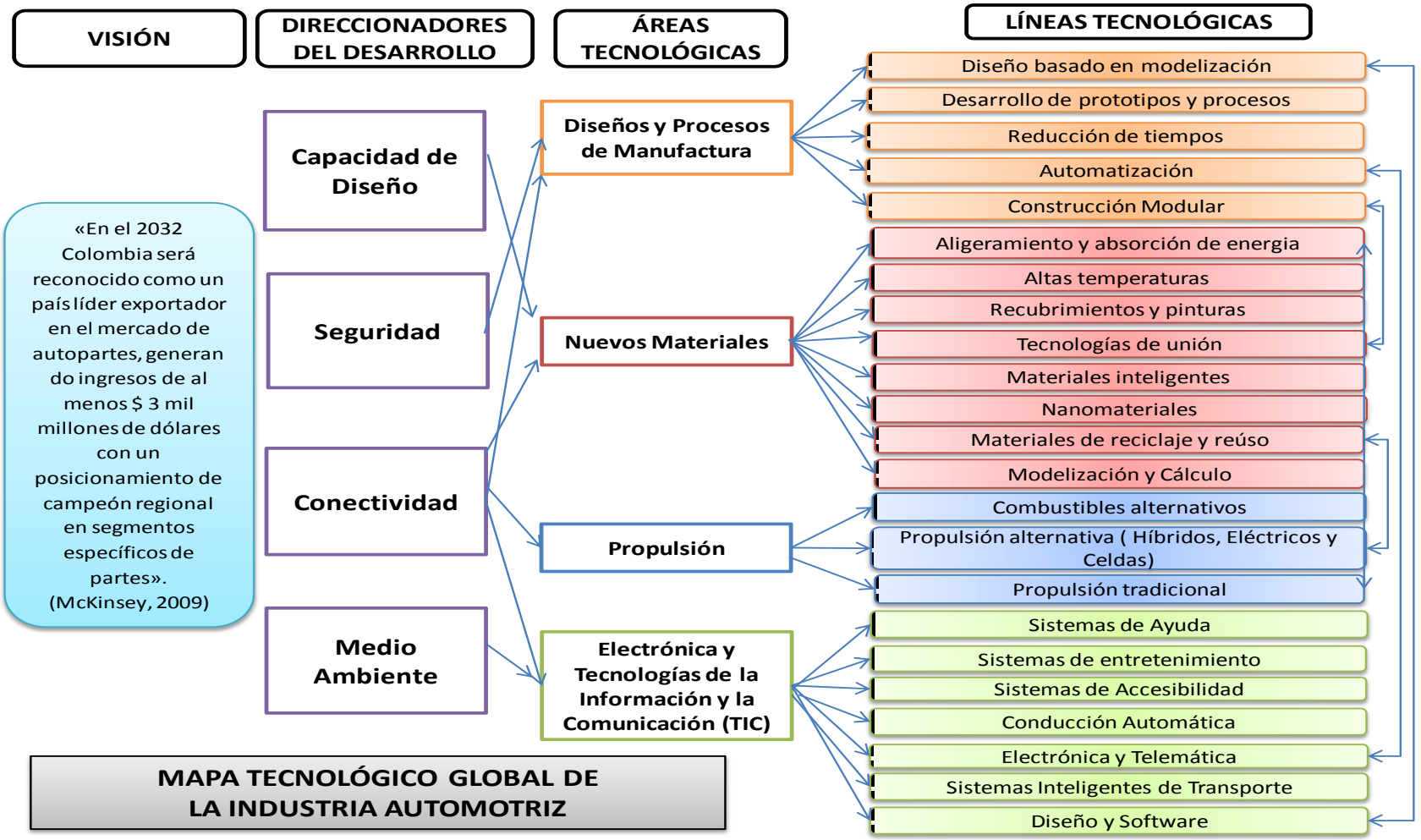
Figura 14. Proceso de construcción de Tendencias Tecnológicas y No Tecnológicas de la Industria Automotriz



Fuente: Instituto de Prospectiva, Innovación y Gestión del Conocimiento Universidad del Valle. Proyecto Construyendo el Centro de Desarrollo Tecnológico de la Industria Automotriz Colombiana. Informe final, 2011.

Con las tendencias tecnológicas identificadas se construyó el Mapa Tecnológico Global de la industria automotriz a nivel mundial. En el mapa se encuentran los direccionadores del desarrollo que son los grandes factores que marcan las tendencias presentes y futuras de la industria a nivel mundial. Además, se presentan las áreas, líneas y sublíneas tecnológicas que se consideraron para la industria automotriz, como se muestra en la figura 15.

Figura 15. Mapa Tecnológico Global de la Industria Automotriz



Fuente: Equipo del Instituto de Prospectiva, Innovación y Gestión del Conocimiento, 2011.

La información obtenida a partir del Mapa Global de la industria automotriz fue cruzada con las problemáticas ambientales y oportunidades identificadas en Colombia en la sección anterior, con el fin de definir la visión, los direccionadores, áreas y líneas tecnológicas ambientales, que conforman el Mapa Ambiental de la industria automotriz, como se muestra en la figura 16.

Las tendencias que se muestran en el mapa ambiental influyen directamente en los fabricantes de vehículos y por consiguiente en los fabricantes de autopartes, a quienes se les está delegando en mayor medida la inversión en I+D+i. De esta forma, la incorporación de ciencia, tecnología e innovación en la fabricación de vehículos constituye una ventaja competitiva fundamental para satisfacer las necesidades de los demandantes de automóviles.

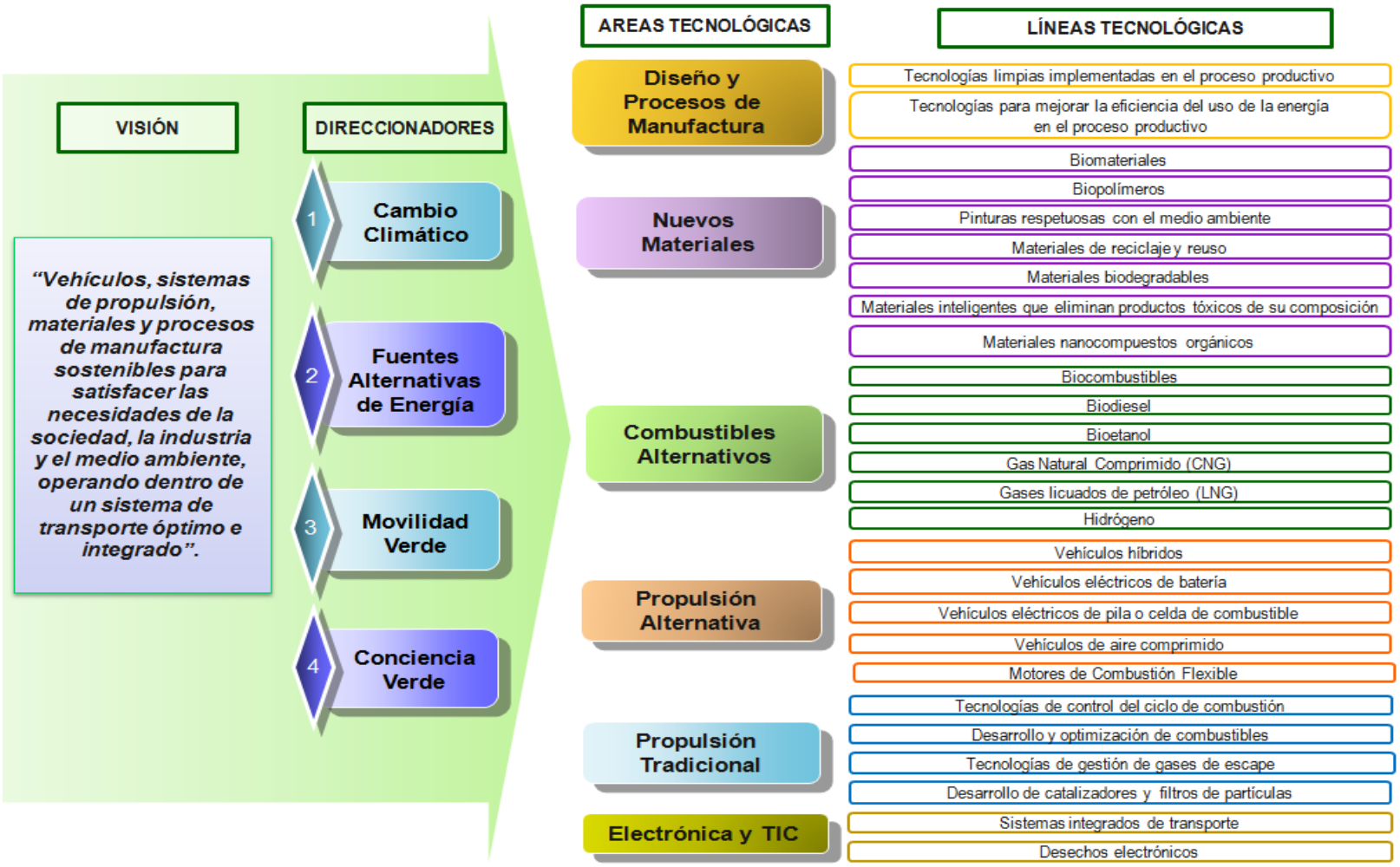
Además de los factores científico-tecnológicos, la industria automotriz se ve fuertemente afectada por las grandes tendencias de cambio con respecto a la dinámica de la población, el aumento de la demanda de movilidad, la búsqueda e implementación de fuentes alternativas de energía, el comportamiento de los consumidores, la tecnología y las regulaciones ambientales, cada vez más exigentes[182].

De estas tendencias se deduce, en efecto, que la misión de los constructores y los fabricantes de autopartes es hacer que los automóviles sean cada vez más seguros, confortables y respetuosos por el medio ambiente, sin olvidar además, que deben ser aceptados por una clientela cada vez más exigente en cuanto a diseño, prestaciones y precio[183].

En correspondencia con la clasificación de las tecnologías ambientales explicadas en el capítulo 3, en el mapa ambiental se realiza una propuesta que se aproxima más al enfoque de las tecnologías más limpias o de procesos integrados, en la medida en que contribuyen a mejorar los procesos productivos y los productos de la industria automotriz, buscando reducir los impactos negativos en lugar de trasladarlos a otras esferas del ambiente.

[182] WYMAN, Oliver. Car Innovation 2015. A comprehensive study on innovation in the automotive industry, París, 2007.
[183] OPTI. Observatorio de Prospectiva Tecnológica Industrial. Tercer informe de Prospectiva Tecnológica Industrial. Futuro tecnología en el horizonte del 2015. Estudio de Prospectiva sobre “Transporte, distribución, almacenamiento y uso final de la energía; Estudio de prospectiva sobre “Sector automoción”. Madrid, 2004.

Figura 16. Mapa Ambiental de la Industria Automotriz Colombiana



Fuente: Elaboración propia.

7.2.1 Direccionadores del Desarrollo de la Industria Automotriz en el Componente Ambiental

A partir de la visión expuesta en la figura anterior, se definen *los direccionadores del desarrollo*, los cuales marcan las grandes tendencias de la industria automotriz a nivel mundial. Estos direccionadores tienen que ver primordialmente con los elementos claves para el logro de desarrollos cada vez más innovadores y sostenibles en el futuro. Estos son: el cambio climático, las fuentes alternativas de energía, la movilidad verde y la conciencia verde.

1. Cambio climático: El cambio climático es un fenómeno global, en el cual la industria automotriz tiene una gran responsabilidad. Los vehículos son uno de los principales causantes de los gases de efecto invernadero. Un automóvil de los que actualmente circulan por las calles emite un cóctel de más de 1000 contaminantes, cuya dinámica aún no se conoce en profundidad, causando graves problemas para la salud humana y para el planeta en general.

La sociedad está exigiendo que la industria automotriz se comprometa a contrarrestar los efectos del cambio climático, pues de lo contrario las regulaciones cada vez más drásticas amenazarán su supervivencia en el futuro.

2. Fuentes alternativas de energía: El futuro del transporte y de la industria automotriz en el mundo está determinado en gran medida por el desarrollo de fuentes alternativas de energía, que den respuesta a la necesidad latente de mejorar la calidad de vida de la población, haciendo un uso más eficiente de la energía y logrando una reducción significativa de emisiones. En la actualidad se han realizado grandes avances en la investigación relacionada con combustibles alternativos como los biocombustibles y sistemas alternativos de propulsión como los vehículos híbridos y eléctricos. No obstante, el camino para su masificación es largo puesto que son opciones más costosas y requieren aun un mayor éxito en los mercados y economías de escala que les permita reducir costos.

3. Movilidad verde: Los procesos de crecimiento económico de las ciudades, así como los cambios en los estilos de vida y patrones laborales traen consigo una creciente demanda de movilidad que está generando fuertes presiones ambientales. Estas presiones se asocian al aumento del parque automotor en todo el mundo, con sus consecuentes efectos sobre el espacio público, la contaminación del aire y el ruido. Frente a esta situación, la movilidad verde se plantea como una opción para que las ciudades vuelvan a ser lugares agradables para vivir, a través de la búsqueda de sistemas de transporte alternativos, inteligentes y con impactos ambientales mínimos.

4. Conciencia verde: Como consecuencia del cambio climático y los graves efectos ambientales que está generando en todos los ámbitos de la vida, en el mundo crece cada vez más la preocupación por hallar soluciones para mitigar sus efectos y prevenir nuevas consecuencias. Esto ha llevado a que consumidores, empresarios y entes gubernamentales sean más conscientes de la importancia de contar con un medio ambiente sano y hayan empezado a tomar acciones al respecto.

Los consumidores son cada vez más exigentes al momento de comprar un vehículo, evaluando aspectos como el rendimiento del combustible. Por su parte, la industria automotriz lleva más de 50 años experimentando con energías alternativas y en la actualidad muchas compañías cuentan con proyectos de autos híbridos y eléctricos, entre otras iniciativas para reducir el nivel de emisiones. Por último, los gobiernos de países y localidades trabajan de manera conjunta con otros actores para definir las regulaciones ambientales que garanticen procesos de fabricación y disposición de residuos más eficientes y amigables con el medio ambiente, así como un uso más responsable de los vehículos por parte de los consumidores.

7.2.2 Áreas y Líneas Tecnológicas

Teniendo en cuenta los direccionadores del desarrollo de la industria automotriz en el mundo, se definieron seis grandes áreas en materia de ciencia, tecnología e innovación. A su vez, de estas áreas se derivaron líneas tecnológicas, para organizar una estructura temática que sirviera como referente para la discusión con la industria automotriz colombiana. En este sentido, se trata de identificar el campo de juego que se debe recorrer en el mediano y largo plazo. Las áreas tecnológicas son las siguientes:

1. Diseño y procesos de manufactura
2. Nuevos materiales
3. Combustibles alternativos
4. Propulsión alternativa
5. Propulsión tradicional
6. Electrónica y TIC

Estas áreas indican los grandes temas donde se deben desarrollar las capacidades nacionales en el presente y hacia el futuro. Igualmente, indica las líneas tecnológicas hacia las cuales se espera la evolución de la industria, y que incorporan demandas tecnológicas ambientales específicas a atender para que el país sea competitivo al nivel mundial. A continuación se describen las áreas tecnológicas:

1. Diseño y Procesos de Manufactura: El desarrollo de productos y las tecnologías de fabricación constituyen la esencia de la competitividad de la industria automotriz[184]. Es crucial la permanente búsqueda de la mejora de los procesos para conseguir: menores costes, mayor capacidad productiva, menores impactos ambientales, mejor calidad, menores inversiones, cumplimiento de normativas y directrices, y menor necesidad de mano de obra o una más rápida adaptación[185].

El logro de disminuciones en los costes y en los impactos ambientales implica el desarrollo de nuevos diseños, así como aplicaciones innovadoras en materiales y procesos que simplifiquen la fabricación y el montaje de los vehículos y disminuyan el consumo de energía en los procesos productivos. El esfuerzo debe concentrarse en la

[184] FROST & SULLIVAN. Think Thank automotive industry presentation. London, 2010.
[185] UNIÓN EUROPEA. Foresight Vehicle Technology Roadmap of UE. Agencia para la Cooperación de la Industria Europea. Bruselas. 2010.

utilización de procesos de base tecnológica y de reducción de tiempos, tecnologías limpias y modelización[186].

Las líneas tecnológicas identificadas para el diseño y los procesos de manufactura de vehículos son:

- Tecnologías limpias implementadas en el proceso productivo.
- Tecnologías para mejorar la eficiencia en el uso de la energía en el proceso productivo.

2. Nuevos Materiales: El desarrollo de nuevos materiales es un área de carácter transversal para toda la industria debido a sus múltiples aplicaciones. Para la industria automotriz las posibilidades de innovación son innumerables y aplican a todas las áreas tecnológicas que intervienen en el diseño y fabricación de un vehículo y sus partes.

Los desarrollos en las tecnologías de materiales pueden dar una cantidad de beneficios económicos y ambientales asociados a propiedades mejoradas, en términos de reducción de peso y de consumo de materiales, mayor fuerza, completamente reciclables, procesos de fabricación más eficientes y reducción en el consumo de energía, que permiten obtener un vehículo con mayor rendimiento, seguridad y menor carga ambiental. Las nuevas tecnologías de materiales de interés incluyen aleaciones livianas y polímeros, fluidos, revestimientos, biotecnología y nanotecnología, entre sus temas principales[187].

Las líneas identificadas dentro de la temática de nuevos materiales son:

- Biomateriales.
- Biopolímeros.
- Aligeramiento y absorción de energía.
- Pinturas respetuosas con el medio ambiente.
- Materiales de reciclaje y re-uso.
- Materiales biodegradables.
- Materiales inteligentes que eliminan productos tóxicos de su composición.
- Materiales nanocompuestos orgánicos.

3. Combustibles Alternativos: Consiste en el uso de energías alternativas, renovables, seguras, eficientes y compatibles con el medio ambiente. La tendencia mundial es a la utilización de los siguientes combustibles alternativos que se consideran como líneas tecnológicas:

- Biocombustibles.
- Biodiesel.
- Bioetanol.
- Gas Natural Comprimido (CNG).
- Gases licuados de petróleo (LNG).

[186] OPTI. Observatorio de Prospectiva Tecnológica Industrial. Oportunidades tecnológicas e industriales para el desarrollo de la economía española. Madrid, 2010.
[187] Ibíd.

- Hidrógeno.

El uso de motores de combustión interna de los gases licuados del petróleo (LNG) o del gas natural comprimido (CNG), de los alcoholes (etanol y metanol) solos o mezclados (gasolinas verdes o ecológicas) y de los biocombustibles, proporciona mejoras constatables en el nivel de las emisiones pero son mejores si se utilizan como fuente de energía para las células de combustible[188].

Dentro de los combustibles alternativos se destaca el uso del *Hidrógeno,* el cual ofrece una solución a la sustitución de los combustibles derivados del petróleo, a problemas como las fluctuaciones de suministro en las energías renovables, etc. Sin embargo, su producción, almacenamiento y distribución plantea numerosos problemas y desafíos, pues se requiere contar con la capacidad para producirlo en las cantidades necesarias, disponer de infraestructuras para transportarlo hasta los puntos de consumo y desarrollar las tecnologías de uso final necesarias[189].

4. Propulsión Alternativa: Se entiende por propulsión alternativa a las tecnologías de transmisión que no utilizan un motor de combustión interna estándar impulsado por combustibles fósiles, como la gasolina o el diesel[190]. Este tipo de propulsión se caracteriza por el respeto al medio ambiente, el ahorro energético y la reducción de las emisiones de CO^2. Las siguientes son las líneas tecnológicas asociadas a la propulsión alternativa:

- Vehículos híbridos.
- Vehículos eléctricos de batería.
- Vehículos eléctricos de pila o celda de combustible.
- Vehículos de aire comprimido.
- Motores de combustión flexible.

Las primeras aplicaciones comerciales de los sistemas de propulsión alternativos fueron los automóviles híbridos, que combinan un motor convencional de combustión interna con un motor movido por energía eléctrica proveniente de baterías[191]. También se mencionan los vehículos eléctricos híbridos, que combinan la propulsión eléctrica con un motor de combustión interna y logran una mejor gestión energética doblando la eficacia de los vehículos convencionales con prestaciones y niveles de confort similares.

Por su parte, los vehículos de aire comprimido como su nombre lo indica, funcionan con un compresor que comprime el aire que será usado por el motor y, al igual que un carro eléctrico, necesita ser conectado a un enchufe para cargar el compresor. Las células de combustible son dispositivos electroquímicos que transforman la energía química de un combustible (generalmente H2) en electricidad y agua, con un elevado rendimiento (>50%) y sin emisión de contaminantes.

---

[188] OPTI. Observatorio de Prospectiva Tecnológica Industrial. Tercer informe de Prospectiva Tecnológica Industrial. Futuro tecnología en el horizonte del 2015. Estudio de Prospectiva sobre "Transporte, distribución, almacenamiento y uso final de la energía; Estudio de prospectiva sobre "Sector automoción". Op.cit.
[189] Ibíd.
[190] CEPAL. La inversión extranjera directa en América Latina y el Caribe. 2009.
[191] CEPAL. La inversión extranjera directa en América Latina y el Caribe. Op.cit.

Por último, los motores de combustión flexible fueron desarrollados por la industria automotriz brasilera y le permite a los consumidores utilizar en un mismo vehículo dos combustibles diferentes —gasolina y alcohol—, factor que desempeñó un papel decisivo para impulsar las ventas. Esta innovación disminuyo la resistencia de los consumidores al uso del alcohol como combustible, lo que tornó a los usuarios sensibles a los cambios repentinos en el precio y la escasez del producto[192].

5. Propulsión Tradicional: Aunque los sistemas de propulsión alternativa presentan un gran interés, los motores de combustión interna, seguirán siendo la principal fuente de propulsión de los vehículos, por lo tanto se necesitan grandes esfuerzos para optimizar la eficiencia y reducir el consumo de los vehículos actuales, con el fin de disminuir sus impactos ambientales.

El desarrollo de vehículos con motor de combustión de mayor eficiencia con respecto a los actuales implica retos, no solo en el diseño del proceso termodinámico de combustión (combustión pobre, temperaturas y presiones de ciclo altas) como se persigue con la inyección directa de los combustibles, sino que implica la reconsideración global del vehículo para reducir el peso, disminuir el consumo de combustible y aumentar el rendimiento[193].

Las líneas tecnológicas que se derivan de la propulsión tradicional son:

- Tecnologías de control del ciclo de combustión.
- Desarrollo y optimización de combustibles.
- Tecnologías de gestión de los gases de escape.
- Desarrollo de catalizadores y filtros de partículas.

6. Electrónica y TIC: El rendimiento de la electrónica y las tecnologías de la información está avanzando rápidamente, en términos de velocidad de procesamiento, la miniaturización, el coste y la funcionalidad. El valor de la electrónica y el software en los nuevos vehículos seguirá aumentando, en áreas como el control y provisión de inteligencia, la telemática, la información y de servicios, el entretenimiento y la interfaz de los usuarios[194].

La innovación tecnológica contribuye a la solución de las dificultades de los sistemas de transporte. Las nuevas tecnologías de la información proporcionarán servicios de transporte nuevos y más cómodos para los pasajeros, mejorarán la seguridad, la presión sobre el tráfico y reducirán las repercusiones sobre el medio ambiente. Unas infraestructuras ligeras, como los sistemas de transporte inteligentes para el tráfico por carretera, o los sistemas de posicionamiento global, mejoran la experiencia de conducir un vehículo[195].

---

[192] Ibíd.
[193] OPTI. Observatorio de Prospectiva Tecnológica Industrial. Tercer informe de Prospectiva Tecnológica Industrial. Futuro tecnología en el horizonte del 2015. Estudio de Prospectiva sobre “Transporte, distribución, almacenamiento y uso final de la energía; Estudio de prospectiva sobre “Sector automoción”. Op.cit.
[194] CEPAL. La inversión extranjera directa en América Latina y el Caribe. Op.cit.
[195] UNIÓN EUROPEA. Foresight Vehicle Technology Roadmap of UE. Agencia para la Cooperación de la Industria Europea. Op.cit.

Por otro lado, el consumo creciente de dispositivos tecnológicos automotrices está trayendo consigo graves problemas ambientales debido a su contenido de materiales tóxicos como el cadmio, el mercurio y el plomo, entre otros; la velocidad con la que se vuelven obsoletos; la alta demanda de los mismos y el manejo inadecuado para su disposición final. Por lo anterior, las líneas tecnológicas consideradas en esta área son:

- Sistemas Integrados de Transporte.
- Desechos electrónicos.

La definición de áreas y líneas tecnológicas que se presentan en el mapa tecnológico ambiental, permite identificar el contexto general de la industria, a partir del cual, a través de un taller de orientación estratégica, los empresarios y los gremios de la industria, identificaron y priorizaron la estratégica tecnológica a seguir en los próximos años, con el fin de mejorar su sostenibilidad y competitividad en el contexto nacional e internacional.

7.3 Priorización de Tecnologías Ambientales en la Industria Automotriz Colombiana

Para realizar la priorización de las líneas tecnológicas del Mapa Ambiental de la industria automotriz se realizó un taller, que hace parte del Proyecto "Construyendo el Centro de Desarrollo Tecnológico de la industria automotriz colombiana". La jornada de trabajo se realizó el 5 de agosto de 2011, y contó con la participación de 35 personas, entre los que se encontraban empresarios y representantes de instituciones relacionadas y de apoyo a la industria automotriz en Colombia.

Por parte de la industria, asistieron empresarios del eslabón de las ensambladoras y por parte de los autopartistas asistieron empresarios de los eslabones de chasis, sistema interior y eléctrico. También participaron representantes de los gremios de la industria automotriz (ACOLFA – ANDI) y del gobierno. La lista de participantes del taller se presenta en el Anexo A.

A continuación se presentan los resultados de la priorización de las líneas tecnológicas de acuerdo a la pertinencia de las mismas para el diseño de la Agenda Ambiental de I+D+i para la Industria Automotriz Colombiana.

Objetivo del taller: Seleccionar las líneas del Mapa Ambiental que tienen posibilidades de desarrollo y aplicación en la Industria Automotriz Colombiana.

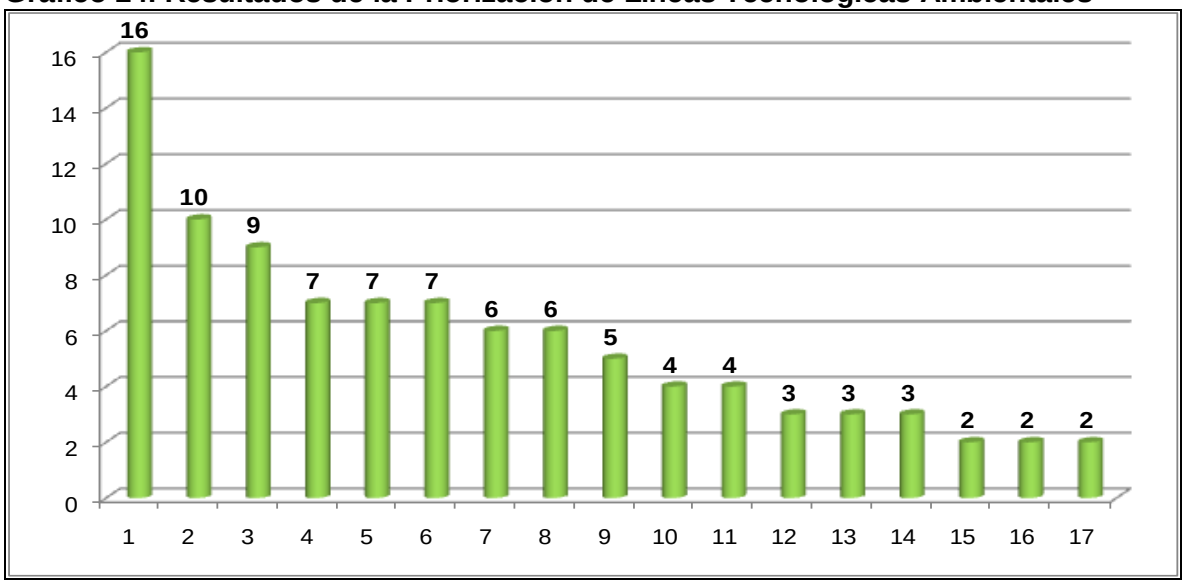
Metodología: Se solicitó a los participantes que seleccionaran las tres líneas tecnológicas más pertinentes del mapa ambiental. Además, por considerarse clave para el componente ambiental, también se seleccionaron las líneas tecnológicas más pertinentes del área tecnológica Propulsión. En el Anexo B se presenta el formato de priorización utilizado en el taller.

Resultados Mapa Tecnológico Ambiental (por conteo de votos)

Teniendo en cuenta la importancia del componente ambiental para la industria automotriz colombiana, se les preguntó a los participantes del taller por las líneas tecnológicas ambientales que consideraban más pertinentes para que el Centro de Desarrollo

Tecnológico contribuya al desarrollo de la industria automotriz colombiana. En el gráfico 24 se presentan los resultados de la priorización.

Gráfico 24. Resultados de la Priorización de Líneas Tecnológicas Ambientales



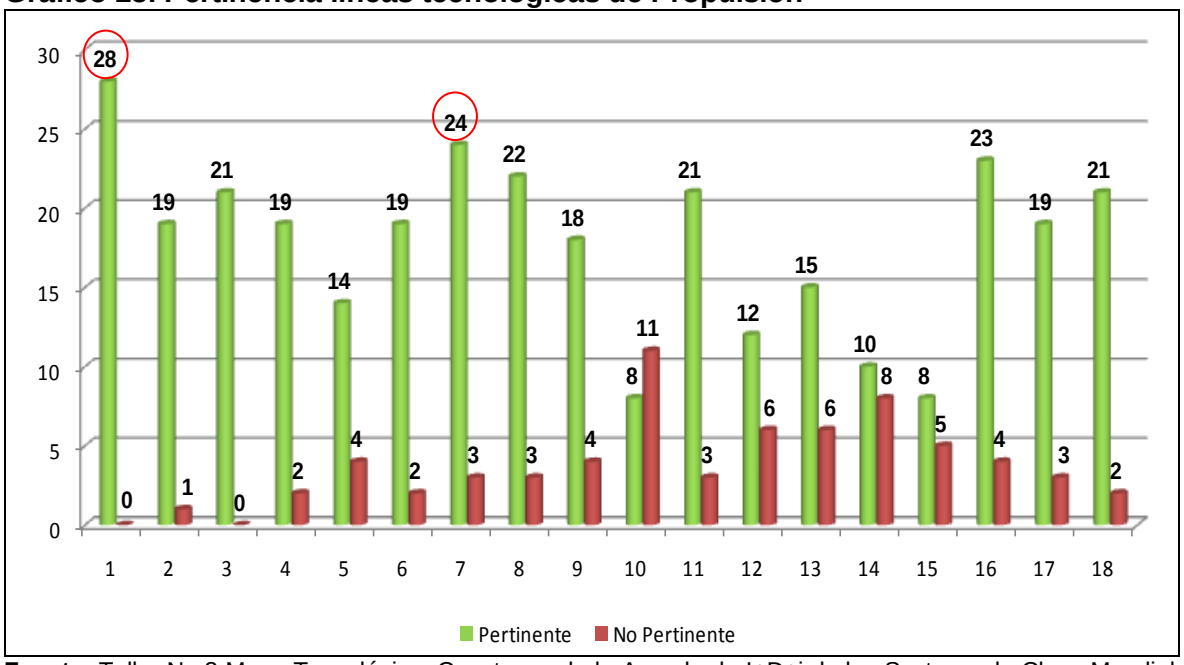
Fuente: Taller No.2 Mapa Tecnológico. Construyendo la Agenda de I+D+I de los Sectores de Clase Mundial. Industria Automotriz. Jornada de Trabajo 5 de agosto de 2011, Bogotá.

Las líneas tecnológicas ambientales más pertinentes en orden de priorización son las siguientes:

1. Tecnologías para mejorar la eficiencia del uso de la energía.
2. Materiales de reciclaje y reuso.
3. Desarrollo de catalizadores y filtros de partículas.
4. Tecnologías limpias implementadas en el proceso productivo.
5. Vehículos híbridos.
6. Tecnologías de gestión de los gases de escape.
7. Biocombustibles.
8. Sistemas integrados de transporte
9. Desarrollo y optimización de combustibles.
10. Pinturas respetuosas con el medio ambiente
11. Vehículos eléctricos de pila o celda de combustible
12. Biomateriales
13. Materiales biodegradables
14. Vehículos eléctricos de batería
15. Biopolímeros
16. Gas Natural Comprimido (CNG)
17. Gases licuados de petróleo (LNG)

Además también se indagó por las líneas tecnológicas más pertinentes del área de propulsión, que incluyen para el caso del Mapa Tecnológico Ambiental, las áreas de propulsión alternativa y combustibles alternativos. En el gráfico 25 se presenta la calificación de la pertinencia de las diferentes líneas tecnológicas.

Gráfico 25. Pertinencia líneas tecnológicas de Propulsión



Fuente: Taller No.2 Mapa Tecnológico. Construyendo la Agenda de I+D+i de los Sectores de Clase Mundial. Industria Automotriz. Jornada de Trabajo 5 de agosto de 2011, Bogotá.

1. Biocombustibles.
2. Biodiesel.
3. Bioetanol.
4. Gas Natural Comprimido (CNG).
5. Gases Licuados de Petróleo (LNG).
6. Hidrógeno.
7. Vehículos Híbridos.
8. Vehículos Eléctricos de Batería.
9. Vehículos Eléctricos de Pila o Celda de Combustible.
10. Vehículos de aire comprimido.
11. Motores de combustión flexible.
12. Tecnologías de control del ciclo de combustión.
13. Aplicaciones Avanzadas para el Control Electrónico del Motor (Detección, Actuadores y Gestión).
14. Desarrollo de Sistemas de Inyección Directa de Gasolina.
15. Tribología
16. Desarrollo y Optimización de Combustibles.
17. Tecnologías de Gestión de los Gases de Escape.
18. Desarrollo de Catalizadores y Filtros de Partículas.

De acuerdo con los resultados, se evidencia la necesidad que tiene la industria automotriz colombiana de mejorar la eficiencia del uso de la energía en sus procesos productivos, lo que en el mediano plazo contribuirá a la disminución de costos de producción y de paso, a un menor impacto ambiental. También se denota la importancia de los materiales de reciclaje y reuso, con el fin de disminuir la generación de residuos de la industria y aprovecharlos de una manera más eficiente. También se destaca dentro de la línea de

propulsión tradicional, el desarrollo de catalizadores y filtros de partículas que contribuirán a una menor contaminación ambiental por parte de los vehículos.

En general se observa que existe una gran preocupación por la implementación de combustibles alternativos como los biocombustibles, el Gas Natural y la optimización de los ya existentes como la gasolina. Con respecto a la línea tecnológica de propulsión alternativa, se destaca la importancia de desarrollar vehículos híbridos, Vehículos eléctricos de pila o celda de combustible y Vehículos eléctricos de batería.

De esta manera las cuatro líneas de investigación que quedaron priorizadas por los principales actores de la industria automotriz, y sobre las cuáles se aplicará el ejercicio de vigilancia tecnológica, que se presenta en el capítulo 8 son las siguientes:

- Tecnologías para mejorar el uso eficiente de la energía.
- Materiales de reciclaje y reuso.
- Biocombustibles
- Vehículos híbridos.

8. TENDENCIAS TECNOLÓGICAS

Este capítulo presenta los principales resultados del ejercicio de Vigilancia Tecnológica, aplicado a las cuatro líneas tecnológicas previamente priorizadas (denominadas focos de la VT) a partir del Mapa Tecnológico Global y el Mapa Tecnológico Ambiental de la Industria Automotriz.

Con este ejercicio se pretende brindar una visión general sobre la dinámica, las tendencias y el liderazgo internacional en investigación científica relacionado con las cuatro líneas tecnológicas, visto a través de la publicación de artículos científicos y patentes. Las líneas tecnológicas priorizadas son:

- Tecnologías para mejorar el uso eficiente de la energía.
- Materiales de reciclaje y reuso.
- Biocombustibles.
- Vehículos híbridos.

Para las cuatro líneas priorizadas se construyeron diferentes ecuaciones de búsqueda con la ayuda de operadores booleanos, motores de búsqueda y metabuscadores La información recolectada se almacenó de forma estructurada con la ayuda de bitácoras de búsqueda que permitieron la organización de la información para su posterior análisis, las cuales se presentan en el Anexo C.

La información se recolectó a partir de las bases de datos de artículos científicos: Scopus y Science Direct. Una vez elaboradas las ecuaciones de búsqueda se depuraron y procesaron los registros con el apoyo del software de minería de datos Vantage Point y el software de vigilancia tecnológica para la consulta de patentes Goldfire, los cuales permiten generar información valiosa y organizada para una adecuada toma de decisiones. En este punto se analizaron los resultados obtenidos a través de diferentes técnicas, como análisis cienciométrico, cruces de información científica y de patentes y mapas tecnológicos.

Los principales resultados del ejercicio de VT se presentan en gráficos que evidencian la dinámica y evolución en la publicación de artículos científicos y patentes. Los principales puntos identificados son:

- Dinámica de publicación y patentamiento: Evidencia el número de artículos y patentes publicadas en determinado período de tiempo.

- Principales países: Son los países que publican un mayor número de artículos y patentes, por lo cual se consideran líderes en el tema de investigación.

- Principales instituciones e inventores: Son las instituciones líderes que publican y patentan y se pueden considerar como aliados estratégicos.

- Principales temáticas: Indica dentro de cada línea de investigación, las principales temáticas y su dinámica de publicación en el tiempo.

- Mercados tecnológicos: Son las oficinas internacionales en donde se registran las patentes y que hacen referencia a los países en los cuales se tiene un interés especial en proteger las invenciones[196].

- Clasificación Internacional de Patentes CIP: Clasifica las patentes de acuerdo a las temáticas de la invención.

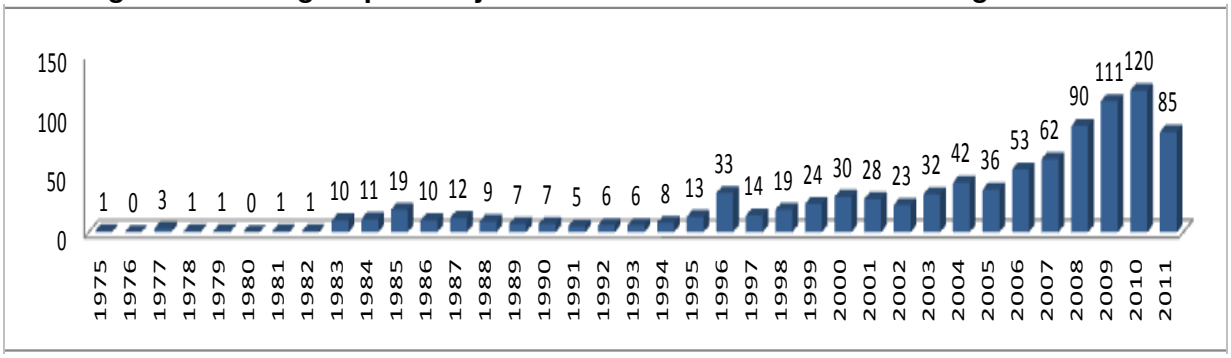
- Redes de Trabajo entre países, instituciones y temáticas: Muestra la articulación que existe entre temáticas, instituciones y países líderes.

A continuación se presentan los resultados del ejercicio de VT. En la primera parte, para cada línea tecnológica priorizada se muestran los resultados de manera gráfica y posteriormente se analizan los principales hallazgos en artículos científicos y patentes, se enuncian las tendencias representativas y se observa el trabajo en red realizado por las distintas empresas e instituciones involucradas en cada temática.

8.1 Tecnologías para mejorar la eficiencia del uso de la energía

8.1.1 Tendencias tecnológicas a partir del análisis de artículos científicos: Línea tecnológica: Tecnologías para mejorar la eficiencia del uso de la energía

Gráfico 26. Dinámica de Publicación de Artículos Científicos 1975-2011. Línea tecnológica: Tecnologías para mejorar la eficiencia del uso de la energía

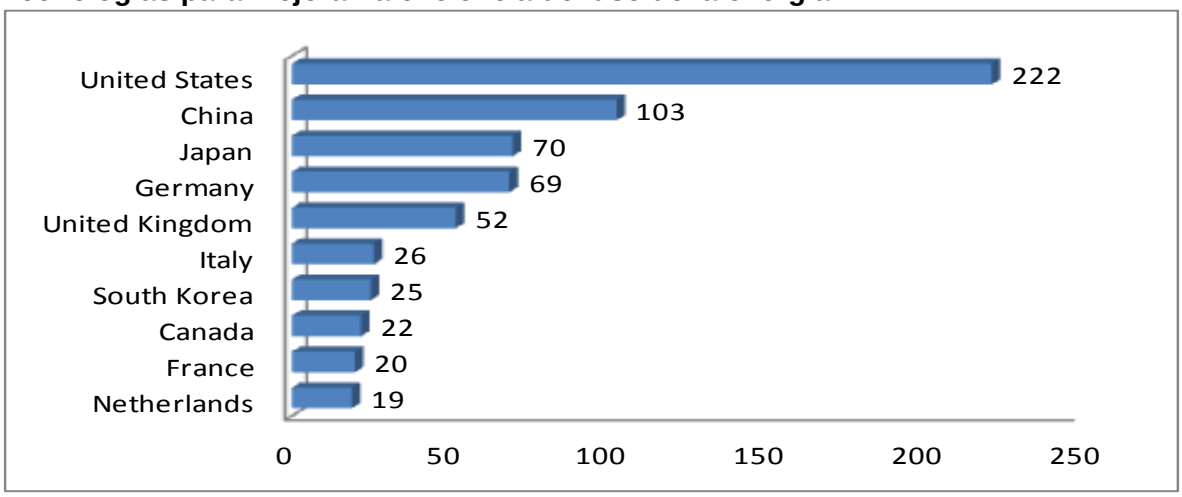


Fuente: Base de datos Scopus, consultada el 10 de noviembre de 2011, procesada en Vantage Point.

La dinámica de publicación de artículos científicos en esta línea se inició en 1975, pero fue en 1983 cuando el tema de la eficiencia en el uso de la energía tomó más fuerza pues se pasó de 1 artículo en 1982 a 10 artículos en 1983, la tendencia fue creciente hasta 1985 y comenzó a declinar manteniendo una dinámica limitada hasta 1994. Luego, toma un auge mucho más significativo desde 1995 hasta el punto de llegar a la publicación de 120 artículos en el 2010, concentrando el grueso de los artículos en los últimos 10 años.

[196] Las convenciones de las Oficinas de Patentes son: JP: Japón; US: Estados Unidos; EP: Europa; WO: WIPO; FR: Francia; GB: Gran Bretaña.

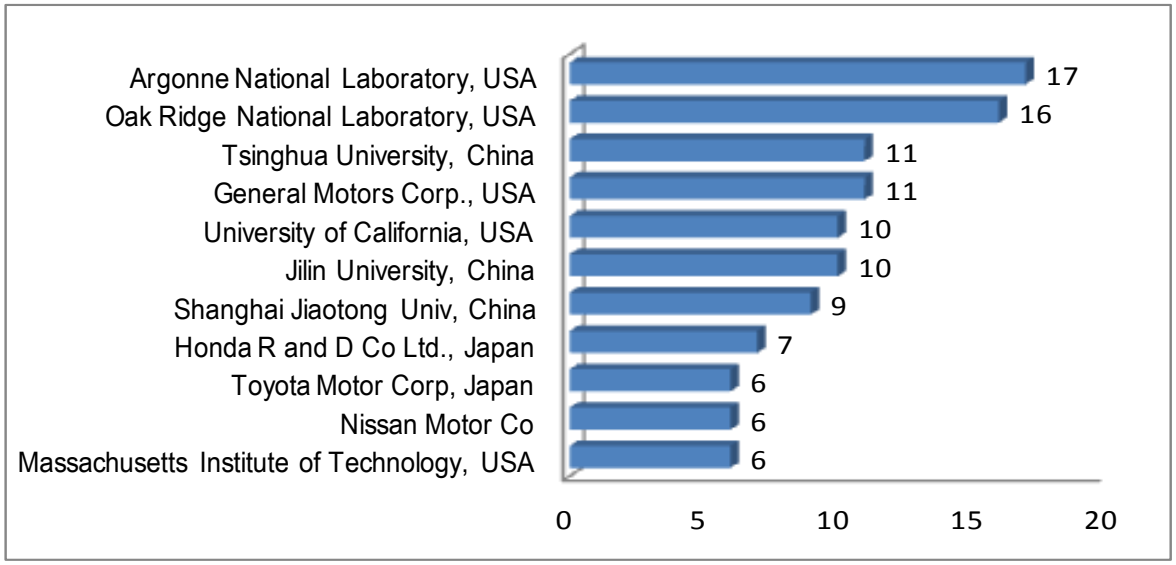
Gráfico 27. Países líderes en publicación de artículos científicos. Línea tecnológica: Tecnologías para mejorar la eficiencia del uso de la energía



Fuente: Base de datos Scopus, consultada el 10 de noviembre de 2011, procesada en Vantage Point.

El país líder en la publicación de artículos es Estados Unidos, con 222. China se ubica en el segundo lugar en la publicación de artículos (103), seguido por Japón y Alemania. Corea del Sur aparece nuevamente como uno de los líderes de participación menor, con 25 artículos.

Gráfico 28. Instituciones líderes en publicación de artículos científicos. Línea tecnológica: Tecnologías para mejorar la eficiencia del uso de la energía



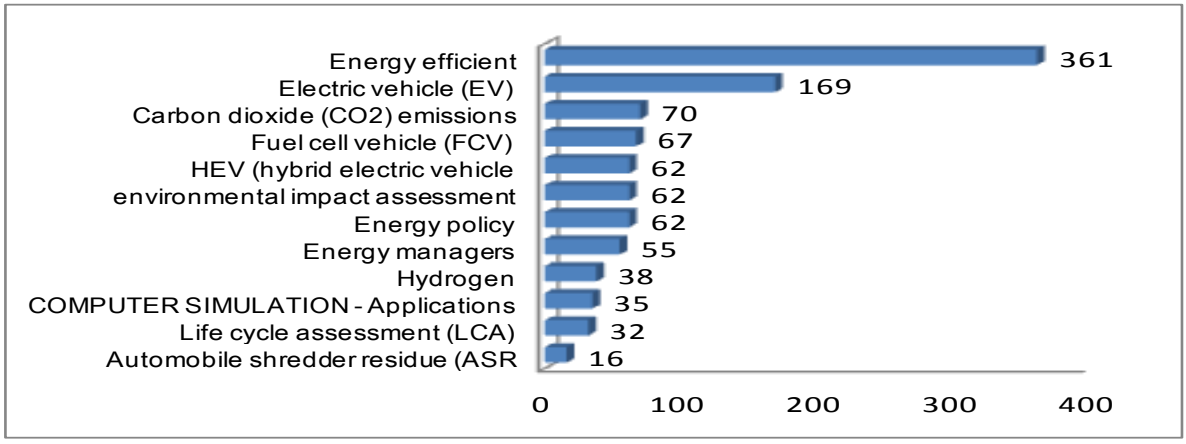
Fuente: Base de datos Scopus, consultada el 10 de noviembre de 2011, procesada en Vantage Point.

Las instituciones líderes en esta línea son esencialmente universidades y centros de investigación estadounidenses y chinos, como es el caso del Argonne National Laboratory, con 17 artículos. El laboratorio está asociado al Departamento de Energía de Estados Unidos y es administrado por la Universidad de Chicago, entre sus principales áreas de trabajo se encuentra el almacenamiento de energía, las energías alternativas, la

eficiencia energética y la energía nuclear. Le sigue, con 16 artículos, el Oak Ridge National Laboratory, con una situación similar al anterior, pues está igualmente asociado al Departamento de Energía de Estados Unidos y es administrado por una entidad en asocio con la Universidad de Tennessee.

Por su parte, las empresas líderes en la publicación de artículos (posiciones 8, 9 y 10) son fabricantes japonesas de vehículos, como Honda, Toyota Motor Corp y Nissan Motor Corp.

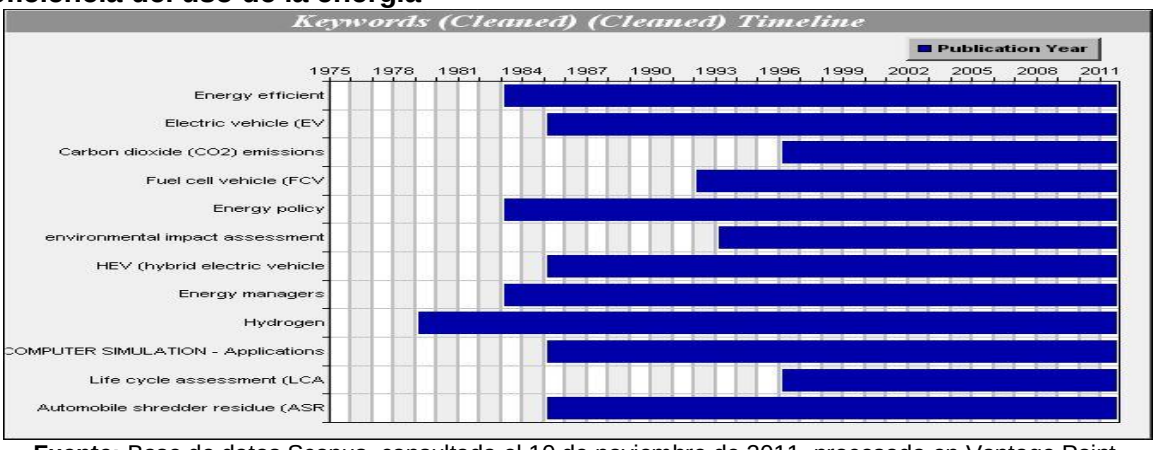
Gráfico 29. Temáticas Clave (Keywords). Línea tecnológica: Tecnologías para mejorar la eficiencia del uso de la energía



Fuente: Base de datos Scopus, consultada el 10 de noviembre de 2011, procesada en Vantage Point

Las temáticas claves que surgen de los artículos científicos se asocian en primer lugar al tema de la eficiencia energética como punto central. Le sigue un grupo de temas relacionado con la combustión alternativa a saber: los vehículos eléctricos, vehículos híbrido-eléctricos y con celdas de combustible. Otro grupo de temas relevantes son los asociados a la Gestión ambiental (evaluación de impactos, emisiones de CO2, políticas, análisis del ciclo de vida y residuos de la trituración de los vehículos).

Gráfico 30. Dinámica de Temáticas. Línea tecnológica: Tecnologías para mejorar la eficiencia del uso de la energía



Fuente: Base de datos Scopus, consultada el 10 de noviembre de 2011, procesada en Vantage Point.

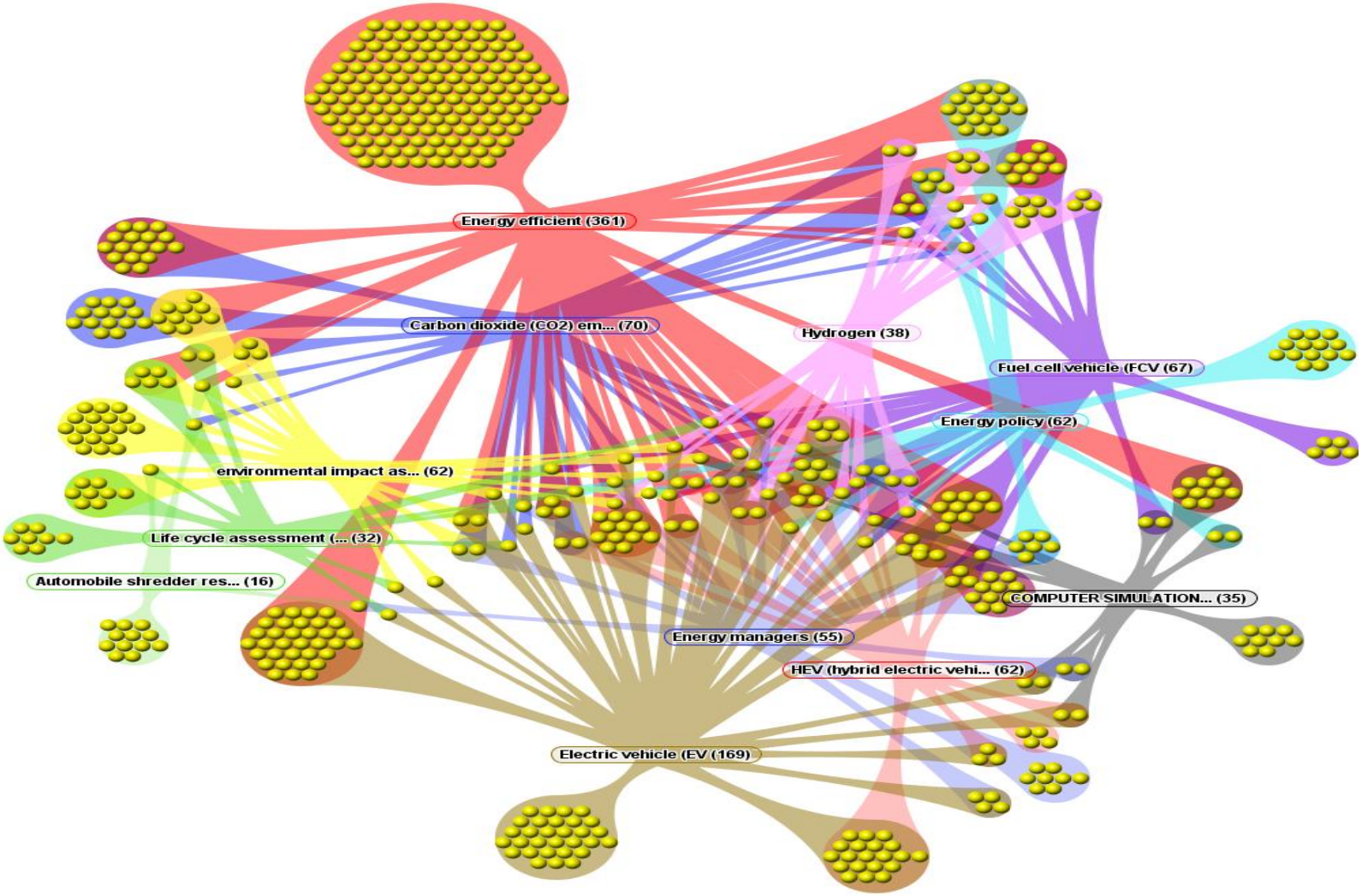
La evolución de las temáticas mencionadas, muestran que los temas de eficiencia y política están entre los más maduros, con publicaciones desde 1983. En 1985 se inician los temas sobre vehículos eléctricos e híbridos, y la trituración de residuos, así como la simulación por computador. Las temáticas más recientes surgen en los años 90, cuando toman más relevancia las preocupaciones ambientales, como las emisiones de CO2, análisis de impactos ambientales, análisis del ciclo de vida y celdas de combustible.

Trabajo en red. Línea tecnológica: Tecnologías para mejorar la eficiencia del uso de la energía

En los artículos científicos, la eficiencia energética se presenta como el tema central que vincula a los demás, sus relaciones más fuertes se dan con los temas de vehículos eléctricos (34 artículos), política energética (18 artículos) y emisiones de CO2 (17 artículos).

De otra parte, en la publicación de artículos científicos se muestran colaboraciones pequeñas entre Oak Ridge National Laboratory y Argonne National Laboratory, asociadas al Departamento de Energía de Estados Unidos. En conjunto han publicado 3 artículos. Estas dos instituciones también escribieron un artículo junto con la Universidad de California. De manera similar, dos de las empresas líderes de origen japonés también se vincularon para realizar un artículo, estas son Toyota Motor Corp y Honda Ltd.

Gráfico 31. Redes de investigación entre temáticas clave (Keywords) en artículos científicos. Línea tecnológica: Tecnologías para mejorar la eficiencia del uso de la energía



Fuente: Base de datos Scopus, consultada el 10 de noviembre de 2011, procesada en Vantage Point.

Gráfico 32. Redes de trabajo entre las instituciones líderes en la publicación de artículos científicos. Línea tecnológica: Tecnologías para mejorar la eficiencia del uso de la energía

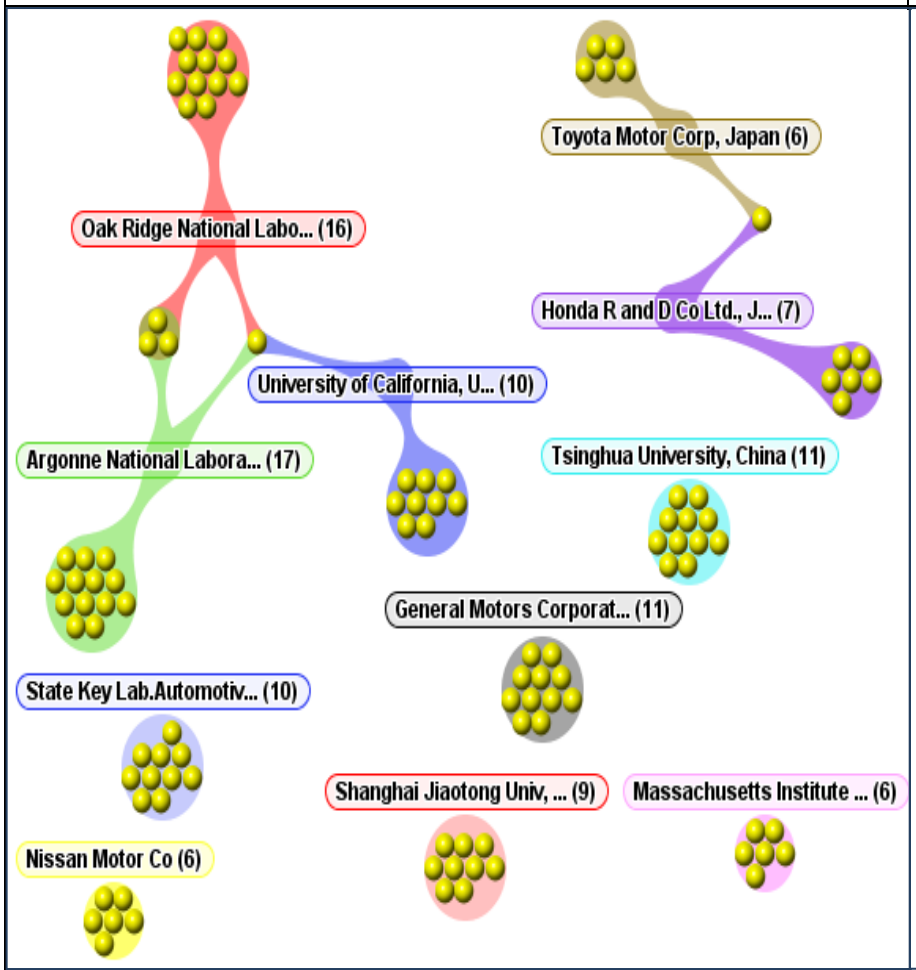
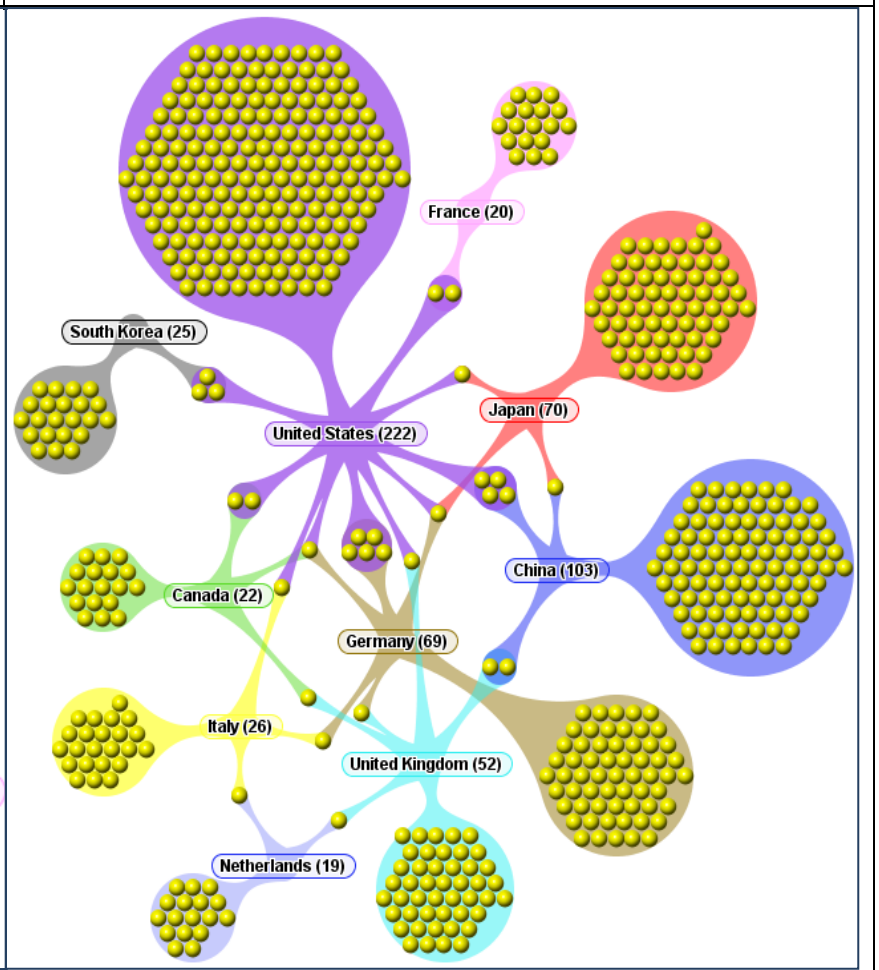


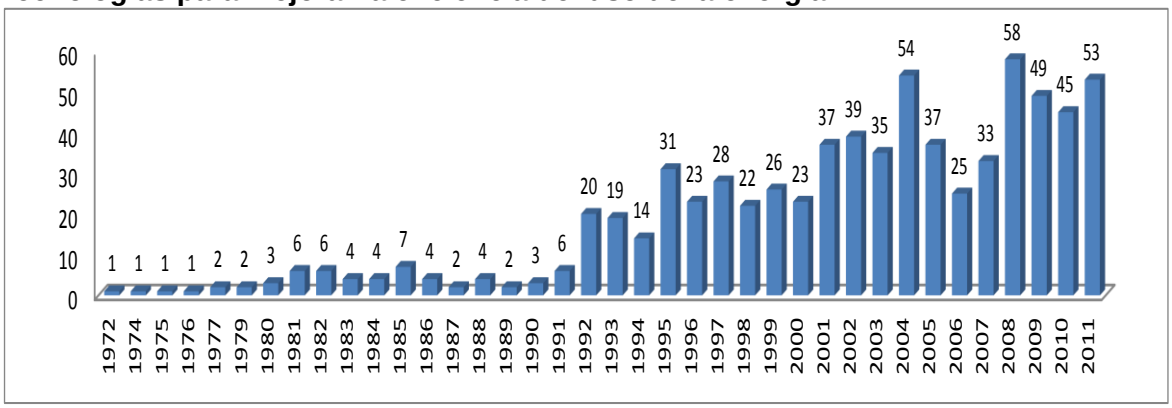
Gráfico 33. Redes de trabajo entre los países líderes en la publicación de artículos científicos. Línea tecnológica: Tecnologías para mejorar la eficiencia del uso de la energía



Fuente: Base de datos Scopus, consultada el 10 de noviembre de 2011, procesada en Vantage Point.

8.1.2 Tendencias tecnológicas a partir del análisis de patentes. Línea tecnológica: Tecnologías para mejorar la eficiencia del uso de la energía

Gráfico 34. Dinámica en Publicación de Patentes 1972-2011. Línea tecnológica: Tecnologías para mejorar la eficiencia del uso de la energía

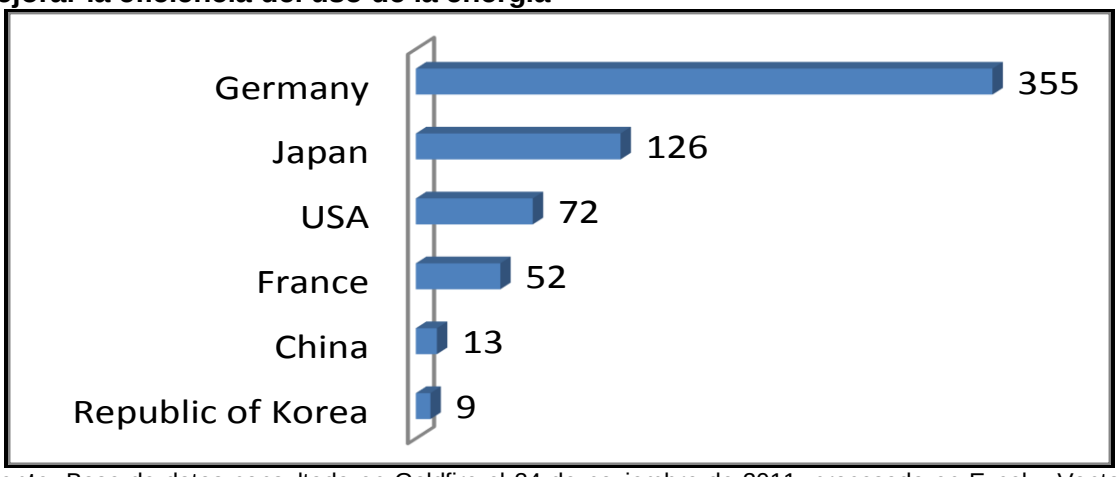


Fuente: Base de datos consultada en Goldfire el 24 de noviembre de 2011, procesada en Excel y Vantage Point.

La dinámica de patentamiento de la línea "Tecnologías para Mejorar la Eficiencia del uso de la Energía" se inicia en el año 1972, denotando aproximadamente 40 años de trayectoria de investigación en esta temática, con 730 patentes identificadas.

En este lapso se pueden distinguir claramente dos periodos: el primero, de 1972 a 1991, en el que se dio una actividad más pasiva concentrando sólo el 8% de las patentes en casi 20 años. El segundo periodo, de 1992 a 2011 se caracteriza por un gran dinamismo, publicando en promedio 33 patentes por año, con un máximo de 58 en el año 2008 y un leve declive a partir del 2009.

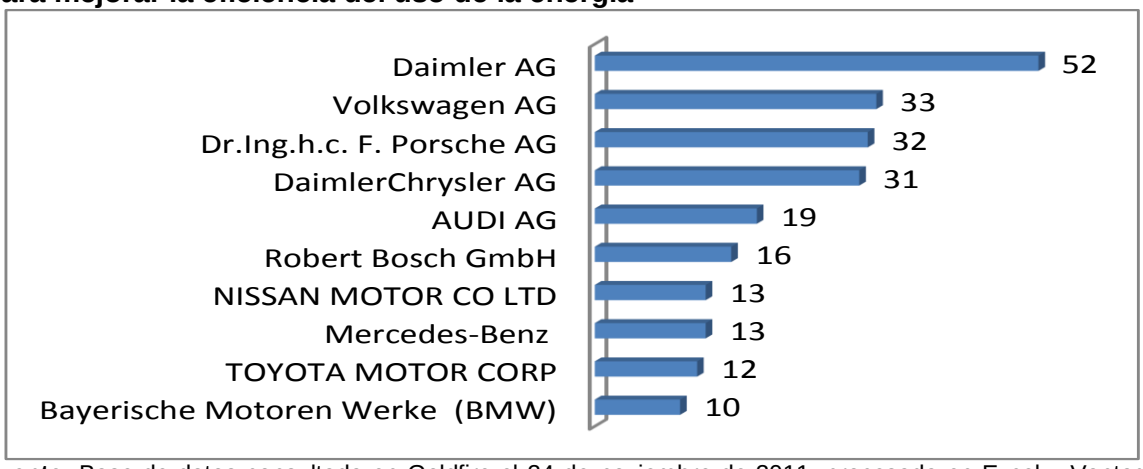
Gráfico 35. Países Líderes en Patentamiento. Línea tecnológica: Tecnologías para mejorar la eficiencia del uso de la energía



Fuente: Base de datos consultada en Goldfire el 24 de noviembre de 2011, procesada en Excel y Vantage Point.

Alemania se posiciona como el país líder con 355 patentes, superando ampliamente a Japón, Estados Unidos y Francia. En el quinto y sexto lugar aparecen países orientales de trayectoria reciente y una actividad de patentamiento mucho menor, pero no menos relevante, como son China y Corea del Sur.

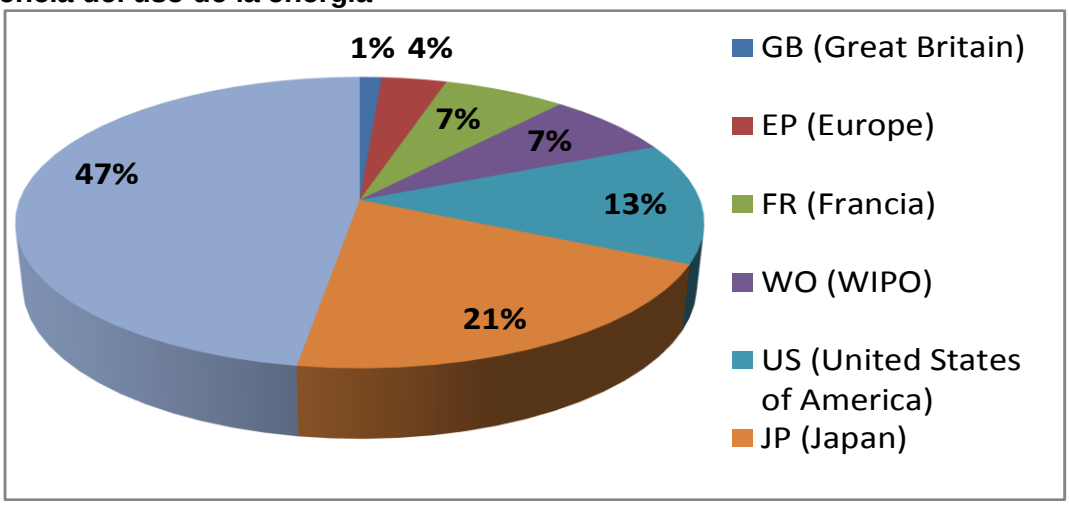
Gráfico 36. Instituciones líderes en patentamiento. Línea tecnológica: Tecnologías para mejorar la eficiencia del uso de la energía



Fuente: Base de datos consultada en Goldfire el 24 de noviembre de 2011, procesada en Excel y Vantage Point.

En esta línea, es muy notoria la participación de las grandes OEM como instituciones líderes, a excepción de la empresa Robert Bosh Gmbh, cuyo rol en la industria automotriz es de Tier 1. Las empresas líderes son en su mayoría alemanas, siendo Daimler AG la más activa, con 52 patentes en el periodo de estudio, seguida por Volkswagen AG y Porshe AG. En representación de Japón participan las empresas Nissan Motor Corp y Toyota Motor Corp.

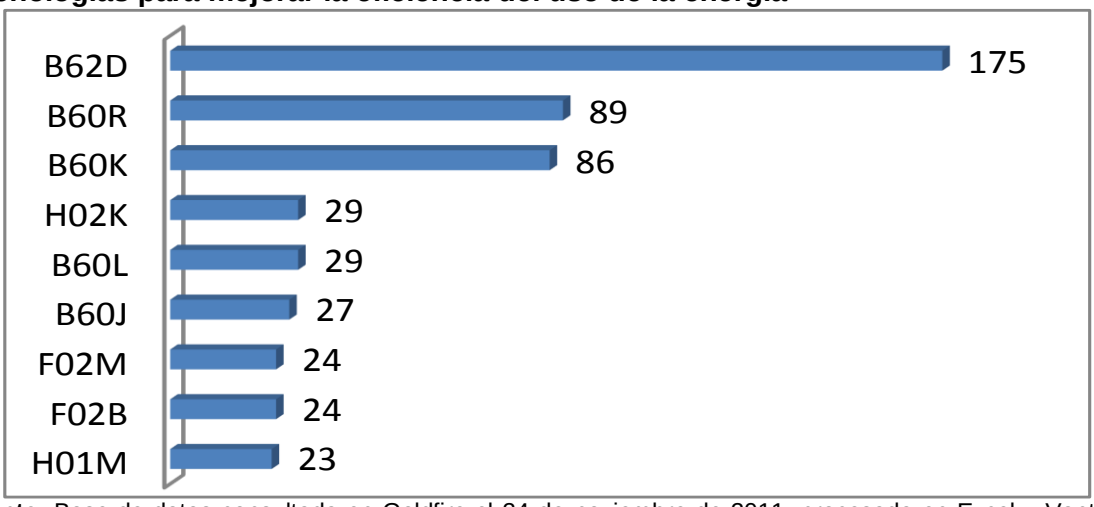
Gráfico 37. Mercados Tecnológicos. Línea tecnológica: Tecnologías para mejorar la eficiencia del uso de la energía



Fuente: Base de datos consultada en Goldfire el 24 de noviembre de 2011, procesada en Excel y Vantage Point.

En correspondencia con el liderazgo de los países en esta temática, los principales mercados tecnológicos en los cuales los empresarios desean proteger sus invenciones son en su orden la Oficina de Patentes Alemana, con el 47% de las patentes registradas, la Oficina Japonesa, con el 21% y la Oficina de Estados Unidos, con el 13%.

Gráfico 38. Clasificación Internacional de Patentes (CIP). Línea tecnológica: Tecnologías para mejorar la eficiencia del uso de la energía



Fuente: Base de datos consultada en Goldfire el 24 de noviembre de 2011, procesada en Excel y Vantage Point.

El Código Internacional de Patentes (CIP) permite reconocer las áreas en las cuales se asocia el uso de la energía con la industria automotriz. De esta manera, en el código B62D (Vehículos de motor; remolques) se ubican 175 patentes. También son muy utilizados en esta temática los códigos B60R (Vehículos, equipos o partes de vehículos, no previstos en otro lugar) y B60K (Disposiciones o montaje de conjuntos de propulsión o de transmisiones sobre vehículos; disposiciones o montaje de varios motores principales diferentes; accionamientos auxiliares; instrumentación o tableros de a bordo de vehículos; disposiciones de conjuntos de propulsión sobre vehículos, relativas a la refrigeración, a la admisión de aire, al escape de gases o a la alimentación de carburante), con 89 y 86 patentes respectivamente.

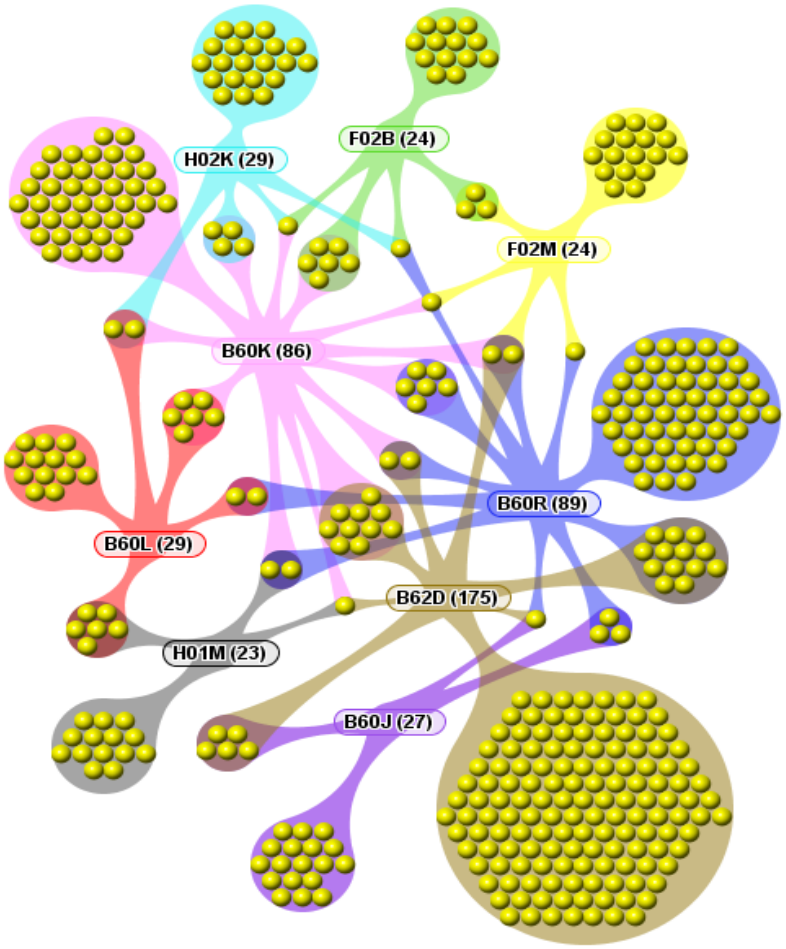
Los códigos siguientes tienen entre 23 y 29 patentes cada uno y se refieren primordialmente a distintas formas de utilización de energía en los vehículos, estos son:

- B60L Propulsión de vehículos propulsados eléctricamente.
- H02K Máquinas dinamoeléctricas.
- B60J Ventanas, parabrisas, techos amovibles, puertas o dispositivos similares para vehículos; cubiertas protectoras externas amovibles especialmente adaptadas a vehículos.
- F02B Motores de combustión interna de pistones; motores de combustión en general.
- F02M Alimentación en general de los motores de combustión con mezclas combustibles o constituyentes de las mismas.

- H01M Procedimientos o medios para la conversión directa de la energía química en energía eléctrica, p. ej. Baterías.

Trabajo en red

Gráfico 39. Articulación de los Códigos de la Clasificación Internacional de Patentes. Línea tecnológica: Tecnologías para mejorar la eficiencia del uso de la energía

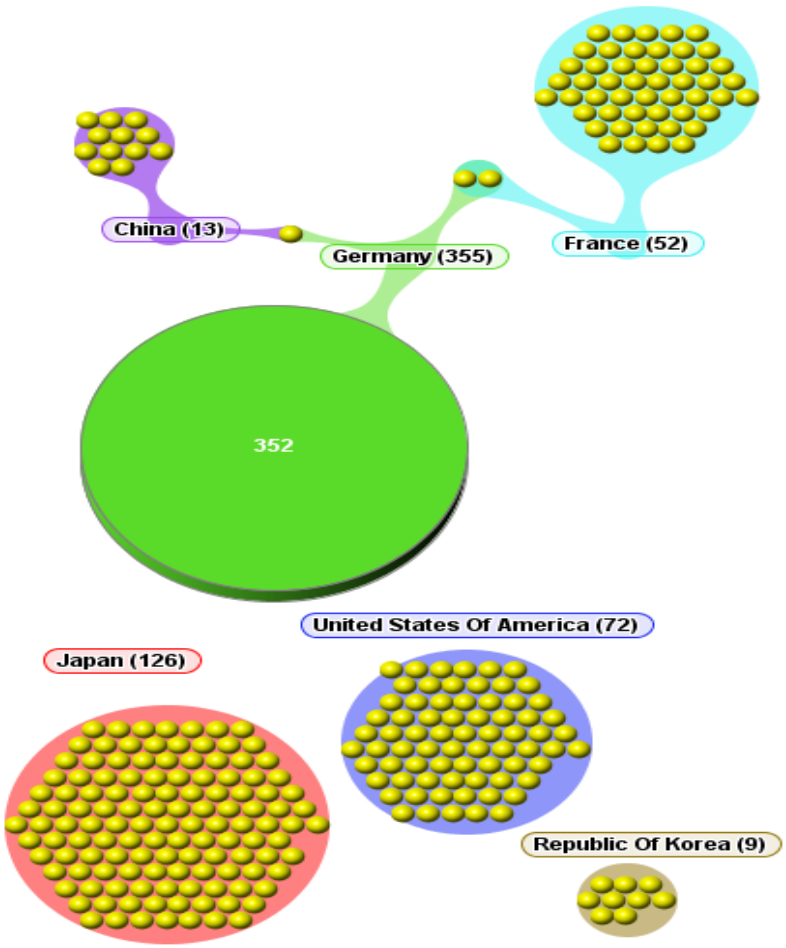


Fuente: Base de datos consultada en Goldfire el 24 de noviembre de 2011, procesada en Excel y Vantage Point.

Con respecto a las temáticas mostradas por los Códigos de la Clasificación Internacional de Patentes, aunque el código B62D (vehículos de motor y remolques) es el más utilizado, no es el que tiene mayor número de articulaciones con otros temas, su vinculación más importante es con el código B60R (Vehículos, equipos o partes de vehículos, no previstos en otro lugar, con 13 patentes) y B60K (10 patentes). Este último código es el que está más vinculado a otros temas, especialmente con B60R (relacionado

con temas de propulsión), B60L (propulsión de vehículos eléctricos) y F02B (motores de combustión interna), con 6 patentes cada uno.

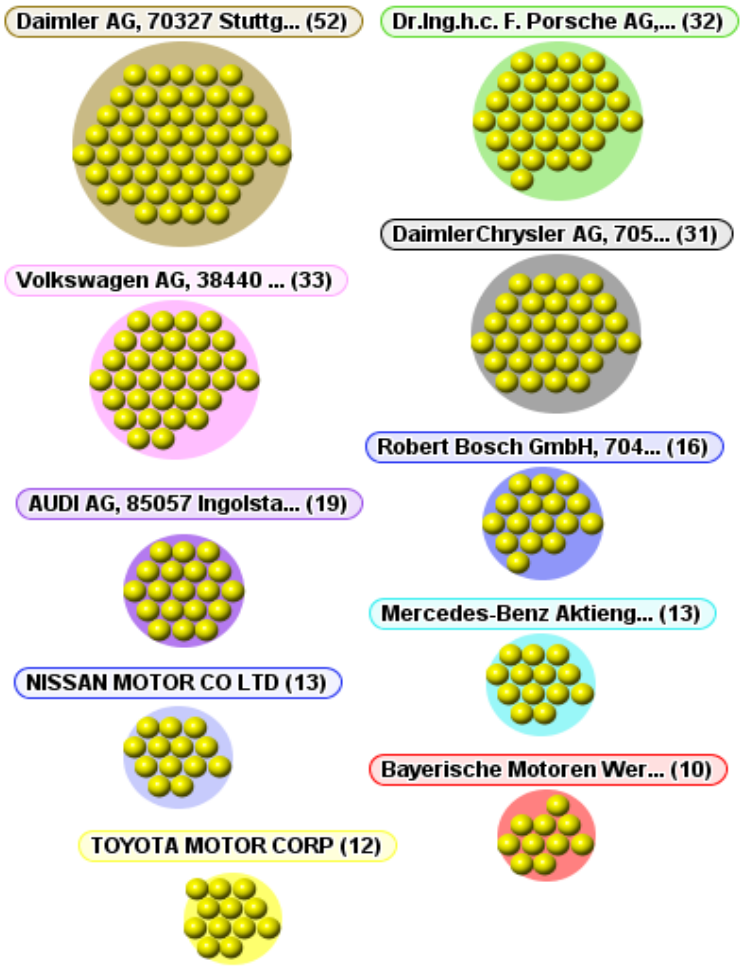
Gráfico 40. Redes de investigación entre países líderes en patentes. Línea tecnológica: Tecnologías para mejorar la eficiencia del uso de la energía



Fuente: Base de datos consultada en Goldfire el 24 de noviembre de 2011, procesada en Excel y Vantage Point.

En esta línea no se evidencian redes de investigación entre instituciones líderes para el desarrollo conjunto de patentes. El trabajo se realiza individualmente. En las redes por países se observa una colaboración mínima entre Alemania y Francia, con dos patentes, y Alemania y China, con una patente.

Gráfico 41. Redes de investigación entre instituciones líderes en patentes. Línea tecnológica: Tecnologías para mejorar la eficiencia del uso de la energía



Fuente: Base de datos consultada en Goldfire el 24 de noviembre de 2011, procesada en Excel y Vantage Point.

Tendencias representativas Línea tecnológica: Tecnologías para mejorar la eficiencia del uso de la energía

Los países líderes varían entre patentes y artículos. En el caso de las patentes, los países líderes son los que ostentan las más largas trayectorias en la industria automotriz global como Alemania, Japón y Estados Unidos, mientras que en el caso de la publicación de artículos China emerge con más fuerza, ubicándose en el segundo lugar. En ambos casos, empieza a notarse la participación de Corea, aunque aún un poco rezagada con respecto al primer lugar.

El liderazgo institucional también difiere si se habla de patentes o artículos. La dinámica de patentamiento está fuertemente concentrada en las grandes OEM, principalmente de

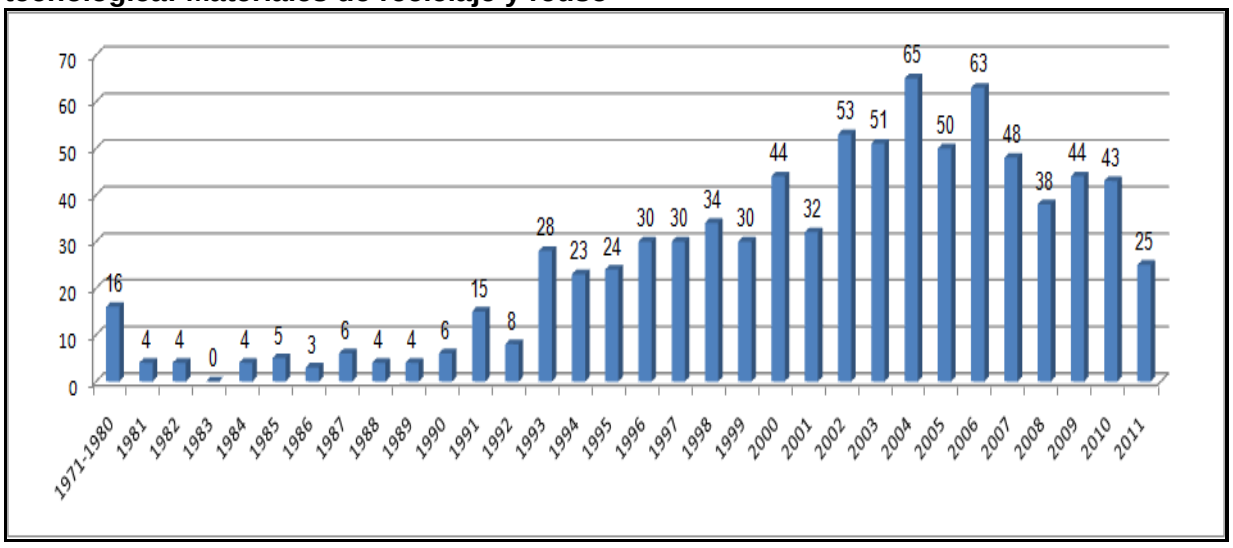
origen alemán. Sin embargo, en el caso de los artículos científicos las universidades y centros de investigación son los líderes, especialmente chinos y norteamericanos.

El tema de energía es complejo pues tiene un carácter transversal, se puede abarcar desde distintas ópticas como por ejemplo la reducción del uso de energía en el funcionamiento del vehículo, pero también la eficiencia energética en el proceso de fabricación de los materiales que lo conforman, las autopartes y en el proceso de ensamble como tal. Esto lo evidencian las temáticas dentro de las cuales se enmarcan tanto los artículos científicos como las patentes, ya que tocan diversos temas orientados hacia la propulsión alternativa, los impactos y políticas ambientales.

8.2 Línea tecnológica: Materiales de reciclaje y reuso

8.2.1 Tendencias tecnológicas a partir del análisis de artículos científicos. Línea tecnológica: Materiales de reciclaje y reuso

Gráfico 42. Dinámica en Publicación de Artículos Científicos 1971-2011. Línea tecnológica: Materiales de reciclaje y reuso

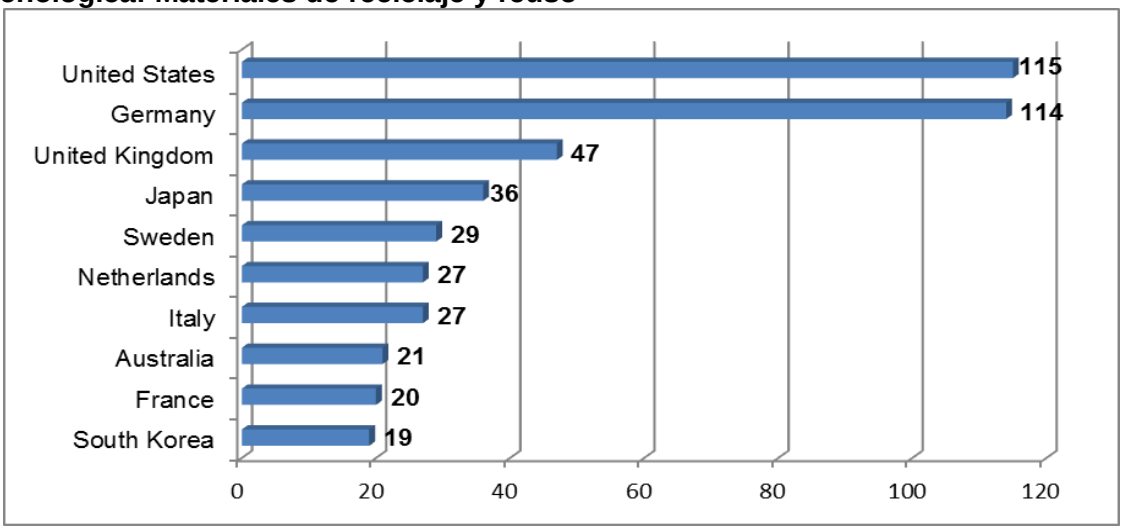


Fuente: Base de datos Scopus, consultada el 15 de noviembre de 2011, procesada en Vantage Point.

En la base de datos Scopus, se identificaron 834 artículos científicos relacionados con los materiales de reciclaje y resuso asociados a la industria automotriz en el período 1971-2011. La publicación de artículos científicos en esta temática, inició en el año 1971 con una dinámica de publicación baja que se mantuvo hasta el año 1992.

En el año 1993 el número de artículos científicos publicados aumentó considerablemente y esta tendencia que se mantuvo hasta el año 2006. El pico en el número de artículos publicados fue en el año 2004 con 65 artículos. A partir del año 2007 de disminuyó considerablemente el número de artículos publicados en la temática.

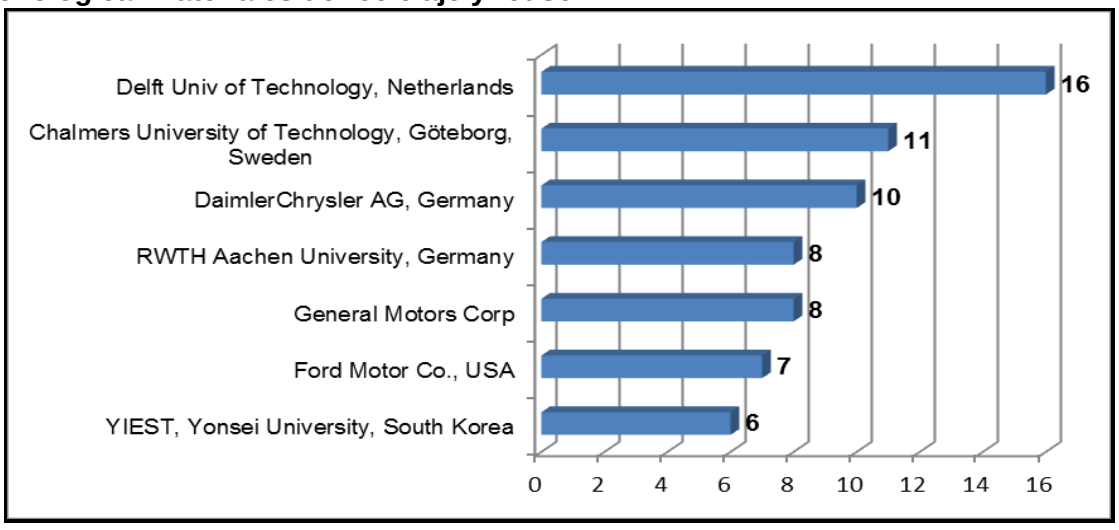
Gráfico 43. Países líderes en la publicación de artículos científicos. Línea tecnológica: Materiales de reciclaje y reuso



Fuente: Base de datos Scopus, consultada el 15 de noviembre de 2011, procesada en Vantage Point.

De los 50 países que han publicado artículos relacionados, los líderes son Estados Unidos y Alemania con 115 y 114 artículos publicados respectivamente. También se destacan aunque con un número menor de publicaciones, Reino Unido (47), Japón (36), Suecia (29), Holanda (27) e Italia (27). Corea del Sur aparece en el panorama con la publicación de 19 artículos científicos en el periodo de tiempo analizado.

Gráfico 44. Instituciones líderes en la publicación de artículos científicos. Línea tecnológica: Materiales de reciclaje y reuso

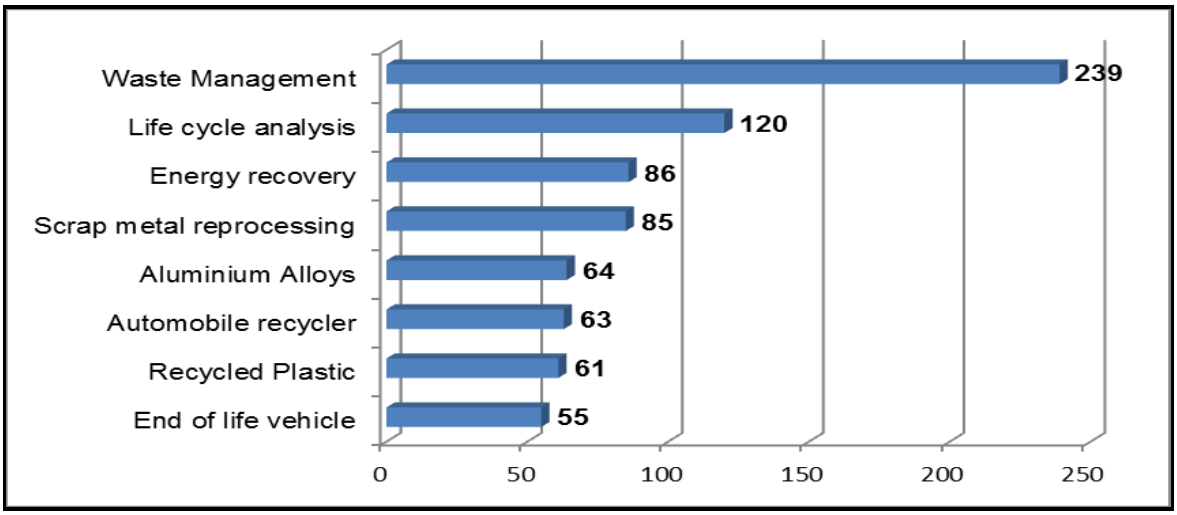


Fuente: Base de datos Scopus, consultada el 15 de noviembre de 2011, procesada en Vantage Point.

Con respecto a las instituciones, se evidencia el liderazgo de universidades europeas como Delft University of Technology de Holanda, Chalmers University of Technology de Suecia y RWTH Aachem University de Alemania y de la universidad YIEST Yonsei

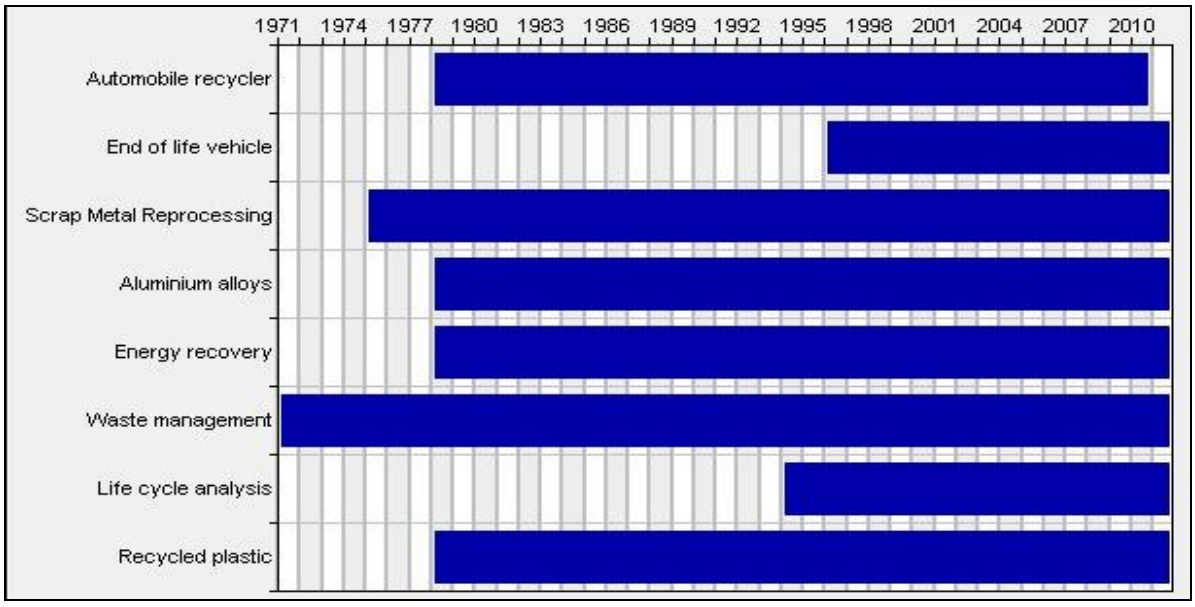
University de Corea del Sur. También se destacan grandes OEM como la alemana Daimler Chrysler y las estadounidenses General Motors y Ford. Esto indica que para las empresas automotrices, cada vez es más importante el uso de materiales de reciclaje y resuso en sus procesos productivos.

Gráfico 45. Temáticas Clave (Keywords). Línea tecnológica: Materiales de reciclaje y reuso



Fuente: Base de datos Scopus, consultada el 15 de noviembre de 2011, procesada en Vantage Point.

Gráfico 46. Dinámica de Temáticas. Línea tecnológica: Materiales de reciclaje y reuso



Fuente: Base de datos Scopus, consultada el 15 de noviembre de 2011, procesada en Vantage Point.

Con respecto a las temáticas identificadas a través de las palabras clave y la dinámica de su publicación, se destaca la temática Gestión de residuos en la cual se ha venido

escribiendo desde el año 1971 (239 artículos publicados en el período de análisis), lo que evidencia que la problemática de los residuos asociados a la industria automotriz y la necesidad de encontrar mecanismos eficientes para su disposición final, data de tiempo atrás. También es muy importante la temática del análisis del ciclo de vida (120 artículos publicados desde 1994), la cual es una herramienta fundamental para estudiar los procesos productivos asociados a la industria automotriz y buscar alternativas para minimizar los impactos y la contaminación de sus residuos en el medio ambiente. Se destaca como temática emergente el término *End of Life Vehicle* (55 artículos publicados desde 1996) que se relaciona con el tratamiento de los vehículos automotores que llegan al final de su vida útil, particularmente con el reciclaje que se debe aplicar a los restos de los vehículos que son altamente contaminantes.

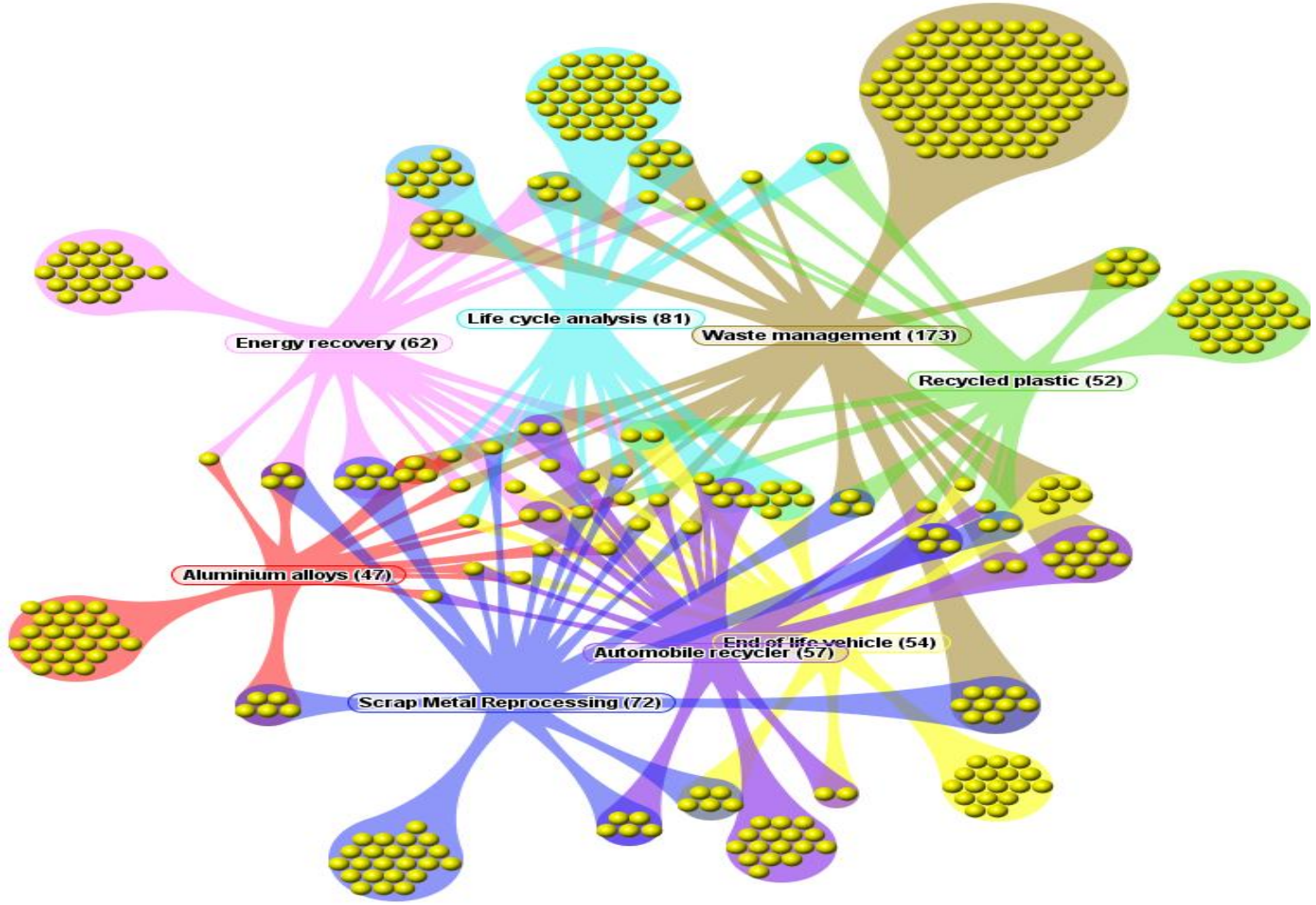
Trabajo en red. Línea tecnológica: Materiales de reciclaje y reuso

Al analizar las relaciones que existen entre las diferentes temáticas analizadas, se observa que existe una alta interrelación entre estas (Ver gráfico 47). Particularmente, la gestión de residuos es la que tiene mayor número de relaciones entre las temáticas. También se destaca el análisis del ciclo de vida, el reciclaje de vehículos y el fin de la vida de los vehículos como temáticas altamente relacionadas.

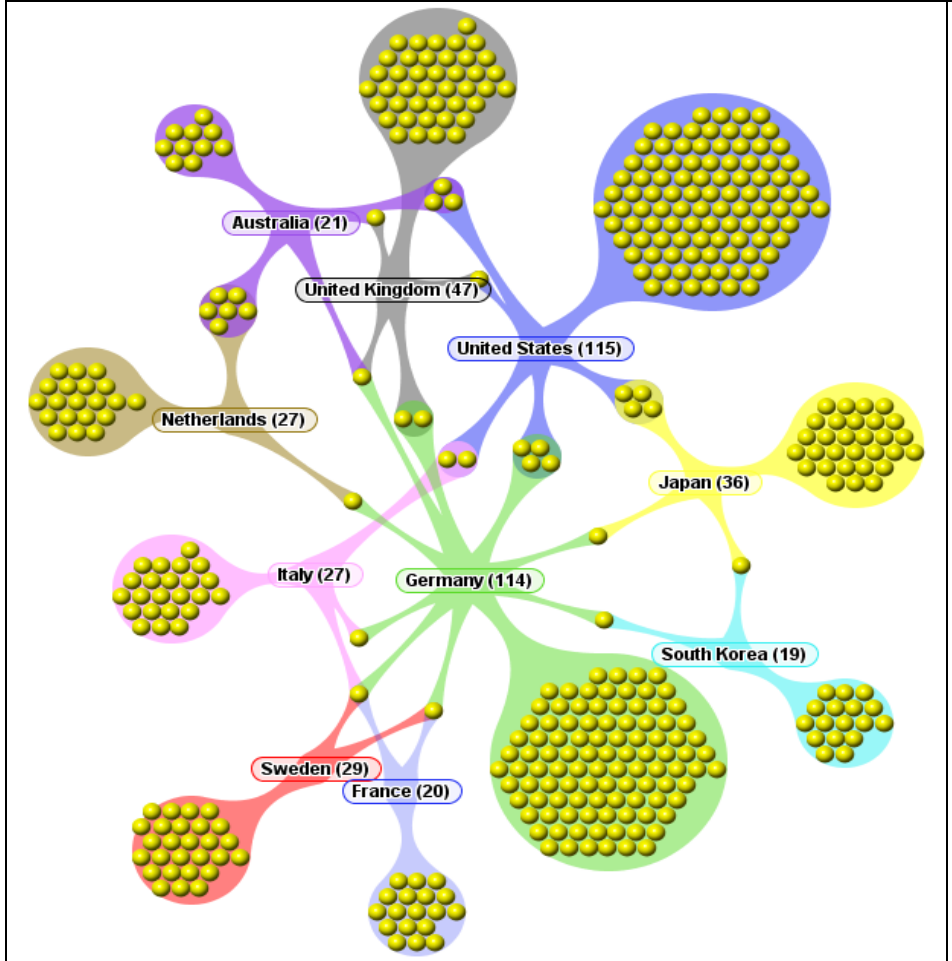
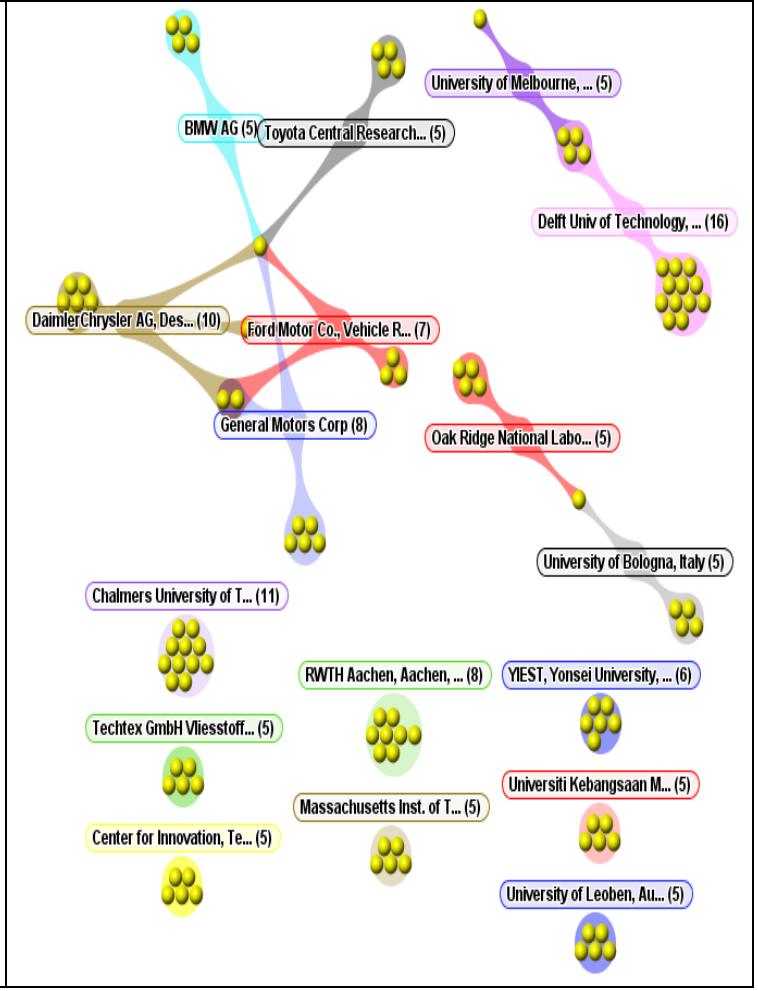
Las redes de investigación relacionadas con la publicación de artículos científicos entre países, aunque no son tan fuertes, si se evidencia que existe investigación conjunta, y se destaca el trabajo en red que realiza Estados Unidos con Japón, Alemania, Italia y Australia. También cabe mencionar a Alemania que trabaja en articulación con Japón, Estados Unidos, Francia, Suecia y Reino Unido (Ver gráfico 48).

Con respecto a las instituciones que publican artículos científicos se destacan los artículos en común entre grandes OEM de la industria automotriz como Toyota, BMW, Ford, General Motors y Daimler Chrysler. Sin embargo, se evidencia que existe poca articulación entre universidades y empresas, e incluso muchas universidades que se consideran como líderes, publican de manera aislada como es el caso de Chalmers University of Technology, RWTH Aachen de Alemania y YIEST Yonsei University de Corea del Sur. Se resalta el trabajo conjunto entre Delf University of Technology y University of Melbourne con la publicación de cuatro artículos (Ver gráfico 49).

Gráfico 47. Redes de investigación temáticas de artículos científicos. Línea tecnológica: Materiales de reciclaje y reuso



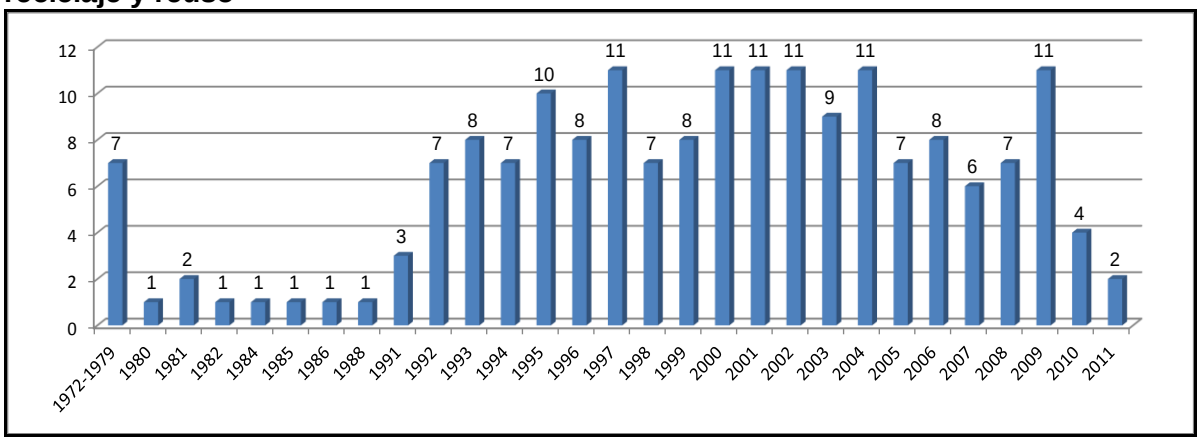
Fuente: Base de datos Scopus, consultada el 15 de noviembre de 2011, procesada en Vantage Point.

Gráfico 48. Redes de Investigación entre países líderes en publicación de artículos científicos. Línea tecnológica: Materiales de reciclaje y reuso	Gráfico 49. Redes de investigación entre instituciones líderes en publicación de artículos científicos. Línea tecnológica: Materiales de reciclaje y reuso
	

Fuente: Base de datos Scopus, consultada el 15 de noviembre de 2011, procesada en Vantage Point.

8.2.2 Tendencias tecnológicas a partir del análisis de patentes. Línea tecnológica: Materiales de reciclaje y reuso

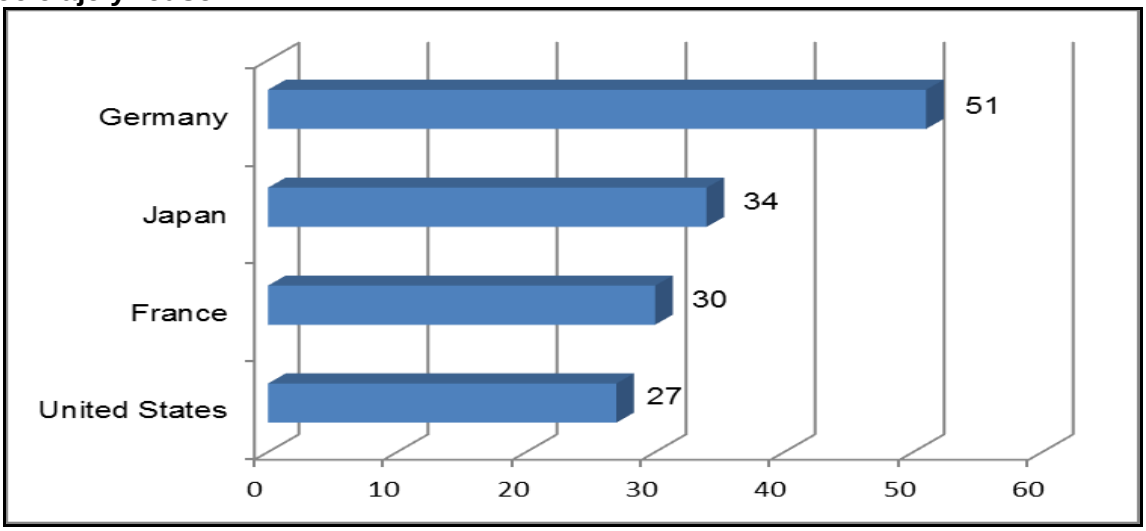
Gráfico 50. Dinámica de Patentamiento 1972-2011. Línea tecnológica: Materiales de reciclaje y reuso



Fuente: Base de datos consultada en Goldfire el 20 de noviembre de 2011, procesada en Excel y Vantage Point.

Se identificaron 184 patentes relacionadas con los materiales de reciclaje y reuso asociados a la industria automotriz. La publicación de patentes inició en el año 1972 y hasta el año 1991 tuvo bajo niveles de patentamiento. En el período 1992-2009 el nivel de patentamiento aumenta respecto al período anterior y se mantiene constante en un promedio de 10 patentes por año. En los años 2010 y 2011 el número de patentes publicadas baja considerablemente.

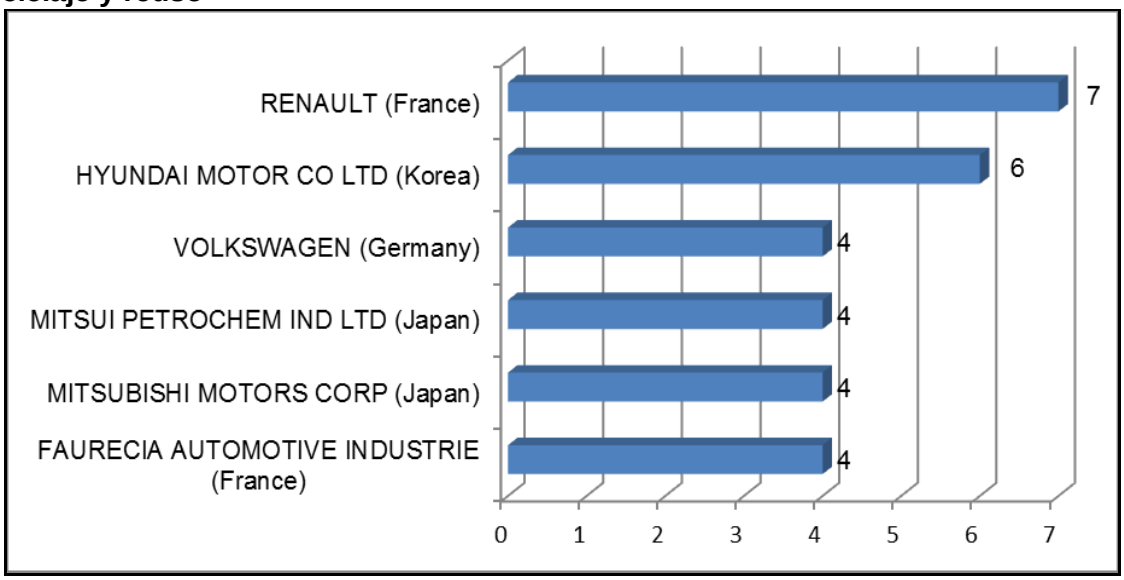
Gráfico 51. Países líderes en patentamiento. Línea tecnológica: Materiales de reciclaje y reuso



Fuente: Base de datos consultada en Goldfire el 20 de noviembre de 2011, procesada en Excel y Vantage Point.

De los 15 países que han publicado patentes, los países líderes en patentamiento son en su orden: Alemania, Japón, Francia y Estados Unidos. Estos países también son líderes en la publicación de artículos científicos.

Gráfico 52. Instituciones líderes en patentamiento. Línea tecnológica: Materiales de reciclaje y reuso



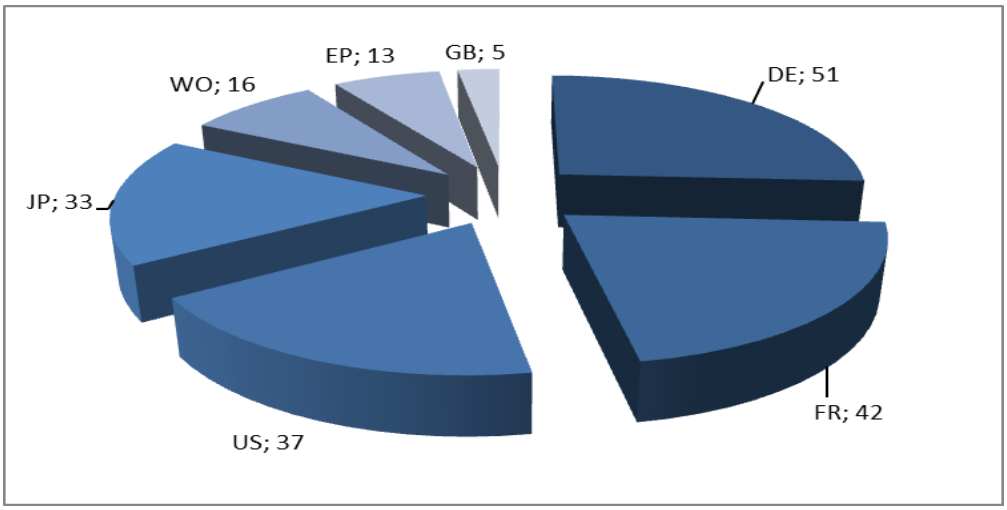
Fuente: Base de datos consultada en Goldfire el 20 de noviembre de 2011, procesada en Excel y Vantage Point.

Con respecto a las instituciones, se destaca el liderazgo de empresas automotrices de talla mundial como Renault, Hyundai y Mitsubishi, lo que indica que para estas grandes OEM es muy importante la incorporación de materiales de reciclaje y reuso en la industria automotriz.

También se destacan empresas relacionadas con la Petroquímica como la firma japonesa Mitsui Petrochem, la cual es una importante empresa proveedora de especialidades químicas, plásticos y materiales de valor agregado para los mercados automovilísticos.

Igualmente, se encuentra entre las empresas líderes, la firma francesa Faurecia Automotive Industrie, que es una empresa especialista en el diseño y fabricación de soluciones para la industria automotriz como asientos para automóviles, tecnologías de control de emisiones y sistemas interiores y exteriores de los vehículos.

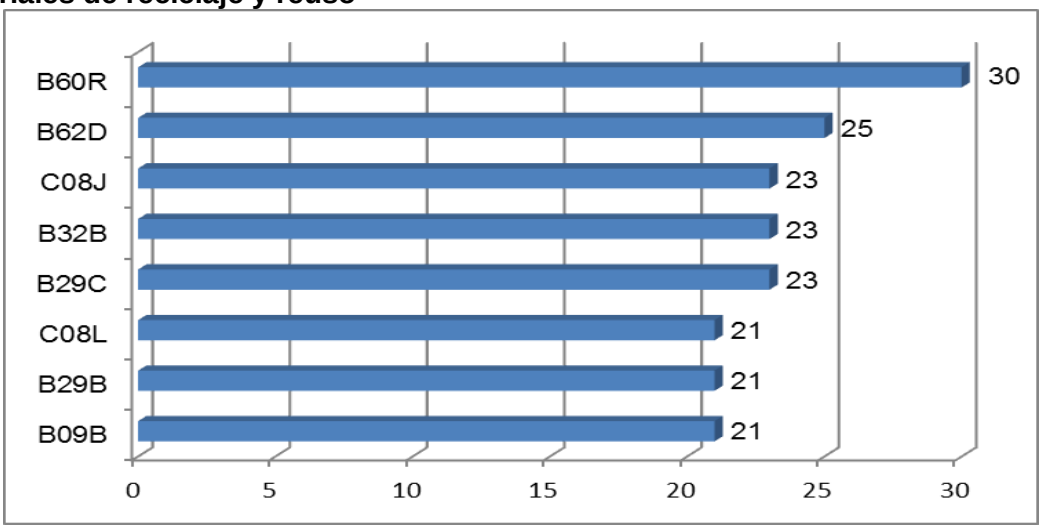
Gráfico 53. Mercados Tecnológicos. Línea tecnológica: Materiales de reciclaje y reuso



Fuente: Base de datos consultada en Goldfire el 20 de noviembre de 2011, procesada en Excel y Vantage Point.

Con respecto a las oficinas donde se realizan las solicitudes de patentes, el liderazgo la tiene la oficina alemana, seguida de la francesa, la estadounidense y la japonesa, lo que indica que los países líderes protegen sus invenciones en sus propios países y en los países donde se localizan empresas de la competencia.

Gráfico 54. Clasificación Internacional de Patentes (IPC). Línea tecnológica: Materiales de reciclaje y reuso



Fuente: Base de datos consultada en Goldfire el 20 de noviembre de 2011, procesada en Excel y Vantage Point.

De acuerdo con la Clasificación Internacional de Patentes, la sección en la que más se patenta es la B, que corresponde a técnicas industriales diversas; transporte. El código en donde más se patentó es el B60R que corresponde a “vehículos, equipos o partes para vehículos, no previstos en otro lugar”. Le sigue el código B62D que corresponde a

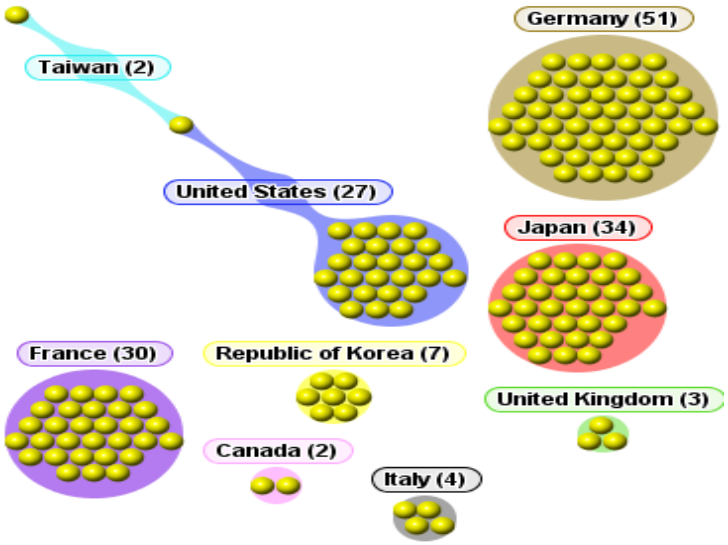
“vehículos de motor; remolques”. También se destaca el código C08J que corresponde a “producción; procesos generales para formar mezclas”. Los siguientes códigos de patentes tienen entre 21 y 23 patentes, las cuales están altamente relacionadas con el manejo y recuperación de desechos de la industria automotriz. El significado de los códigos CIP se presenta a continuación:

- B32B: Productos estratificados, es decir hechos de varias capas de forma plana o no plana.
- B29C: Conformación o unión de materias plásticas; conformación o unión de sustancias en estado plástico en general; postratamiento de productos conformados, por ejemplo: reparación.
- C08L: Composiciones de compuestos macromoleculares (composiciones basadas en pinturas, tintas, barnices, colorantes, pulimentos, adhesivos, filamentos o fibras artificiales, composiciones para el tratamiento de textiles)
- B29B: Preparación o pretratamiento de materias a conformar; fabricación de granulos o de preformas; recuperación de las materias plásticas o de otros constituyentes de materiales de desecho que contienen materias plásticas.
- B09B: Eliminación de desechos sólidos.

Trabajo en red. Línea tecnológica: Materiales de reciclaje y reuso

Con respecto al trabajo en red, se muestra que es prácticamente inexistente la publicación conjunta de patentes en la temática de materiales de reciclaje y reuso, lo que evidencia que los países que han patentado no trabajan articuladamente y solo se ha realizado una patente conjunta entre Estados Unidos y Taiwán, como se observa en el siguiente gráfico.

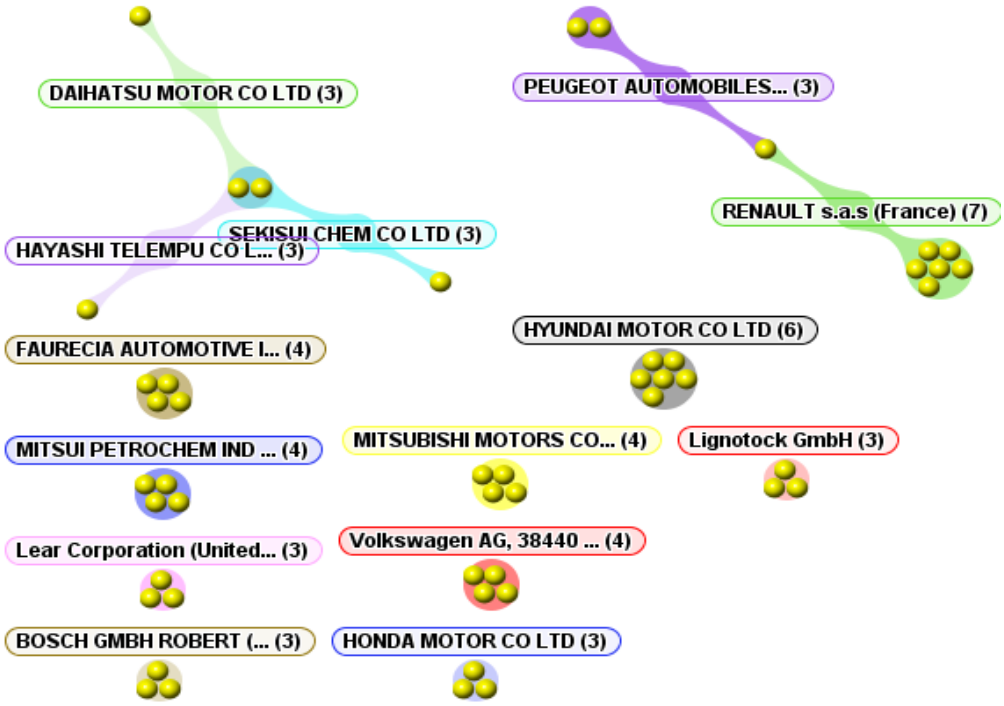
Gráfico 55. Redes de investigación entre países líderes en publicación de patentes. Línea tecnológica: Materiales de reciclaje y reuso



Fuente: Base de datos consultada en Goldfire el 20 de noviembre de 2011, procesada en Excel y Vantage Point.

Al analizar las redes de trabajo entre las instituciones que han patentado, se destaca una patente conjunta entre las OEM francesas Peugeot y Renault. También se resaltan dos patentes conjuntas entre las firmas japonesas Daihatsu, Hayashi y Sekisui Chem Co.

Gráfico 56. Redes de Investigación entre Instituciones Líderes en Publicación de Patentes



Fuente: Base de datos consultada en Goldfire el 20 de noviembre de 2011, procesada en Excel y Vantage Point.

Tendencias representativas Línea tecnológica: Materiales de reciclaje y reuso

Los países que se consideran líderes tanto en la publicación de artículos científicos como de patentes son: Estados Unidos, Alemania, Japón y Francia. En la publicación de artículos se destaca el liderazgo de países europeos como el Reino Unido, Suecia, Holanda e Italia y la presencia de Corea del Sur.

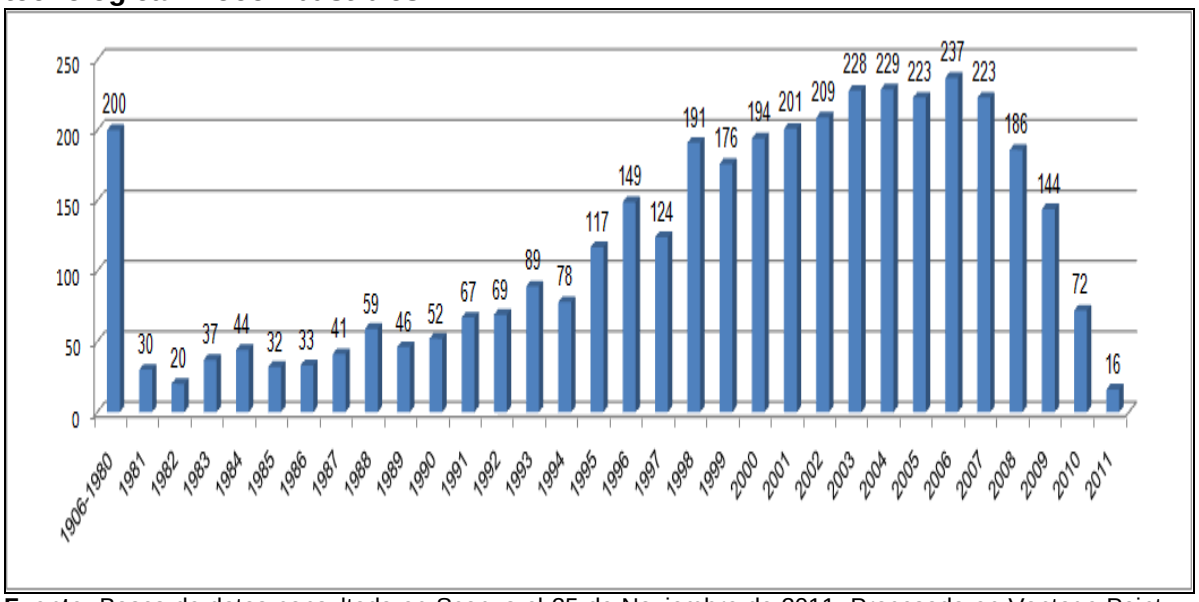
El liderazgo institucional es diferente entre las patentes y los artículos científicos. La dinámica de patentamiento se concentra en grandes OEM como Renault, Hyundai, Volkswagen y Mitsubishi. En el caso de los artículos científicos las universidades son las líderes, aunque también aparecen OEM como Daimler Chrysler, General Motors y Ford.

Las temáticas relacionadas con los materiales de reciclaje y reuso están asociadas a temas transversales como el análisis del ciclo de vida, la gestión de residuos y el reciclaje y fin de la vida del vehículo. Estas temáticas también se presentan en los Códigos Internacionales de Patentes, aunque en esta parte se ven más relacionados con los procesos industriales que permiten la reutilización de los diferentes materiales y desechos de la industria automotriz.

8.3 Línea tecnológica: Biocombustibles

8.3.1 Tendencias tecnológicas a partir del análisis de artículos científicos. Línea tecnológica: Biocombustibles

Gráfico 57. Dinámica de publicación de artículos científicos 1906-2011. Línea tecnológica: Biocombustibles



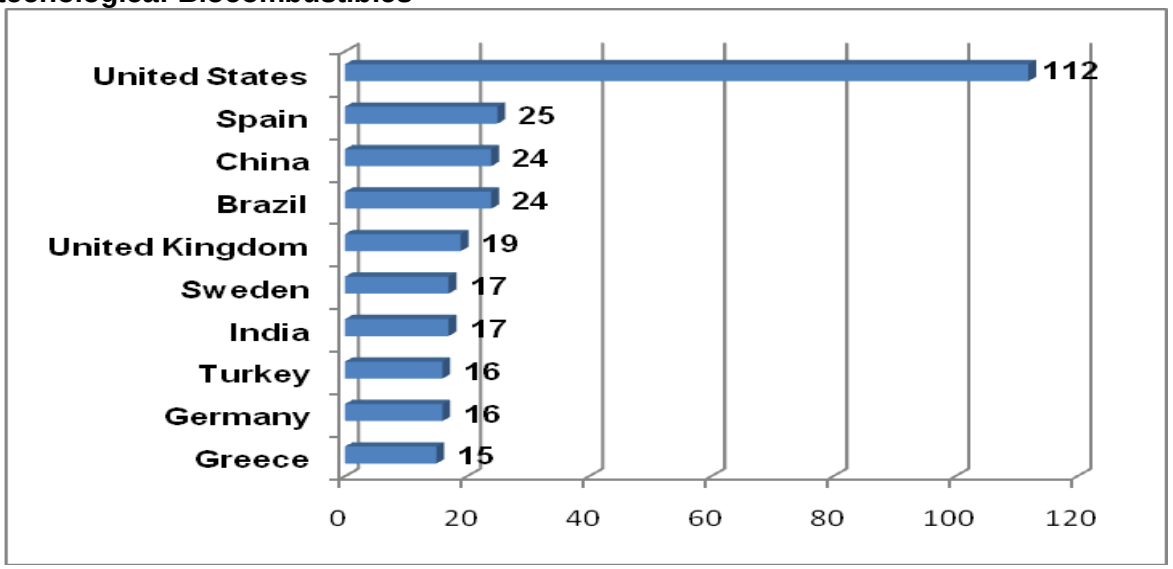
Fuente: Bases de datos consultada en Scopus el 25 de Noviembre de 2011. Procesada en Vantage Point y Excel.

La publicación de artículos científicos que relacionan los biocombustibles con la industria automotriz presenta una dinámica interesante. La búsqueda permitió identificar 450 artículos relacionados.

La dinámica de publicación comienza desde el año 1906. A partir de este año y hasta 1980 la publicación es incipiente con menos de 20 artículos por año. A partir de 1981 se observa una dinámica creciente en la publicación que va hasta el año 2008 y alcanza su pico más alto en el año 2006 con 237 patentes. A partir del año 2008 aunque existe una dinámica estable, el número de publicaciones empieza a descender considerablemente.

El país líder en publicación de artículos científicos es Estados Unidos con 112 patentes. Le siguen con un amplio margen España, China y Brasil. Este último país se destaca como el único país latinoamericano líder en la publicación de esta temática, lo cual es el resultado del desarrollo tan importante de los biocombustibles y de su aplicación en la industria automotriz como es el caso de la implementación de los motores de combustión flexible en un gran porcentaje de sus vehículos (Ver gráfico 58).

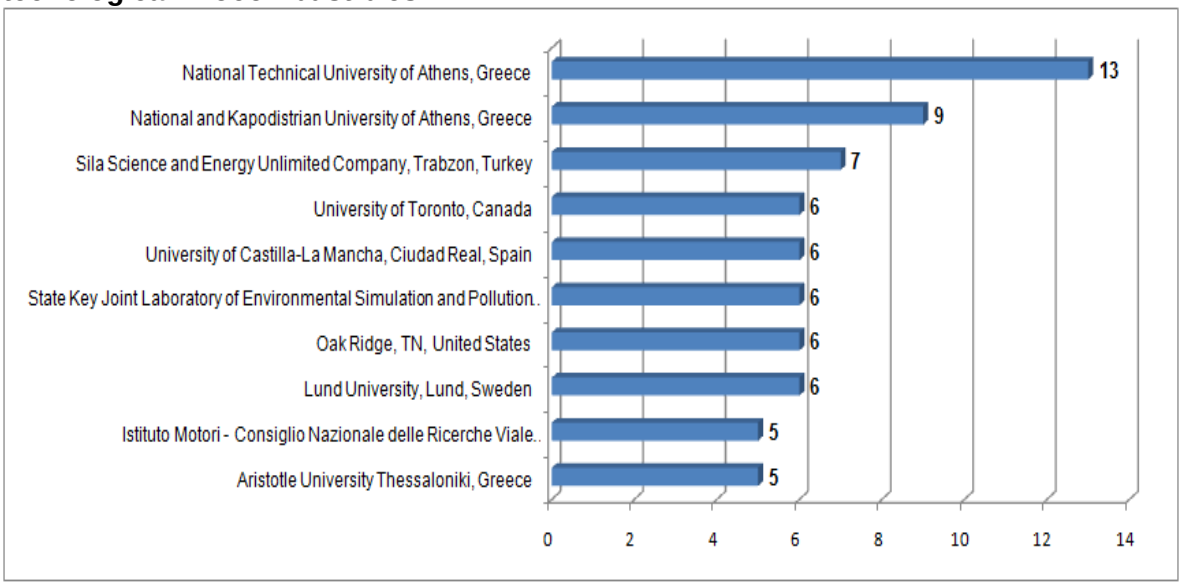
Gráfico 58. Países líderes en la publicación de artículos científicos. Línea tecnológica: Biocombustibles



Fuente: Bases de datos consultada en Scopus el 25 de Noviembre de 2011. Procesada en Vantage Point y Excel.

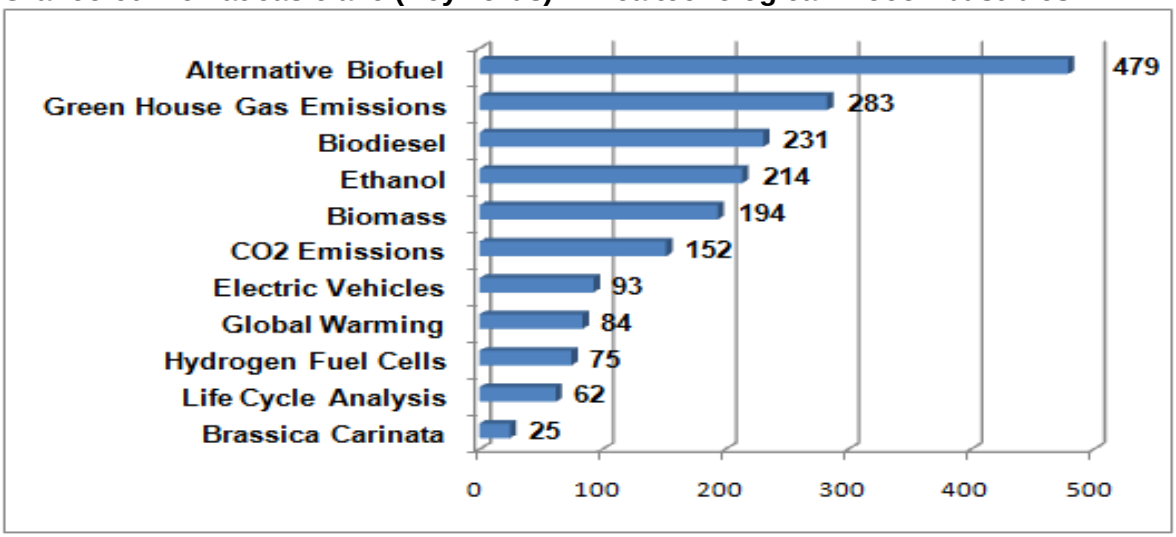
Con respecto a las instituciones líderes, solo se destacan universidades y laboratorios privados y se evidencia la ausencia de empresas que publican en esta temática. Es interesante que tres Universidades de Grecia se encuentren dentro las líderes en publicación: National Technical University of Athens, National and Kapodistrian University of Athens y Aristotle University Thessanloniki.

Gráfico 59. Instituciones líderes en la publicación de artículos científicos. Línea tecnológica: Biocombustibles



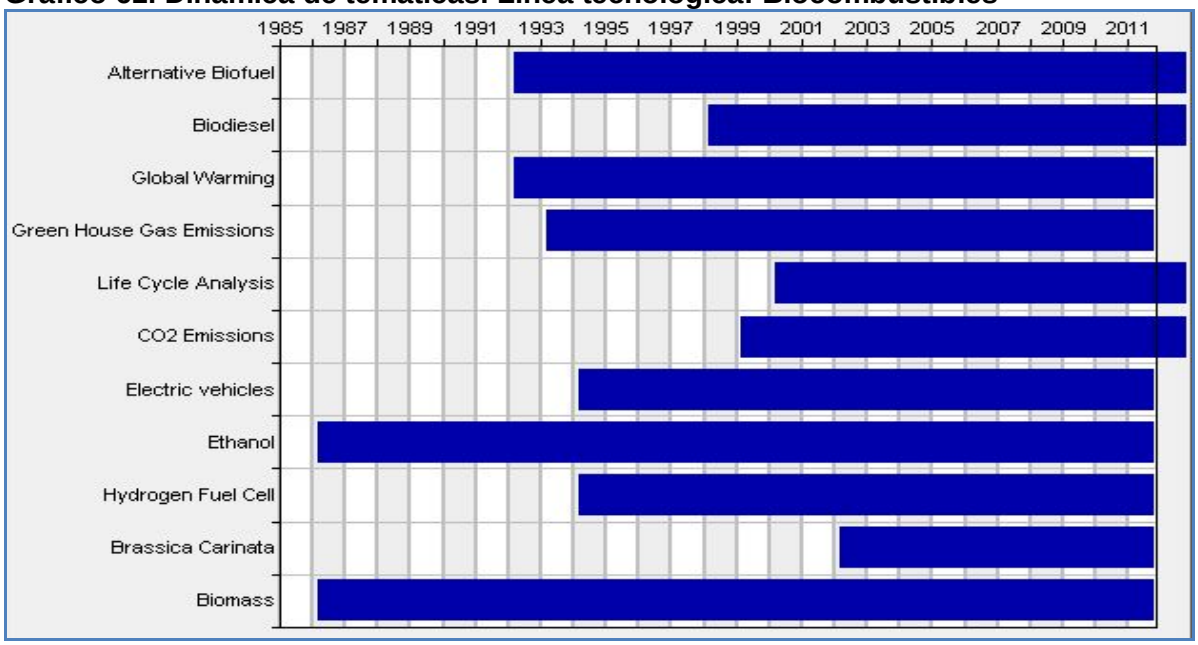
Fuente: Bases de datos consultada en Scopus el 25 de Noviembre de 2011. Procesada en Vantage Point y Excel.

Gráfico 60. Temáticas clave (Keywords). Línea tecnológica: Biocombustibles



Fuente: Bases de datos consultada en Scopus el 25 de Noviembre de 2011. Procesada en Vantage Point y Excel.

Gráfico 61. Dinámica de temáticas. Línea tecnológica: Biocombustibles



Fuente: Bases de datos consultada en Scopus el 25 de Noviembre de 2011. Procesada en Vantage Point y Excel.

Las principales temáticas identificadas a partir de las palabras clave de los artículos son: combustibles alternativos, donde se destacan el Biodiesel, Ethanol y la Biomasa con una dinámica de publicación fuerte a partir de los años ochenta. También se evidencian términos relacionados con el medio ambiente como gases de efecto invernadero, emisiones de CO2 y calentamiento global. Estos términos presentan una alta dinámica de publicación a partir de los noventa, donde se agudiza la controversia en relación a los impactos de la industria automotriz sobre el medio ambiente.

Se destaca como temática emergente la planta de origen Etiope “Brassica Carinata”, a partir de la cual se puede producir biocombustibles. Este término empieza a publicarse a partir del año 2000 como una planta alternativa para la producción de biocombustibles, que no afecta la seguridad alimentaria.

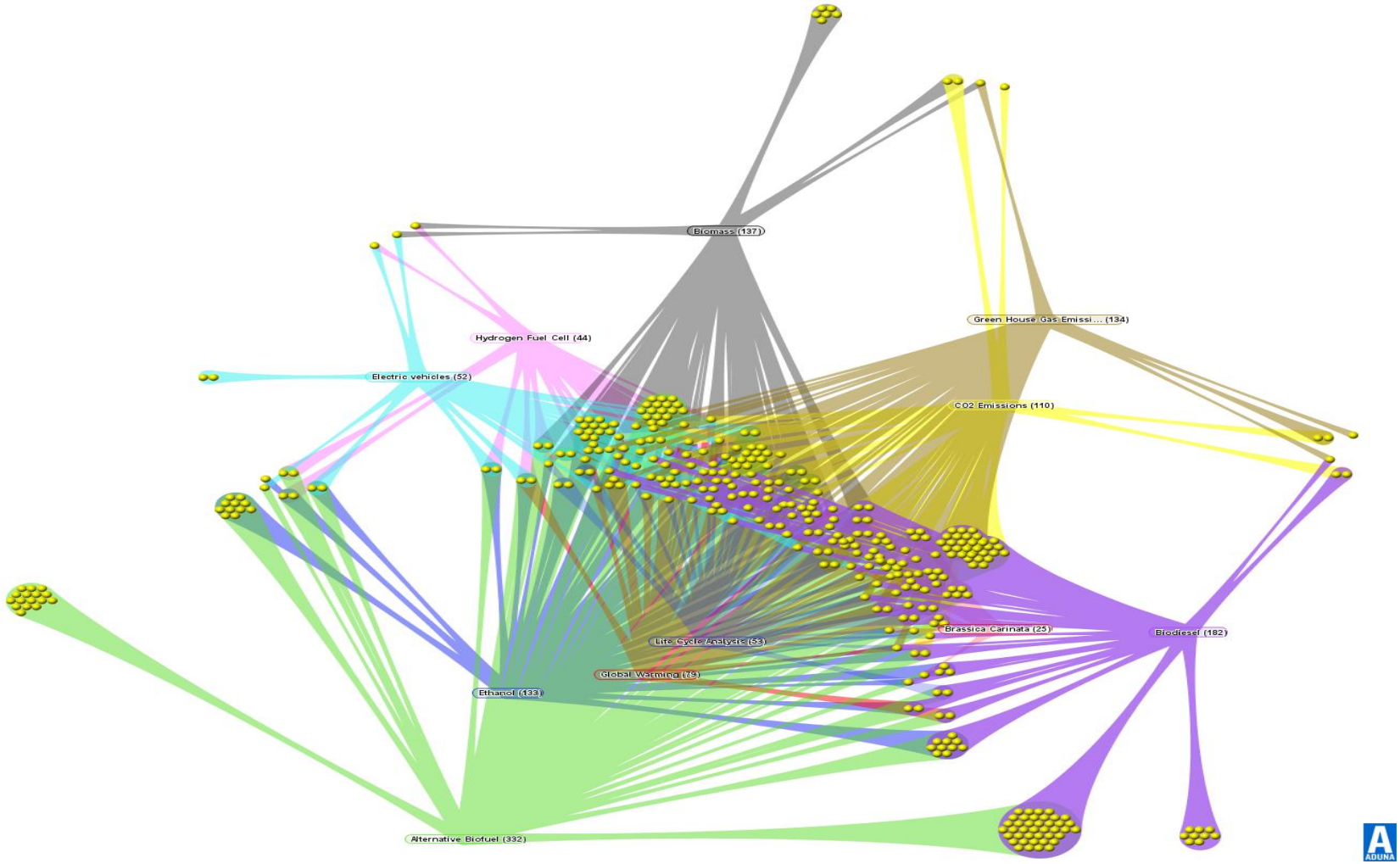
Trabajo en Red. Línea de investigación: Biocombustibles

Las temáticas clave identificadas en los artículos científicos se encuentran altamente interrelacionadas, lo que indica que el desarrollo de biocombustibles está estrechamente ligado a la búsqueda de combustibles alternativos que logren mitigar los impactos de la industria automotriz sobre el medio ambiente (Ver gráfico 62). Se destacan los términos: biocombustibles alternativos, biodiesel, biomasa y etanol, como los que tienen un mayor número de relaciones con otros términos asociados con aspectos medioambientales como calentamiento global, gases de efecto invernadero y emisiones de CO^2. También surgen temas relacionados con otras líneas priorizadas por los expertos de la industria automotriz como vehículos eléctricos y celdas de hidrógeno. El término análisis del ciclo de vida del producto aparece como transversal en las líneas tecnológicas priorizadas.

Con respecto al trabajo en red de los países líderes, se observa un trabajo conjunto entre Estados Unidos y países como China, Canadá, India y Taiwán. Los demás países tienen al menos un artículo en conjunto con otro país. Sin embargo muchos países publican de manera aislada como es el caso de Malasia e Irlanda (Ver gráfico 63).

Por último se observa que las universidades y laboratorios líderes en publicación de artículos científicos trabajan de manera aislada, a excepción de las Universidades Griegas y las Universidad Brasileras, las cuales presentan artículos de investigación conjuntos. Los laboratorios Oak Rigde y National Bioenergy Center tienen un artículo en común.

Gráfico 62. Redes de Investigación Temáticas Línea tecnológica: Biocombustibles



Fuente: Bases de datos consultada en Scopus el 25 de Noviembre de 2011. Procesada en Vantage Point y Excel.

Gráfico 63. Redes de investigación entre países líderes. Línea tecnológica: Biocombustibles

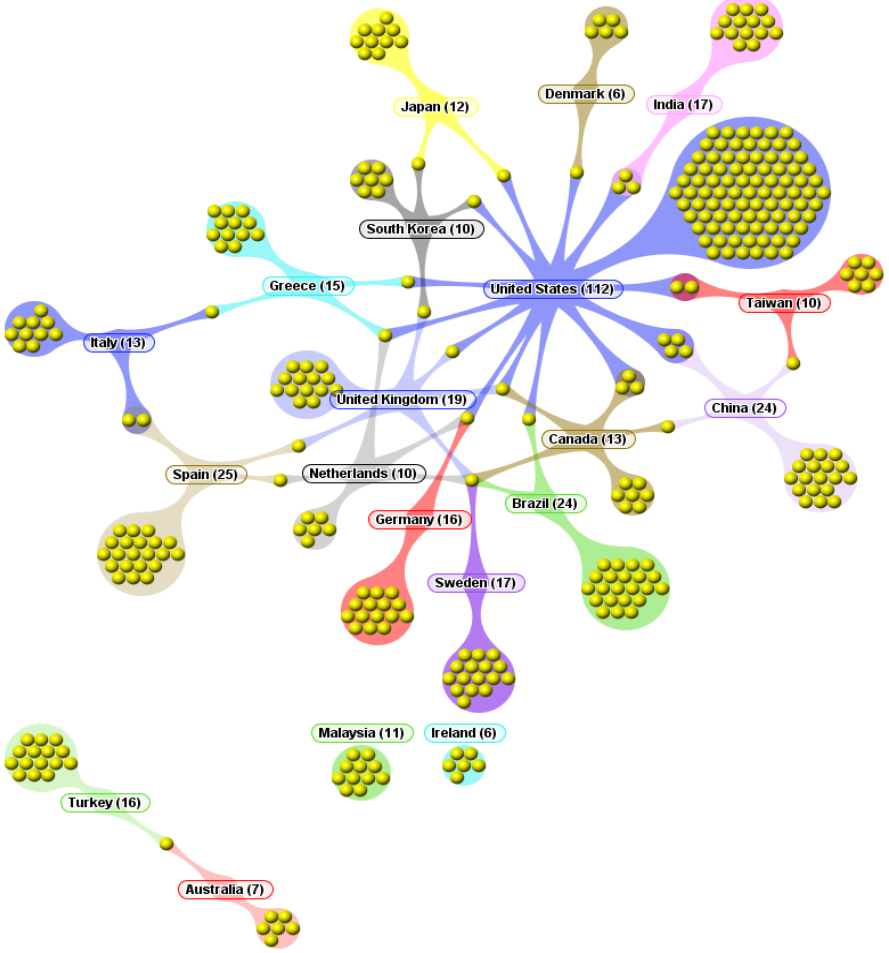
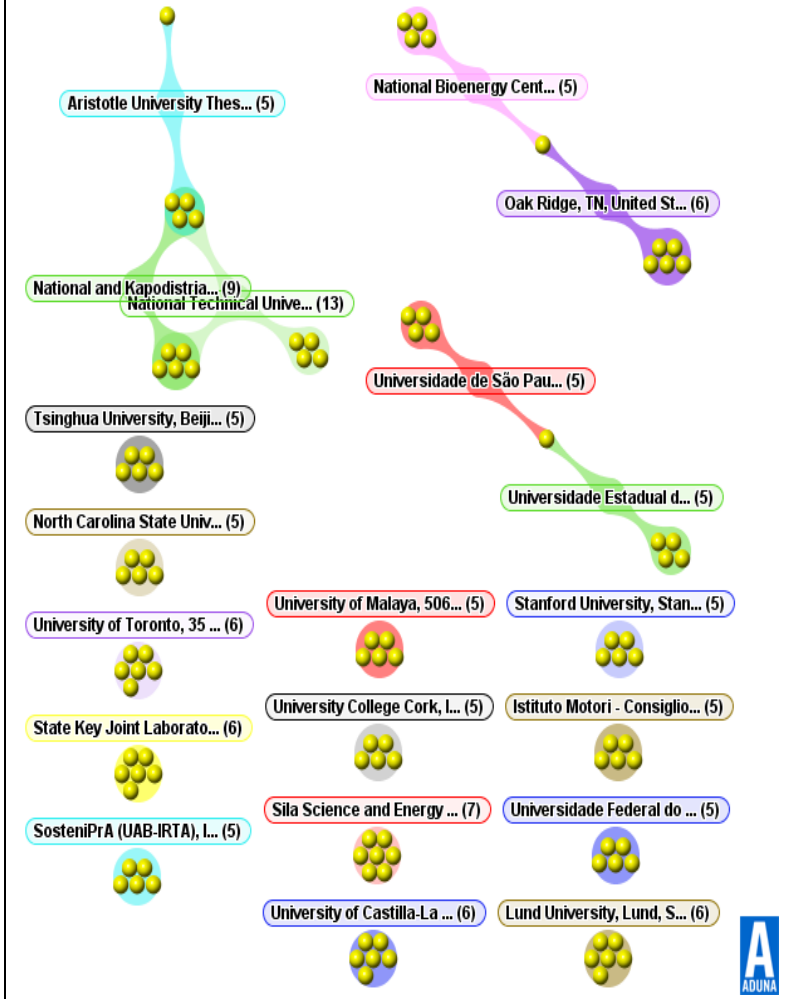


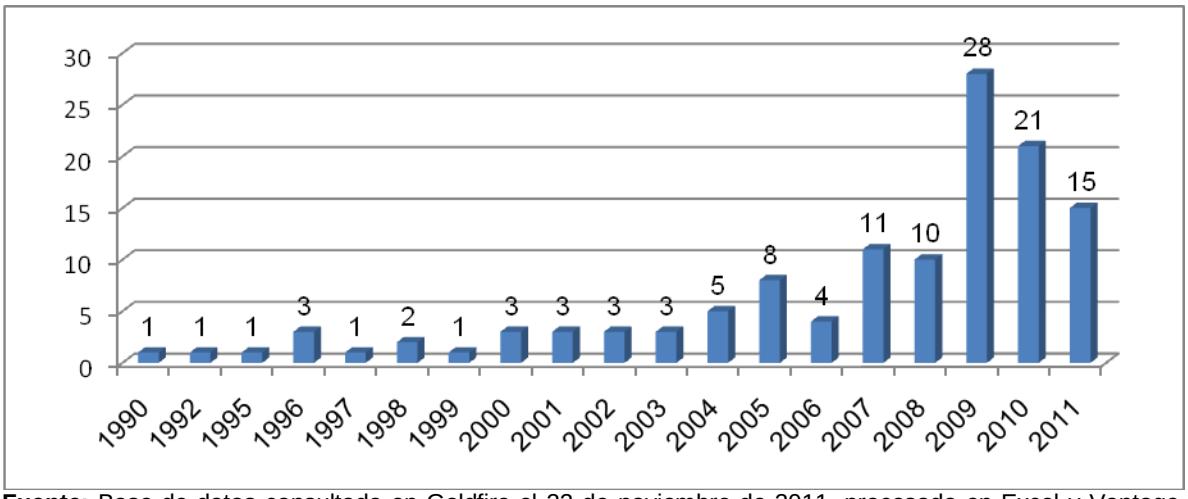
Gráfico 64. Redes de investigación entre instituciones líderes. Línea tecnológica: Biocombustibles



Fuente: Bases de datos consultada en Scopus el 25 de Noviembre de 2011. Procesada en Vantage Point y Excel.

8.3.2 Tendencias tecnológicas a partir del análisis de patentes. Línea tecnológica: Biocombustibles

Gráfico 65. Dinámica de publicación de patentes 1990-2011. Línea tecnológica: Biocombustibles



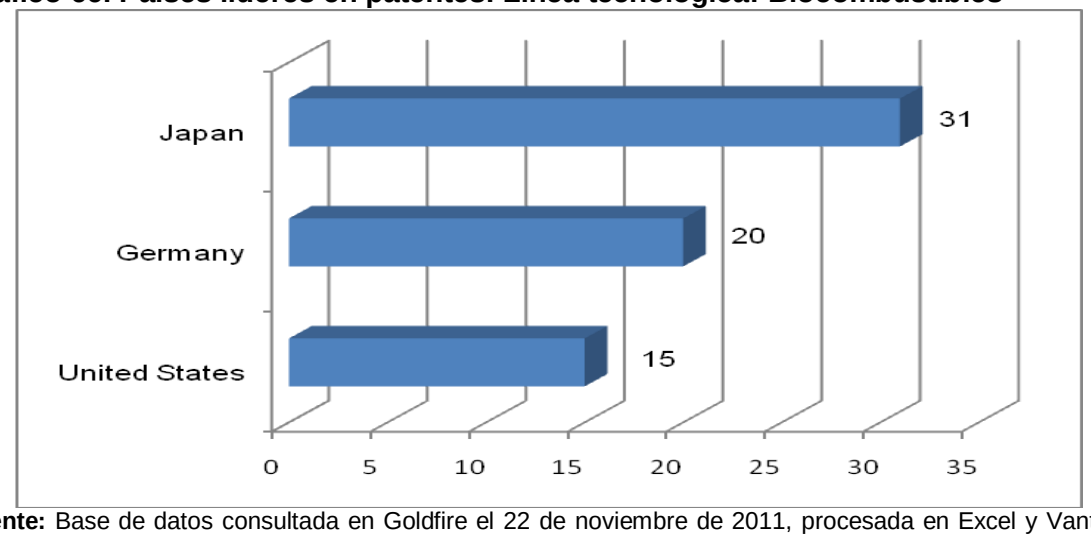
Fuente: Base de datos consultada en Goldfire el 22 de noviembre de 2011, procesada en Excel y Vantage Point.

Es importante señalar que la primera búsqueda de patentes que se realizó tuvo como resultado la identificación de 293 patentes, lo que evidencia una dinámica fuerte en la publicación. Sin embargo, la mayoría estas patentes estaban enfocadas básicamente en aspectos químicos y no tenían una relación directa con la industria automotriz. Por esta razón, se realizó una depuración exhaustiva de los resultados (a través de la lectura de los abstracts), que permitieron identificar 124 patentes que si relacionan directamente a los Biocombustibles con la industria automotriz.

La dinámica de la publicación en patentes inició en el año 1990 y presentó un escaso crecimiento hasta el año 2006. A partir del año 2007 se refleja un notable incremento cuyo pico de publicación se presenta en el año 2009 con 28 patentes. En los años 2010-2011 el nivel de patentamiento ha disminuido.

Los países líderes en la publicación de patentes son en su orden: Japón, Alemania y Estados Unidos, los cuales concentran más del 50% de las publicaciones. Los demás países tienen menos de 5 patentes publicadas, por lo cual no se pueden considerar como líderes, entre los que se encuentran Francia, Reino Unido, Finlandia, Australia, Canadá e Italia (Ver gráfico 66).

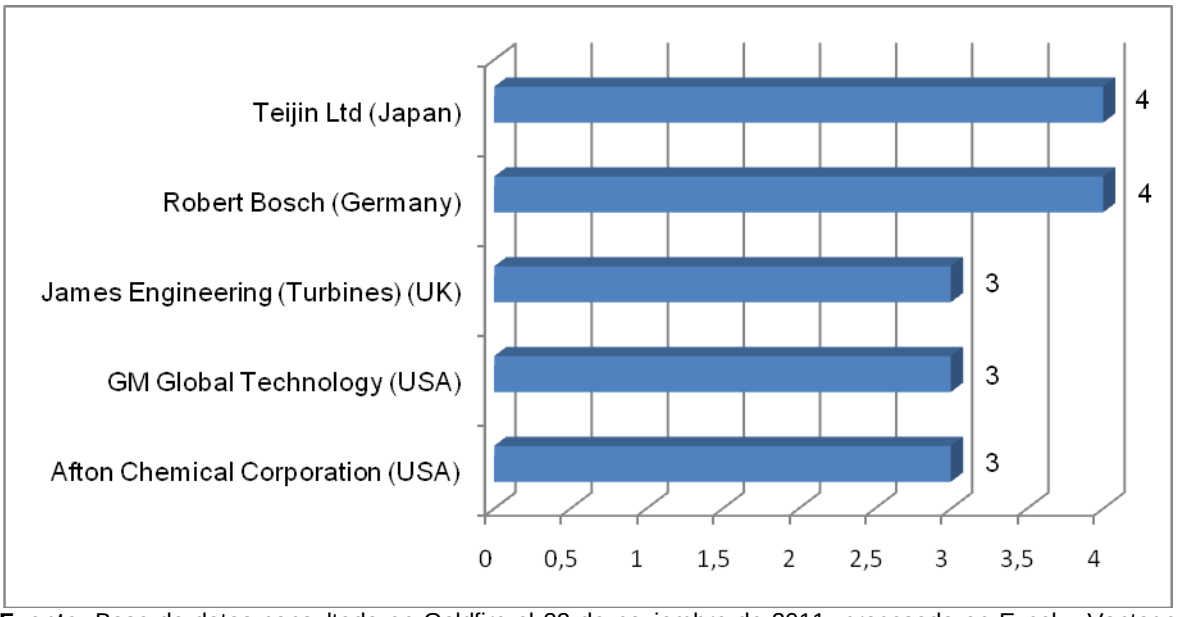
Gráfico 66. Países líderes en patentes. Línea tecnológica: Biocombustibles



Fuente: Base de datos consultada en Goldfire el 22 de noviembre de 2011, procesada en Excel y Vantage Point.

Con respecto a las instituciones que patentan, no se observa un liderazgo muy marcado. Las empresas líderes (con cuatro patentes cada una), son: la empresa japonesa Teijin Ltda que se dedica al desarrollo de productos relacionados con fibras de carbono, polyester y plásticos y la empresa alemana Bosh, que se dedica a realizar innovaciones tecnológicas relacionadas con la industria automotriz. También se destaca la empresa automotriz General Motors con 3 patentes.

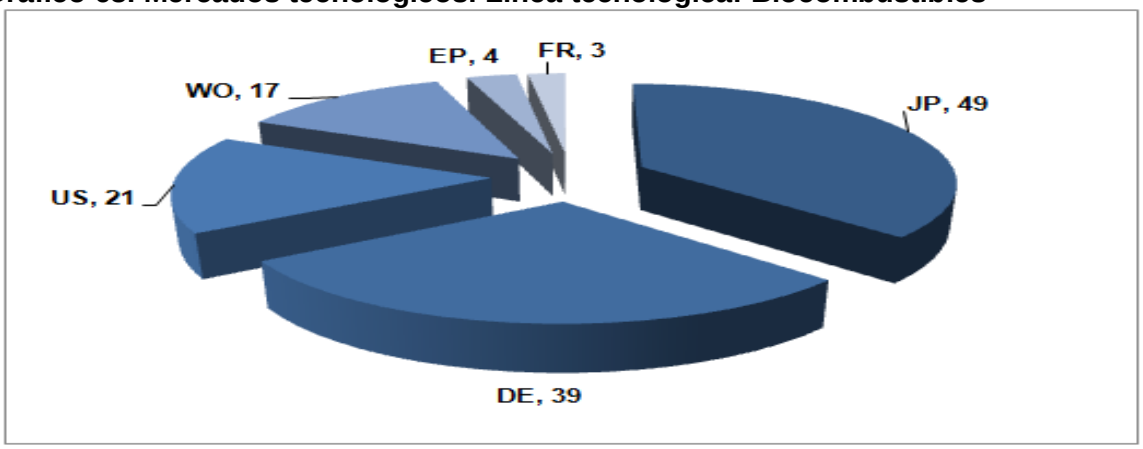
Gráfico 67. Instituciones líderes en la publicación de patentes. Línea tecnológica: Biocombustibles



Fuente: Base de datos consultada en Goldfire el 22 de noviembre de 2011, procesada en Excel y Vantage Point.

El principal mercado tecnológico para el patentamiento de invenciones relacionadas con los Biocombustibles es Japón, seguido de Alemania y Estados Unidos, lo que indica una total correspondencia entre los países líderes en publicación y las Oficinas de patentes donde se registran las invenciones.

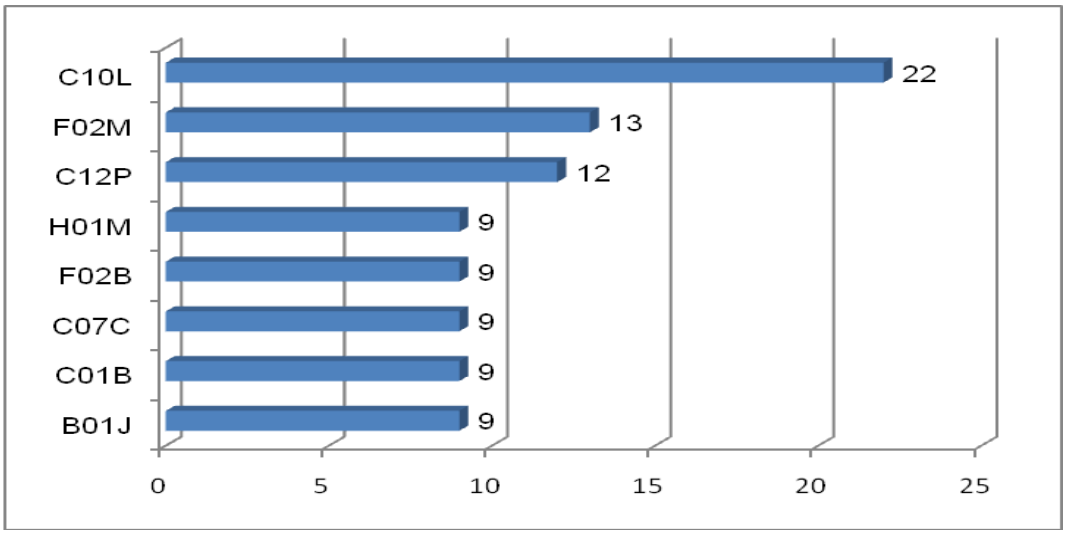
Gráfico 68. Mercados tecnológicos. Línea tecnológica: Biocombustibles



Fuente: Base de datos consultada en Goldfire el 22 de noviembre de 2011, procesada en Excel y Vantage Point.

Los códigos de patentes identificados, según la Clasificación Internacional de Patentes CIP, son liderados por la Sección C que representa invenciones relacionadas con la química y la metalurgia. El principal código de patentamiento es el C10L que corresponde a: “Combustibles no previstos en otros lugares”; le siguen en su orden el código F02M (alimentación en general de motores de combustión con mezclas combustibles o constituyentes de las mismas) y el código C12P (procesos de fermentación o procesos que utilizan enzimas para la síntesis de un compuesto químico).

Gráfico 69. Clasificación Internacional de Patentes. Línea tecnológica: Biocombustibles



Fuente: Base de datos consultada en Goldfire el 22 de noviembre de 2011, procesada en Excel y Vantage Point.

La descripción de los Códigos Internacionales de Patentes que tienen 9 patentes relacionadas con los biocombustibles son los siguientes:

- H01M: Procedimientos o medios para la conversión directa de la energía química en energía eléctrica, por ejemplo: baterías.
- F02B: Motores de combustión interna de pistone; motores de combustión en general.
- C07C: Compuestos aciclicos o carbociclicos.
- C01B: Elementos no metálicos; sus compuestos (procesos de fermentación o procesos que utilizan enzimas para la preparación de elementos o de compuestos inorgánicos excepto anhídrido carbónico.
- B01J: Procedimientos químicos o físicos, por ejemplo: catálisis química de los coloides; aparatos adecuados.

Trabajo en Red

Con respecto a las Redes de trabajo en patentes, se observa que tanto los países como las instituciones trabajan de manera aislada. Solo se identifica una patente conjunta entre Francia y Alemania. Esto evidencia el desarrollo de patentes, al ser un proceso largo que requiere altos niveles de inversión y de tiempo, no existe una motivación fuerte al trabajo conjunto, sobre entre empresas del mismo segmento de la industria (Ver gráficos 70 y 71).

Para el caso de los Códigos CIP, si s observa una clara interrelación entre ellos, puesto que las temáticas en que se publican las patentes están muy enfocadas en la aplicación de procesos químicos y metalurgicos a la industria automotriz (Ver gráfico 72).

Tendencias representativas Línea tecnológica: Biocombustibles

Los países que se consideran líderes difieren un poco con respecto a la publicación de artículos científicos y patentes. Por ejemplo, el liderazgo en patentamiento está claramente concentrado en Japón, Alemania y Estados Unidos. Los líderes en publicación de artículos científicos están más distribuidos y aparecen países como España, China, Brasil, Reino Unido y Grecia.

El liderazgo institucional es diferente entre las patentes y los artículos científicos. La dinámica de patentamiento se concentra en grandes empresas que desarrollan autopartes como la japonesa Teijin Ltda y la alemana Bosh. En el caso de los artículos científicos las universidades son las líderes, particularmente las griegas y se nota la ausencia de empresas de la industria en la publicación de artículos.

Las temáticas relacionadas con el tema de biocombustibles están fuertemente relacionadas con aspectos ambientales como el cambio climático y las emisiones de CO^2. Por el contrario, los Códigos Internacionales de Patentes, están más enfocados en los desarrollos del proceso industrial y químico asociado a la elaboración de biocombustibles.

Gráfico 70. Redes de investigación entre países líderes. Línea Tecnológica: Biocombustibles

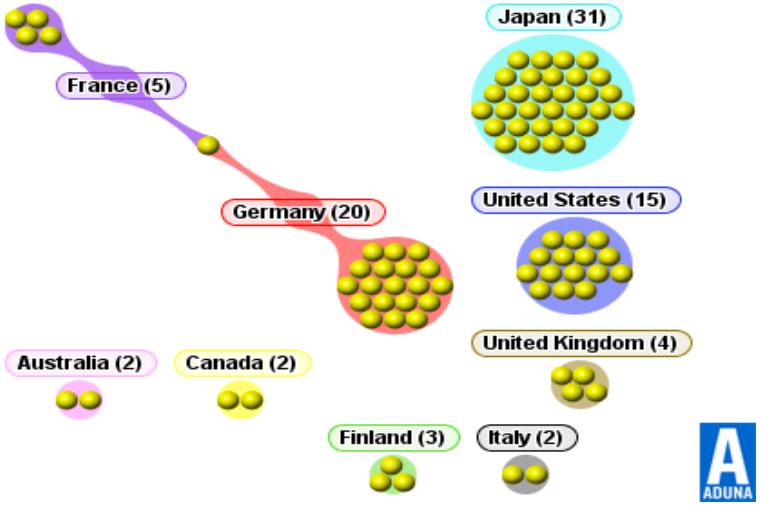


Gráfico 71. Redes de trabajo entre instituciones líderes. Línea Tecnológica: Biocombustibles

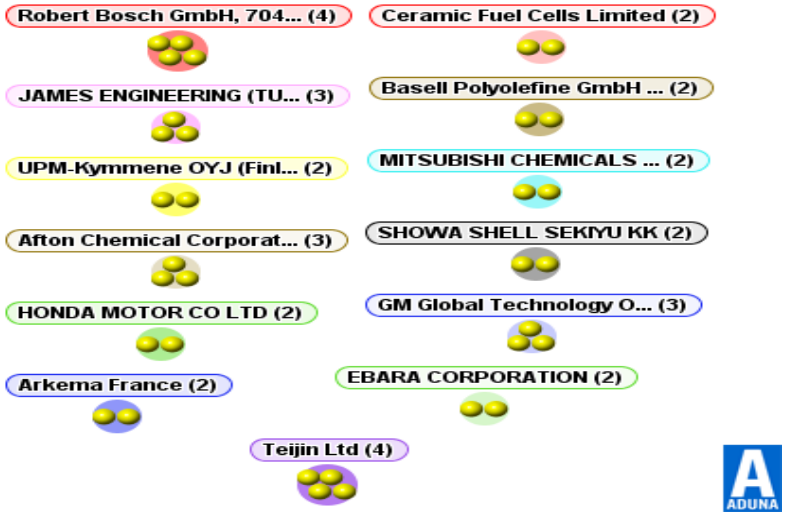
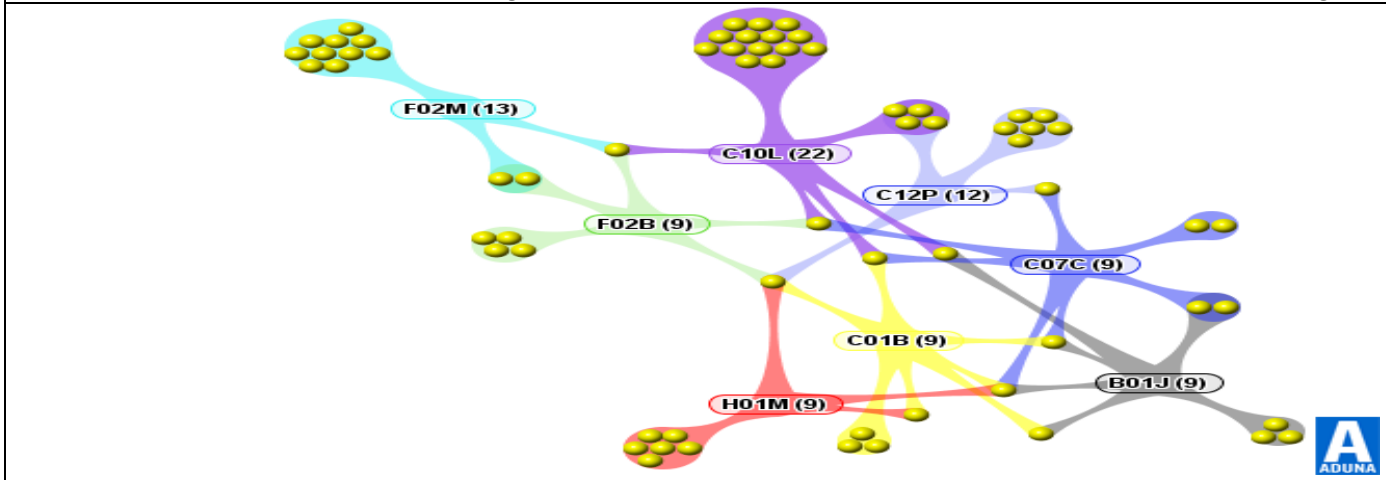


Gráfico 72. Articulación entre los Códigos de la Clasificación Internacional de Patentes. Línea Tecnológica: Biocombustibles

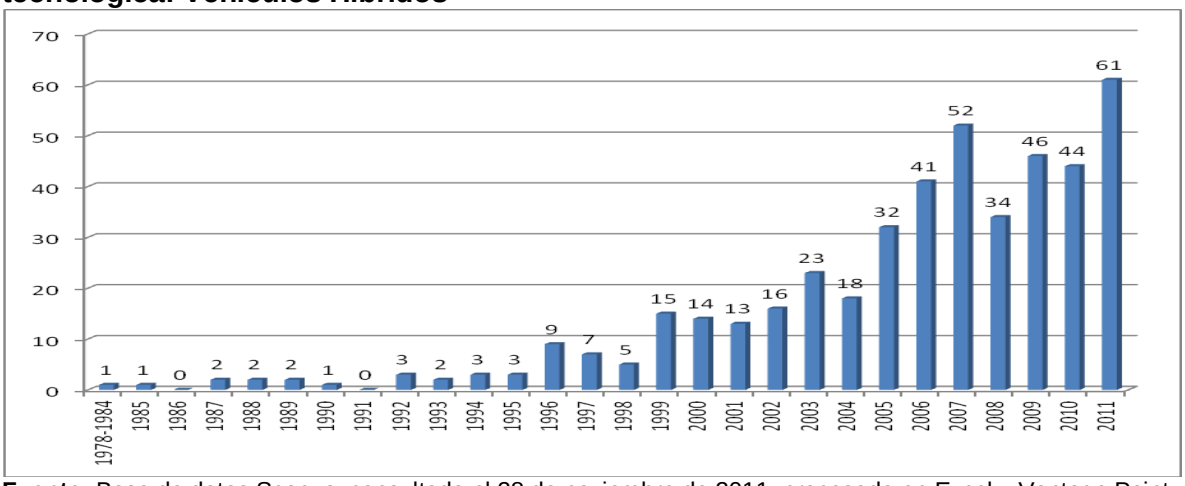


Fuente: Base de datos consultada en Goldfire el 22 de noviembre de 2011, procesada en Excel y Vantage Point.

8.4 Línea Tecnológica: Vehículos Híbridos

8.4.1 Tendencias tecnológicas a partir del análisis de artículos científicos. Línea tecnológica: Vehículos Híbridos

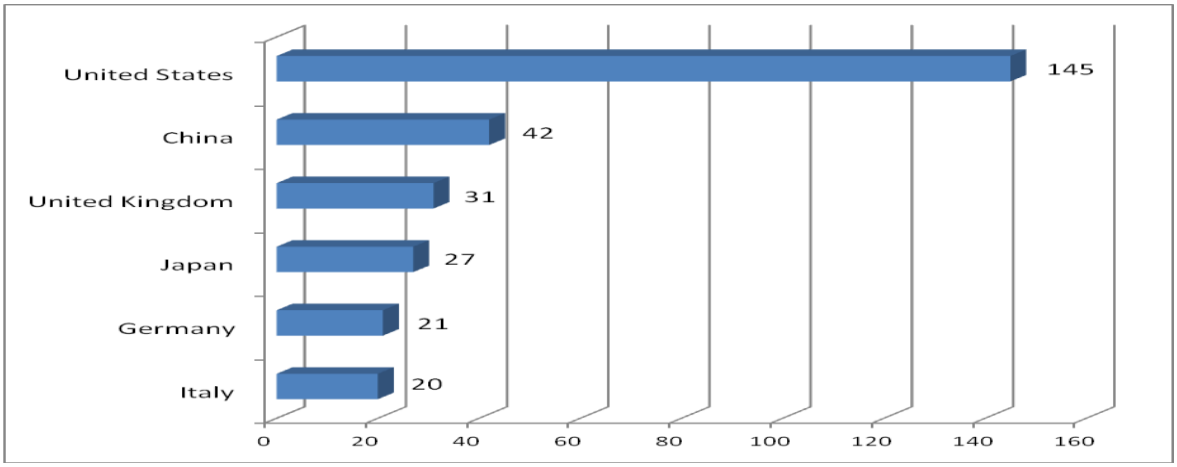
Gráfico 73. Dinámica de Publicación de Artículos Científicos 1978-2011. Línea tecnológica: Vehículos Híbridos



Fuente: Base de datos Scopus, consultada el 28 de noviembre de 2011, procesada en Excel y Vantage Point.

Se identificaron 450 artículos de investigación en vehículos híbridos. Se presentan dos períodos en las investigaciones del tema en mención. El primer periodo va desde 1978 hasta 1998 (20 años) donde se presenta el 9% de las publicaciones. El segundo período (1999-2011) concentra el 91% de las publicaciones. Tales períodos pueden ser denominados como “interés” y “crecimiento”, respectivamente.

Gráfico 74. Países líderes en publicación de artículos científicos. Línea tecnológica: Vehículos Híbridos

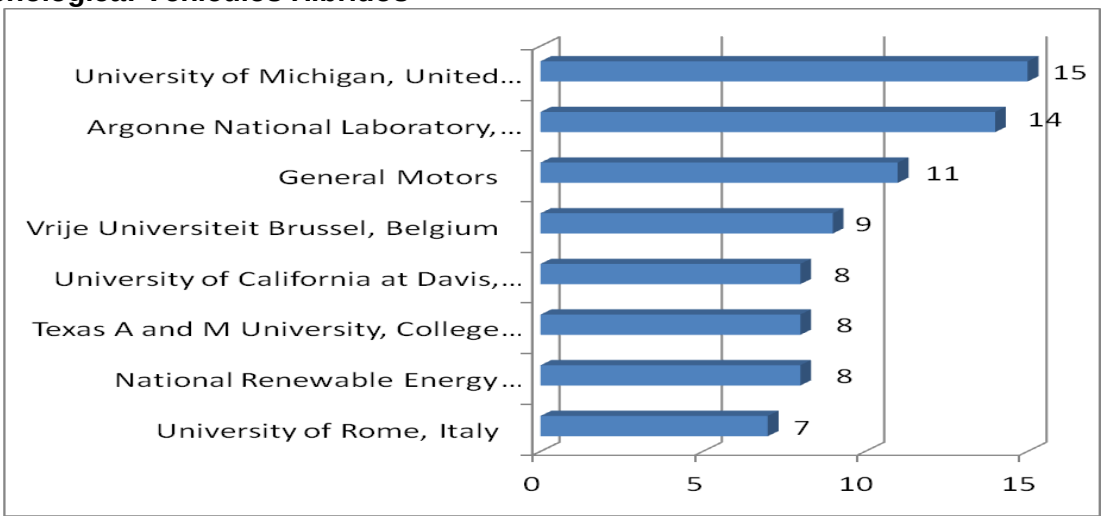


Fuente: Base de datos Scopus, consultada el 28 de noviembre de 2011, procesada en Excel y Vantage Point.

En la publicación de artículos científicos sobre vehículos híbridos han trabajado un total de 32 países. Los seis (6) países líderes concentran el 63% de las publicaciones en el

tema. Se evidencia gran concentración en los países líderes tales como: Estados Unidos, China, Reino Unido, Japón, Alemania e Italia. Estos cuentan con más de 15 años de trayectoria en la investigación sobre vehículos híbridos. Todos los países líderes se consideran activos, dado que cuenta con publicaciones en los últimos cinco años, incluso en 2011.

Gráfico 75. Instituciones líderes en publicación de artículos científicos. Línea tecnológica: Vehículos Híbridos



Fuente: Base de datos Scopus, consultada el 28 de noviembre de 2011, procesada en Excel y Vantage Point.

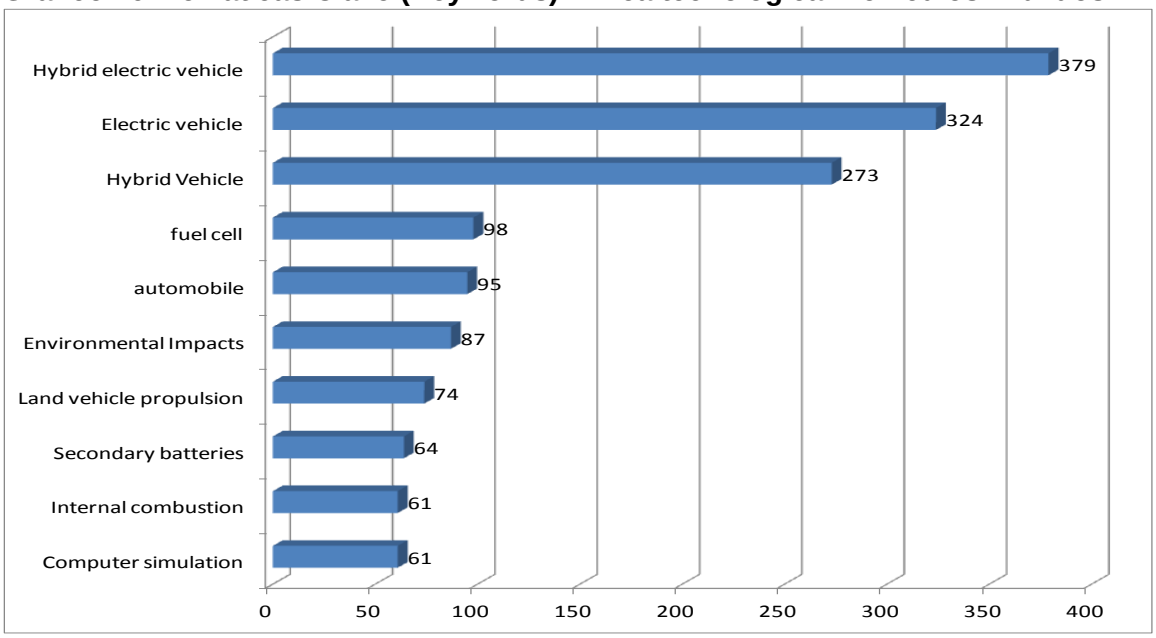
Se identificaron 346 instituciones que han publicado los 450 artículos del tema en mención. Ocho (8) instituciones concentran el 17% de las publicaciones. También se evidencia dispersión en las instituciones líderes, dada la baja concentración de publicaciones.

La institución líder con mayor trayectoria es Argonne National Laboratory (United States) quien publicó su primer artículo en 1987. Es la segunda institución con mayor cantidad de artículos, lo cual indica que es un líder activo. Por su parte, University of Michigan (líder) es la institución más activa en el tema, dado que concentra el 50% de sus 15 publicaciones en los últimos tres años (2009-2011). Texas A and M University (sexto líder) se considera como un líder inactivo, dado que no publica desde hace cinco (5) años. Se destaca la presencia de General Motors con 11 publicaciones, única empresa entre las instituciones líderes.

Las temáticas principales están asociadas al tema central (vehículos híbridos y vehículos eléctricos). Temáticas como fuel cell y secondary bateries son temas de foco para las investigaciones sobre vehículos híbridos. El impacto ambiental está muy asociado con la investigación sobre vehículos híbridos, lo cual confirma que las investigaciones pretenden mitigar o evitar impactos ambientales (Ver gráfico 76).

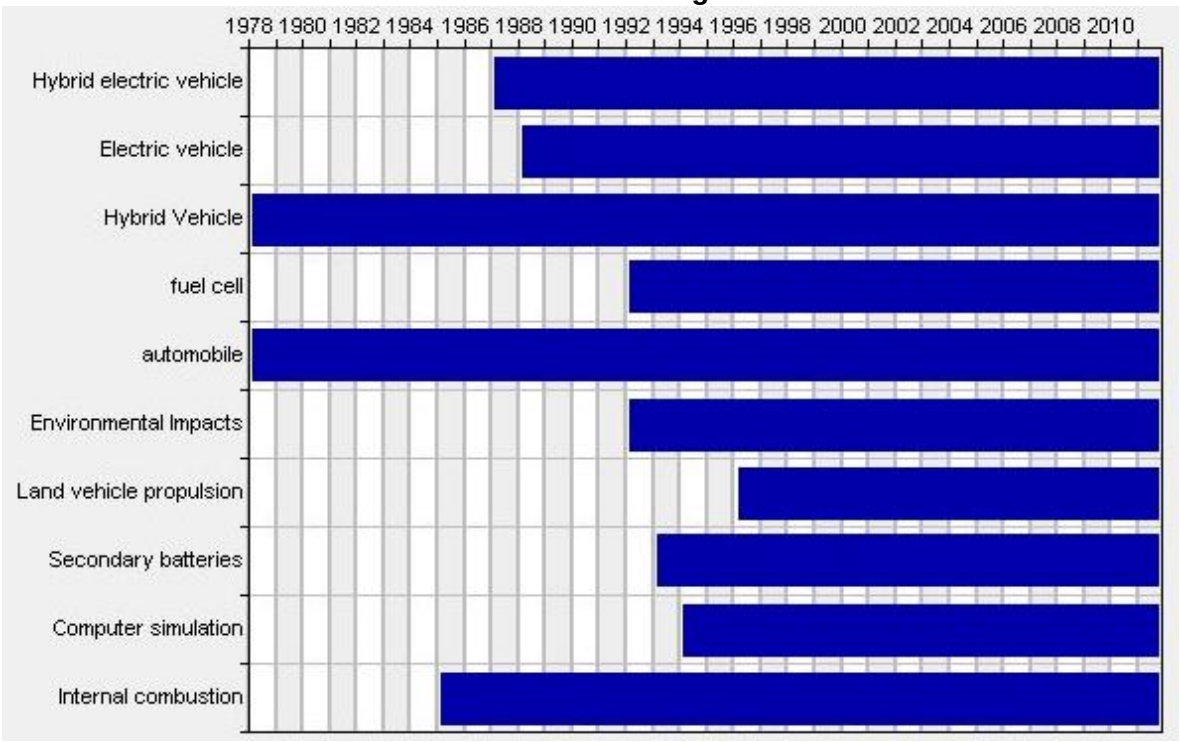
Las temáticas que se pueden considerar como emergentes por su reciente dinámica de publicación son: propulsión de vehículos terrestres y simulación por computador, lo que indica que el desarrollo de vehículos híbridos va muy ligado al diseño y la modelación (Ver gráfico 77).

Gráfico 76. Temáticas Clave (Keywords). Línea tecnológica: Vehículos Híbridos



Fuente: Base de datos Scopus, consultada el 28 de noviembre de 2011, procesada en Excel y Vantage Point.

Gráfico 77. Dinámica de Temáticas. Línea tecnológica: Vehículos Híbridos



Fuente: Base de datos Scopus, consultada el 28 de noviembre de 2011, procesada en Excel y Vantage Point.

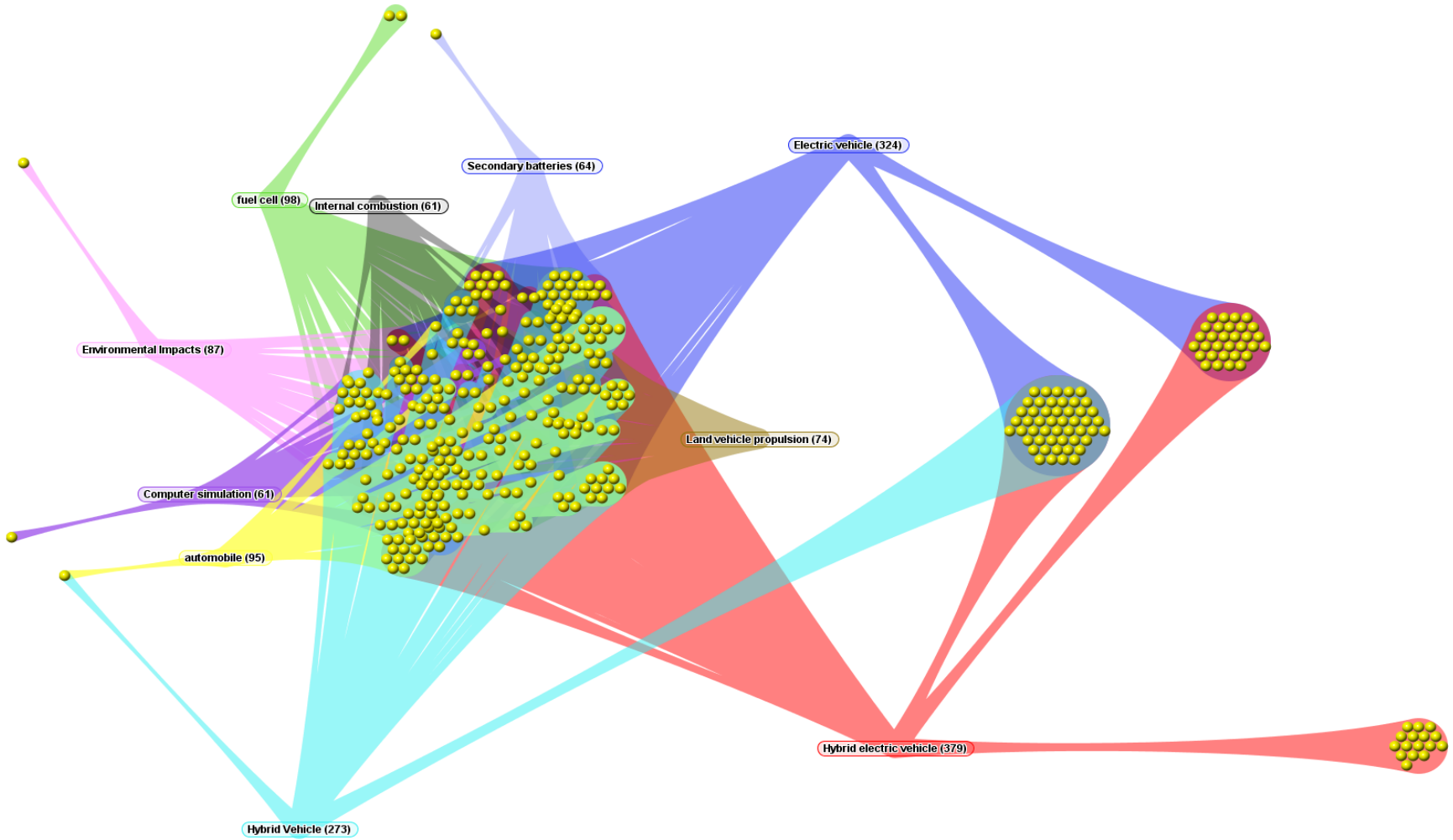
Trabajo en red

Se evidencia una gran integración temática, principalmente de temas como Fuel Cell, Secondary Batteries con temas como vehículos eléctricos, vehículos híbridos e impactos ambientales. Se presenta una gran asociación entre las temáticas principales. Un importante hecho se evidencia con la asociación entre las temáticas principales (vehículos híbridos, vehículos eléctricos) e impacto ambiental. Ello indica que este último tema se constituye como referencia en la investigación (Ver gráfico 78).

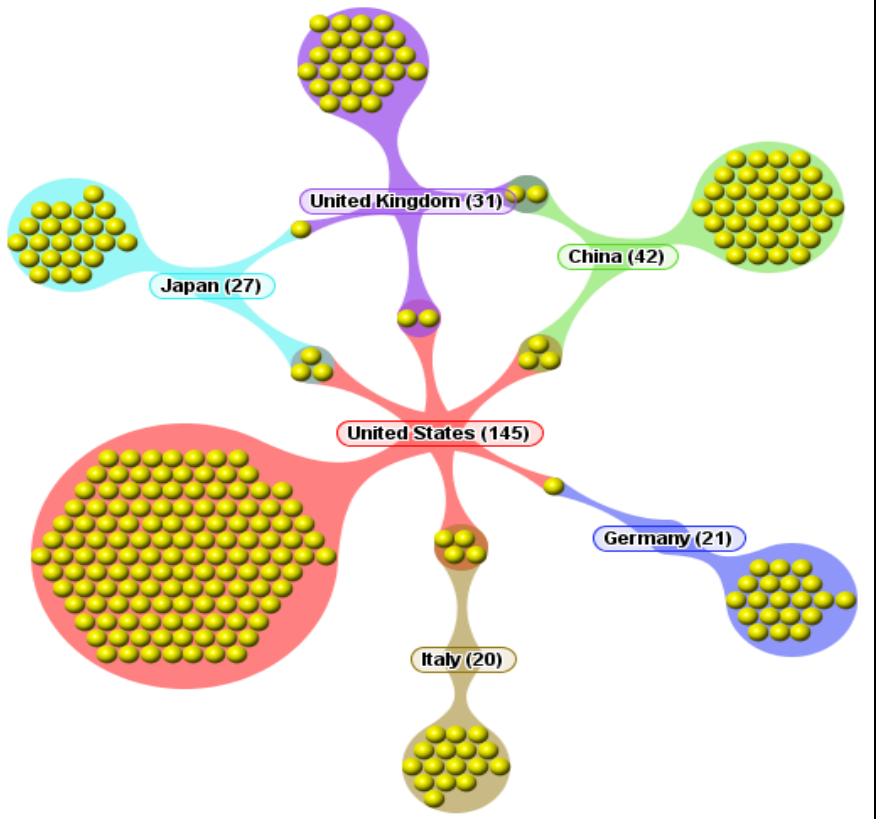
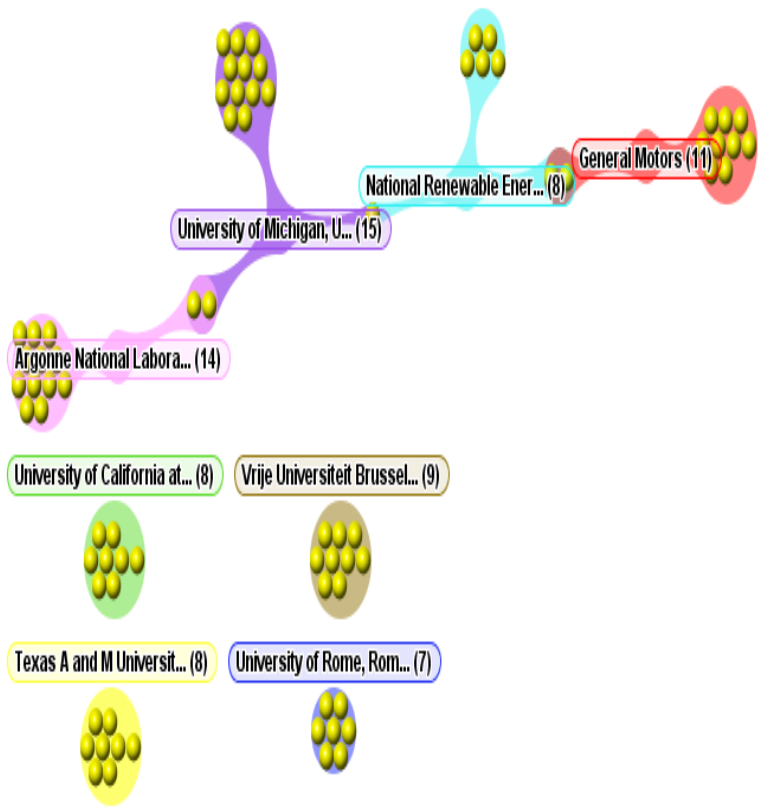
No se evidencian redes de trabajo consolidadas entre países o instituciones. Con respecto a los países, se observa que Estados Unidos es el país que tiene mayor número de publicaciones en conjunto con otros países. Aunque China, Reino Unido y Japón han trabajado en conjunto, la articulación es menor (Ver gráfico 79).

Muy pocos artículos científicos (máximo tres) han sido realizados por dos instituciones. Las redes entre instituciones líderes se dan solamente entre instituciones de un mismo país, por ejemplo Estados Unidos. Se destaca la red de trabajo conformada entre una empresa (General Motors) y una institución gubernamental (National Renewable Energy Laboratory) (Ver gráfico 80).

Gráfico 78. Redes de investigación temáticas. Línea tecnológica: Vehículos Híbridos



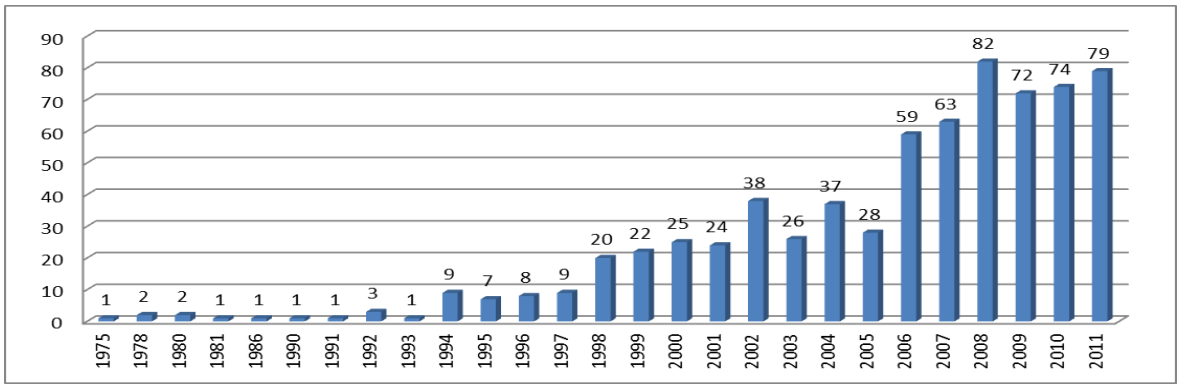
Fuente: Base de datos Scopus, consultada el 28 de noviembre de 2011, procesada en Excel y Vantage Point.
:

Gráfico 79. Redes de Investigación entre países líderes. Línea tecnológica: Vehículos Híbridos	Gráfico 80. Redes de investigación entre instituciones líderes. Línea tecnológica: Vehículos Híbridos
	

Fuente: Base de datos Scopus, consultada el 28 de noviembre de 2011, procesada en Excel y Vantage Point.

8.4.2 Tendencias tecnológicas a partir del análisis de patentes. Línea tecnológica: Vehículos Híbridos

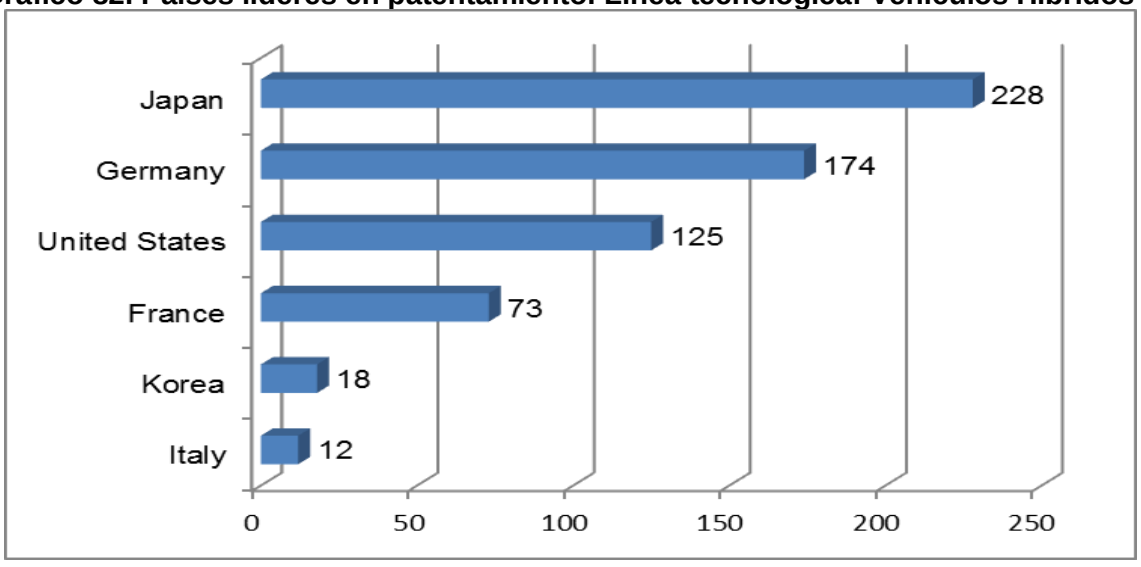
Gráfico 81. Dinámica de Patentamiento 1975-2011. Línea tecnológica: Vehículos Híbridos.



Fuente: Base de datos Goldfire, consultada el 28 de noviembre de 2011, procesada en Excel y Vantage Point.

Se identificaron 697 patentes relacionadas con vehículos híbridos. La publicación de patentes inició en 1975. A partir de este año y hasta el año 1997 la dinámica de patentamiento es todavía incipiente. Desde el año 1998 hasta el año 2011 la publicación en patentes se ha incrementado y no ha perdido esta dinámica, lo que indica que es un tema vigente y que se están desarrollando innovaciones permanentes.

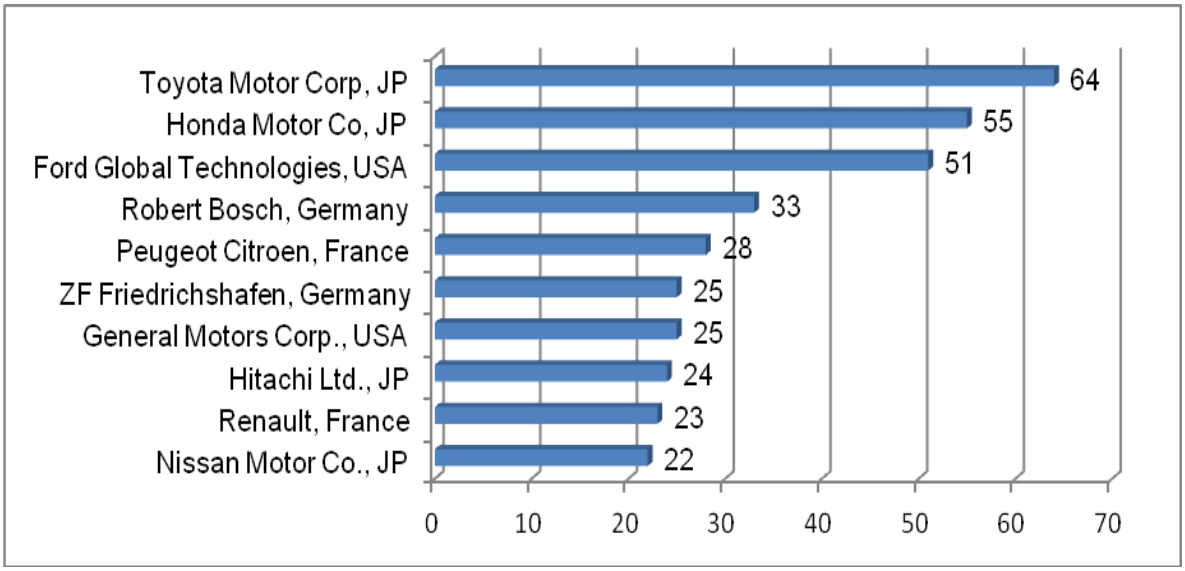
Gráfico 82. Países líderes en patentamiento. Línea tecnológica: Vehículos Híbridos



Fuente: Base de datos Goldfire, consultada el 28 de noviembre de 2011, procesada en Excel y Vantage Point.

Los países líderes en publicación de patentes son en su orden: Japón, Alemania y Estados Unidos, los cuales concentran más del 75% de las invenciones. También se observa la participación de Francia, Corea e Italia.

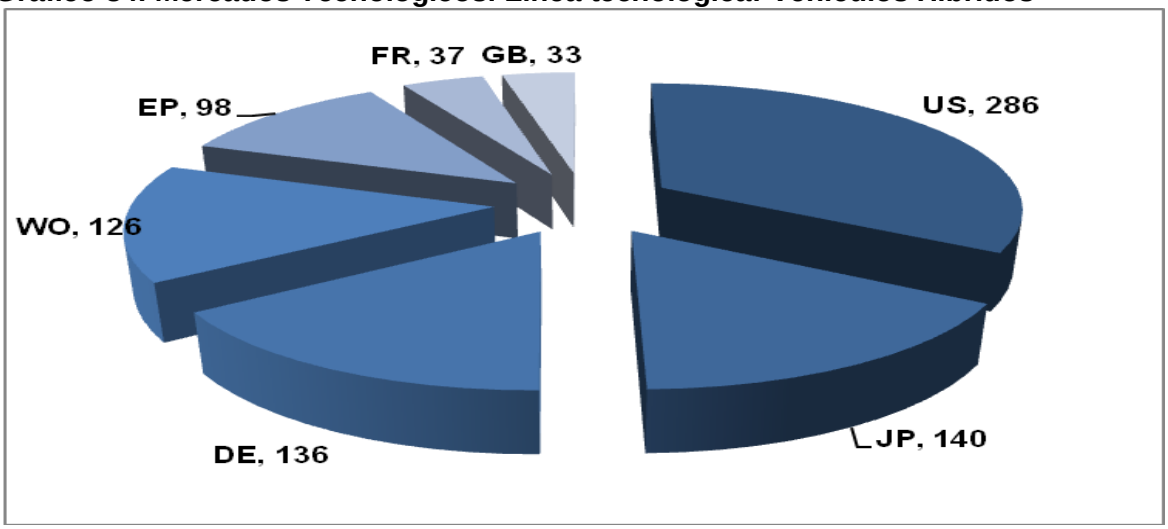
Gráfico 83. Instituciones líderes en patentamiento. Línea tecnológica: Vehículos Híbridos



Fuente: Base de datos Goldfire, consultada el 28 de noviembre de 2011, procesada en Excel y Vantage Point.

Dentro de las instituciones líderes se destacan las principales empresas automotrices mundiales como Toyota, Honda, Ford, Peugeot Citroen, General Motors, Renault y Nissan, además de la autopartista Bosh. Esto indica que los desarrollos industriales relacionados con vehículos híbridos son claves para estas OEM. Actualmente, las grandes OEM tienen en el mercado vehículos híbridos como: el Toyota Prius (el más vendido a nivel mundial); Honda Civic Hybrid Honda Insight, Ford Focus, Peugeot iOn, Chevrolet Volt, Renault Kangoo, Renault Fluence y el Nissan Leaf, entre otros.

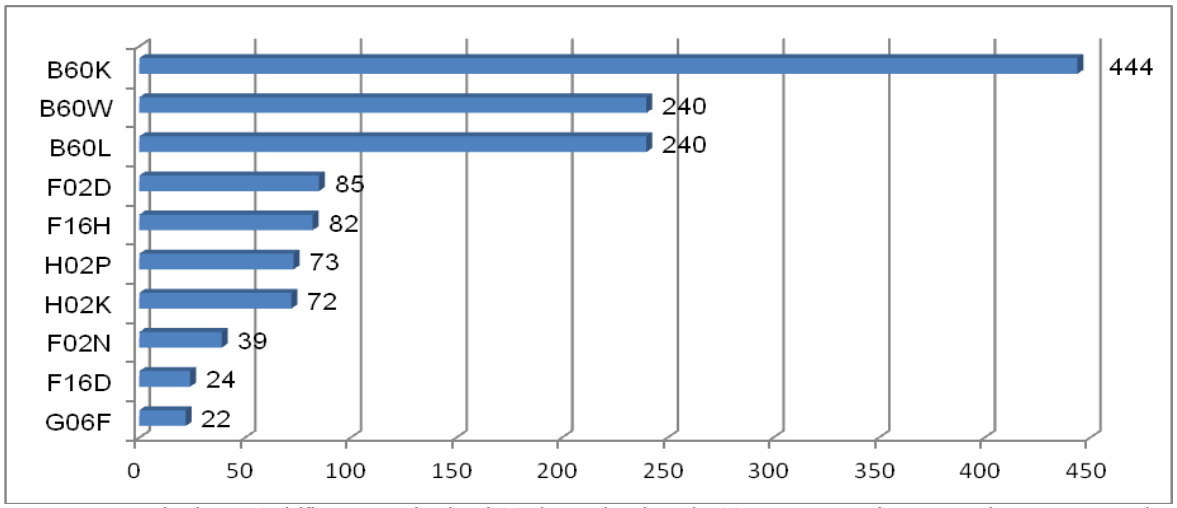
Gráfico 84. Mercados Tecnológicos. Línea tecnológica: Vehículos Híbridos



Fuente: Base de datos Goldfire, consultada el 28 de noviembre de 2011, procesada en Excel y Vantage Point.

Con respecto a los mercados tecnológicos, se destacan Estados Unidos, Japón y Alemania, lo que indica que para las empresas es muy importante proteger sus invenciones en Estados Unidos, país líder de la industria automotriz.

Gráfico 85. Clasificación Internacional De Patentes (CIP). Línea tecnológica: Vehículos Híbridos



Fuente: Base de datos Goldfire, consultada el 28 de noviembre de 2011, procesada en Excel y Vantage Point.

Los códigos CIP identificados están relacionados principalmente con la Sección B, que corresponde a Técnicas Industriales Diversas y Transportes. El código B60K es el principal dentro de las patentes identificadas y corresponde a Disposiciones o montaje de conjuntos de propulsión o de transmisiones sobre vehículos; disposiciones o montaje de varios motores principales diferentes. Le siguen en su orden B60W (Propulsión de vehículos impulsados eléctricamente) y B60L (Sistemas de control especialmente adaptadas a vehículos híbridos. El significado de los códigos que se consideran representativos se presenta a continuación:

- F02D: Control de los motores de combustión.
- F16H: Transmisiones.
- H02D: Control o regulación de motores, generadores eléctricos, o convertidores dinamoeléctricos
- H02K: Máquinas dinamoeléctricas.
- F02N: Arranque de los motores de combustión.
- F16N: Lubrificación (lubricación).
- G06F:Tratamiento de datos digitales elécticos.

Redes de Investigación en Patentes

Con respecto a las redes de investigación en patentes, existe muy poco trabajo conjunto entre los países líderes, aunque se destaca la relación entre Alemania y la República Checa. El país líder Japón no presenta trabajo en conjunto con ningún país líder. Las empresas líderes en patentamiento no trabajan en conjunto, muy posiblemente por tratarse de competencia directa entre ellas (Ver gráficos 86 y 87).

Gráfico 86. Redes de Investigación entre Países Líderes en Patentes. Línea tecnológica: Vehículos Híbridos

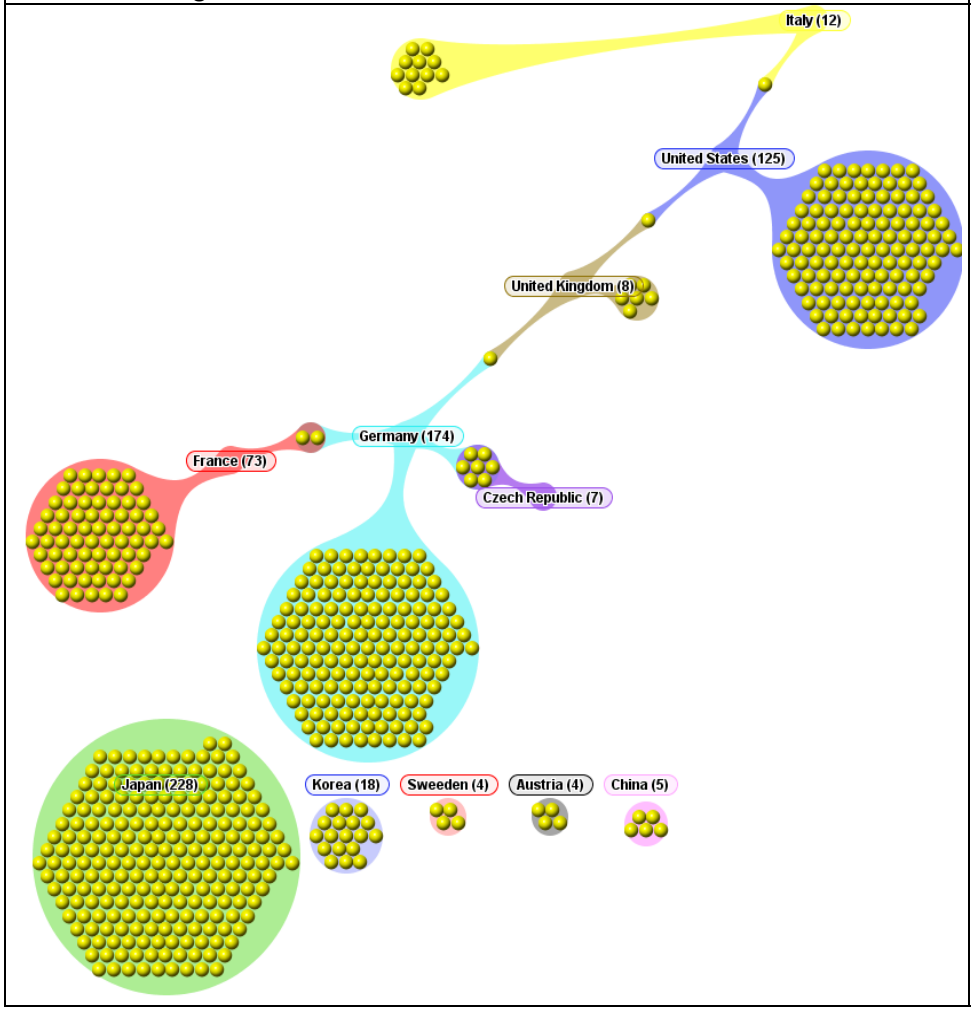
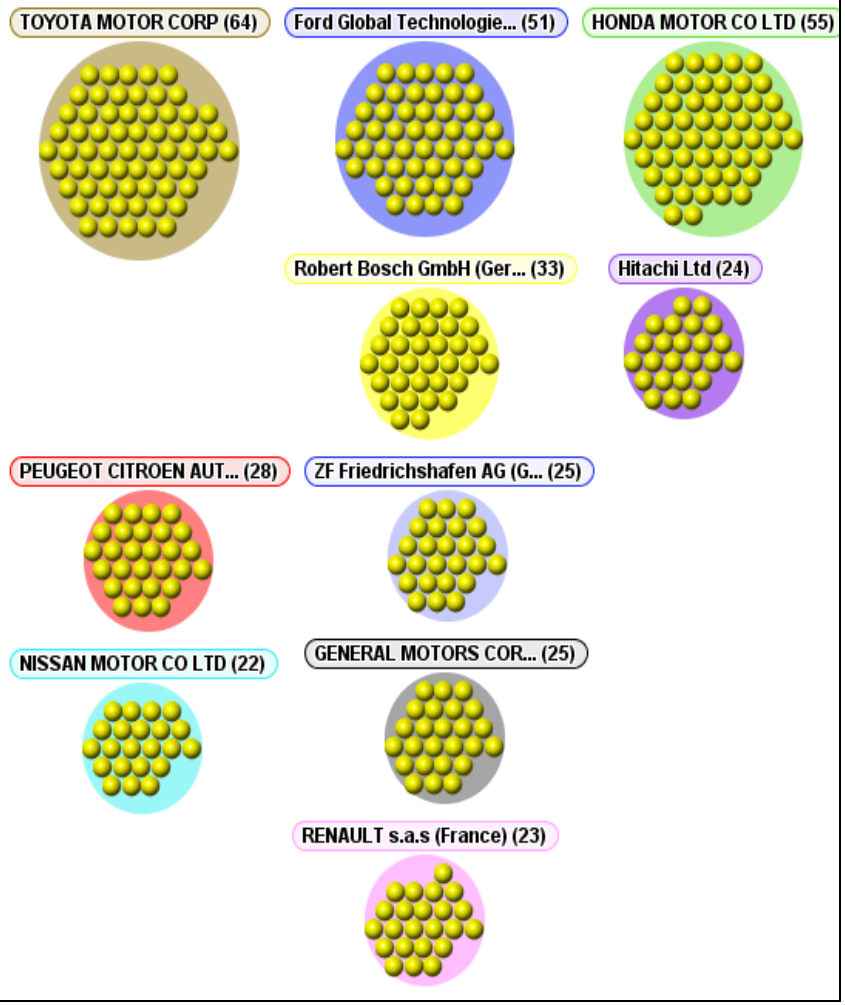


Gráfico 87. Redes de Investigación entre Instituciones Líderes en Patentes. Línea tecnológica: Vehículos Híbridos



Fuente: Base de datos Goldfire, consultada el 28 de noviembre de 2011, procesada en Vantage Point.

Tendencias representativas Línea tecnológica: Vehículos híbridos

Los países que se consideran líderes en la publicación de artículos científicos y patentes son Japón, Estados Unidos y Alemania e Italia. Es interesante que países asiáticos como China y Corea del Sur aparezcan como líderes en la publicación de artículos científicos y patentes respectivamente.

El liderazgo institucional de las patentes se concentran en las grandes OEM, las cuales ya tienen un mercado desarrollado con este tipo de vehículos. Sin embargo, el liderazgo institucional se concentra en las universidades y tan solo aparece General Motors como líder.

Las temáticas relacionadas con el tema de vehículos híbridos están estrechamente relacionadas con el desarrollo de vehículos eléctricos, celdas de combustible, baterías y simulación por computador. El mayor número de patentes se concentra en el desarrollo de Propulsión de vehículos impulsados eléctricamente y sistemas de control especialmente adaptadas a vehículos híbridos.

8.5 Principales hallazgos del ejercicio de Vigilancia Tecnológica

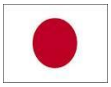
El análisis transversal del ejercicio de Vigilancia Tecnológica permite identificar los países e instituciones líderes en la publicación de artículos y patentes, como lo muestra el siguiente cuadro. Para cada país se especifica el puesto que ha ocupado como líder en las cuatro líneas tecnológicas de manera global. Posteriormente, se presenta el nombre de las instituciones y empresas líderes en artículos científicos y patentes, respectivamente.

Estados Unidos, Alemania y Japón son sin duda los países líderes en términos globales (artículos y patentes), pues tienen una participación importante en todas las líneas tecnológicas, lo que ratifica el liderazgo que tradicionalmente han tenido en la industria automotriz. Por su parte, China, Francia y Reino Unido se perfilan como países que tienen una participación significativa en la investigación. De estos tres países, es interesante el caso de China, dado que tradicionalmente no ha sido un líder en la industria automotriz mundial. Sin embargo, esta situación ha ido cambiando en los últimos años con la fuerte dinámica de crecimiento económico del país, que lo sitúa como uno de los principales fabricantes de autos en la actualidad, con un gran potencial de expansión en el mundo.

Si bien, en la investigación relacionada con las cuatro líneas tecnológicas, países como Corea e Italia y en menor medida Suecia, Holanda y Brasil no son tan significativos en la actualidad, tienen algunas investigaciones relacionadas en varios de los temas y a futuro pueden convertirse en jugadores importantes.

Dentro del trabajo en red que se plantea, se debe trabajar en la articulación con las redes existentes entre las universidades líderes en investigación, como por ejemplo la Universidad de Michigan, la Universidad de California y la Universidad Tsinghua y las grandes OEM como es el caso de GM, Ford Motor Corp, Daimler Chrysler, BWM, Volkswagen, Nissan Motor Corp, Toyota Motor Corp y Renault, entre otras.

Gráfico 88. Países e instituciones líderes en publicación de artículos y patentes en las cuatro líneas tecnológicas analizadas

PAÍSES LÍDERES	POSICIÓN	INSTITUCIONES LÍDERES EN LA PUBLICACIÓN DE ARTÍCULOS CIENTÍFICOS	INSTITUCIONES LÍDERES EN EL DESARROLLO DE PATENTES
ESTADOS UNIDOS			
	Primer puesto en publicación artículos científicos; Segundo puesto en la publicación de patentes	University of California; University of Michigan; Argonne National Laboratory; Oak Ridge National Laboratory; Massachusetts Institute of Technology; GM; Ford Motor Corp	Ford Motor Corp; GM; Afton Chemical Corporation; Michigan University;
ALEMANIA			
	Tercer puesto en publicación de artículos científicos; Primer puesto en publicación de patentes	DaimlerChrysler; RWTH Aachem University; Volkswagen AG; BMW	Audi; BMW; Daimler-Chrysler; Robert Bosh; ZF Friedrichshafen; Porsche; Mercedes Benz; Volkswagen
JAPÓN			
	Cuarto puesto en publicación de artículos científicos; Primer puesto en publicación de patentes	Nissan Motor Corp; Toyota Motor Corp; Honda Motor Co Ltd;	Nissan Motor Corp; Honda Motor Corp; Toyota Motor Corp; Mitsui Petrochem; Mitsubishi Motor; Teijin Ltd; Hitachi Ltd
CHINA			
	Segundo puesto en publicación de artículos científicos; Cuarto puesto en publicación de patentes	State Key Joint Laboratory; Tsinghua University; Shanghai JiaoTong University; Jilin University	Tsinghua University
FRANCIA			
	Tercer puesto en publicación de patentes	Renault	Peugeot-Citroen; Renault; Faurecia Automotive Industry;
REINO UNIDO			
	Quinto puesto en publicación de artículos científicos		James Engineering

Fuente: Elaboración propia.

Líderes en Publicación de Artículos:

- En la publicación de artículos científicos Estados Unidos es el líder absoluto, seguido por China, Alemania y Japón.

- Entre las instituciones que más publican, para el caso de Estados Unidos y China se encuentran universidades, centros de investigación y empresas de gran reconocimiento, como la Universidad de Michigan, la Universidad de California, Argonne National Laboratory, la Universidad Tsinghua y State Key Joint Laboratory, y las OEM General Motors y Ford Motor Corp, quienes realizan importantes inversiones en investigación y desarrollo. En los demás países la dinámica de la publicación de artículos está más liderada por las grandes OEM,

como por ejemplo las empresas alemanas Daimler Chrysler, BWM, Volkswagen y las japonesas Nissan Motor Corp y Toyota Motor Corp.

Líderes en Publicación de Patentes:

- Los líderes en la dinámica de patentamiento son Alemania y Japón, seguidos por Estados Unidos y Francia.
- La dinámica de patentamiento está mucho más concentrada entre los países e instituciones y se relaciona más estrechamente con las grandes OEM y tiers de la industria automotriz, y en menor medida con las universidades y centros de investigación, como el caso de la Universidad Tsinghua, en China.

La importancia de las instituciones líderes radica en que son socias potenciales para la industria automotriz nacional. En el marco del proyecto *Construyendo el Centro de Desarrollo Tecnológico de la Industria Automotriz Colombiana*, las instituciones líderes se pueden articular al CDTA en una o varias de las líneas de investigación analizadas y por ende, se debe evaluar su inclusión en la estrategia tecnológica a corto, mediano y largo plazo, con el fin de desarrollar la agenda de I+D+i ambiental de alto nivel, en correspondencia con los retos que plantea la industria automotriz mundial.

Con respecto a los temas de investigación, se identificaron varias temáticas críticas transversales a las cuatro líneas analizadas como las emisiones de CO2 y el calentamiento global, el análisis del ciclo de vida de los vehículos, las técnicas de simulación por computador y los vehículos eléctricos, que se presentan como una tecnología con un gran potencial a nivel mundial.

Los resultados del ejercicio de vigilancia tecnológica realizado sobre las cuatro líneas tecnológicas evidencian que existe una amplia brecha tecnológica y de investigación entre los países e instituciones líderes y las instituciones educativas, centros de investigación y empresas de la industria automotriz colombiana. Sin embargo, esta brecha se puede reducir a través del establecimiento de alianzas y acuerdos de transferencia internacional de conocimiento, entre organizaciones nacionales e internacionales.

9. ANÁLISIS DE CAPACIDADES DE FORMACIÓN, INVESTIGACIÓN E INVENCIÓN DE LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ COLOMBIANA

En este capítulo, se presenta un análisis de las capacidades en formación, investigación e invención de la industria automotriz colombiana, las cuales se clasifican en:

- *Capacidades Relacionadas y de Apoyo:* Son los programas de formación, número de egresados y patentes, que se relacionan con la industria automotriz en general y que eventualmente podrían reorientarse para generar una contribución más directa, particularmente en el componente ambiental.

- *Capacidades Directas:* Son los programas de formación, grupos de investigación (líneas de investigación) y centros de investigación directamente relacionados con el componente ambiental de la industria automotriz y con las líneas tecnológicas priorizadas en el ejercicio de vigilancia tecnológica.

Las capacidades académicas y tecnológicas de la industria automotriz colombiana, se relacionan con la oferta que tiene el país en formación, investigación e invención identificadas para la industria. Estas capacidades se dividen en:

Cuadro 8. Tipos de Capacidades

Capacidades de Formación: Hace referencia al número de programas de formación: técnico profesional, tecnología, universitaria, especialización, maestría y doctorado y al número de egresados en áreas directas y de apoyo a la industria automotriz.

Capacidad de Invención: Se representan en el número de solicitudes de patentes de invención, patentes de modelos de utilidad y diseños industriales identificados por la Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica EDIT del DANE.

Capacidades de Investigación: Son las capacidades que tiene el país representadas con el número de grupos de investigación y centros de investigación relacionados directamente con las líneas tecnológicas priorizadas en el ejercicio de VT.

Capacidades Nacionales= + Formación (SNIES + Observatorio Laboral) + Innovación/Invención (EDIT-DANE) + Investigación (SCIENTI)

Fuente: Elaboración propia, con base en MEDINA, Javier. Escenarios y estrategias de transformación productiva y social para Colombia: ¿Con que capacidades potenciamos cuáles sectores estratégicos?, 2008.

Las bases de datos consultadas para realizar el análisis de capacidades fueron las siguientes:

- SNIES: Sistema Nacional de Información de la Educación Superior, del Ministerio de Educación Nacional, donde se encuentra la información en relación con las instituciones y programas académicos aprobados por el Ministerio de Educación.

- Observatorio Laboral para la Educación Graduados Colombia: Cuenta con información académica de los graduados reportados en el SNIES, de la integración de bases de datos con los Ministerios de Hacienda y Protección Social y de la encuesta de seguimiento a graduados[197].

- Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica EDIT del DANE 2008-2009, la cual mide la dinámica del cambio técnico y la innovación en Colombia y su impacto en la productividad y competitividad del país. Para el análisis, se tomaron en cuenta los siguientes códigos CIIU que corresponden a la División 34: Fabricación de vehículos automotores, remolques y semirremolques:
  3410 Fabricación de vehículos automotores y sus motores.
  3420 Fabricación de carrocerías para vehículos automotores; fabricación de remolques y semirremolques.
  3430 Fabricación de partes, piezas (autopartes) y accesorios (lujos) para vehículos automotores y para sus motores.

- ScienTI: Plataforma de Colciencias donde se encuentra la información de los investigadores y grupos de investigación del país reconocidos y categorizados. Para este caso, solo se tuvieron en cuenta los grupos de investigación que tuvieran relación con las líneas tecnológicas priorizadas en el ejercicio de vigilancia tecnológica.

Los resultados de las diferentes bases de datos se procesaron con el Software de Minería de Datos Vantage Point, licenciado por el Instituto de Prospectiva, Innovación y Gestión del Conocimiento de la Universidad del Valle.

9.1 Capacidades de formación

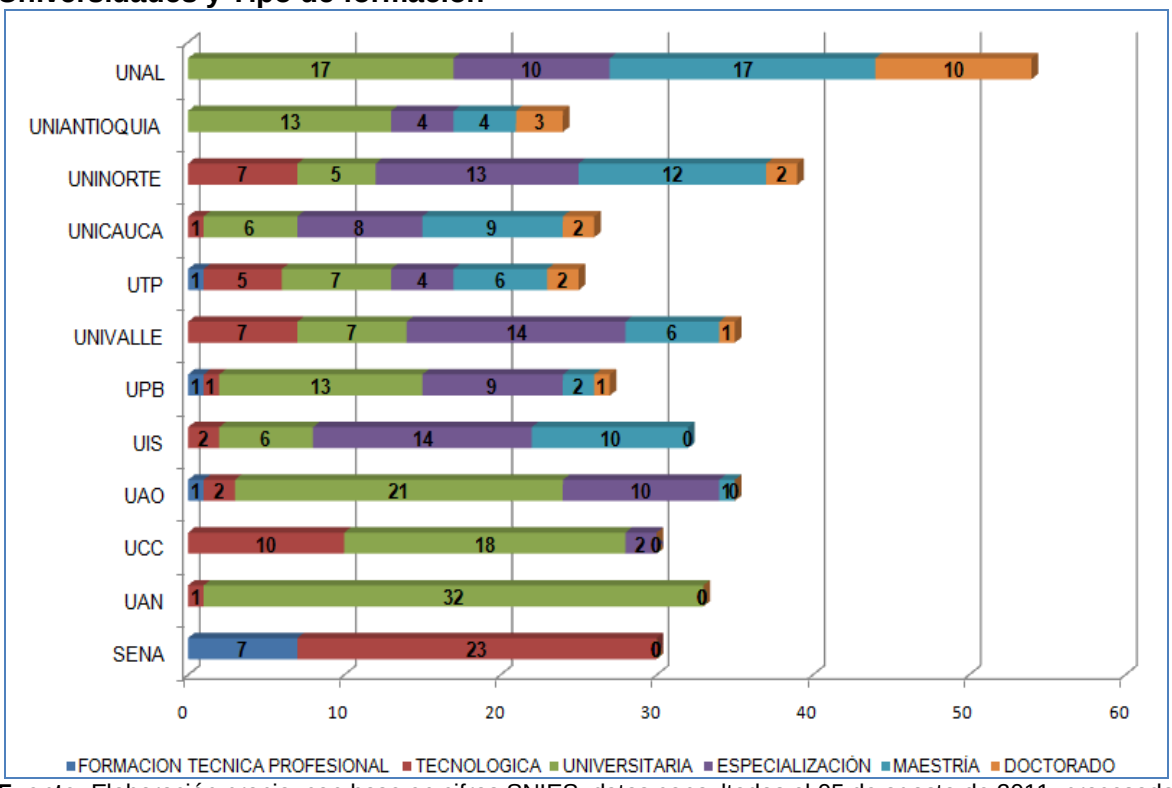
Hace referencia a las capacidades que poseen las instituciones de formación en el país tanto en la creación de programas pertinentes para el desarrollo de la industria automotriz en Colombia, como para la formación de egresados en los diferentes niveles: técnico profesional, tecnología, universitaria, especialización, maestría y doctorado.

9.1.1 Programas de formación.

En el gráfico 89 se presenta el número de programas académicos por tipo de formación (Formación técnica profesional; tecnológica; universitaria; especialización; maestría y doctorado) y por universidad en áreas relacionadas y afines con la industria automotriz colombiana.

[197] Para mayor información consultar el sitio web: http://www.graduadoscolombia.edu.co/

Gráfico 89. Programas de Formación en Áreas Relacionadas y Afines por Universidades y Tipo de formación[198]



Fuente: Elaboración propia, con base en cifras SNIES, datos consultados el 05 de agosto de 2011, procesado en Vantage Point 2011. Palabras claves: Industrial, Mecánica, Eléctrica, Electrónica, Materiales, Producción, Ambiental, Mecatrónica, Telemática, Sistemas, Física.

De acuerdo a los resultados, en las principales universidades del país, existe un potencial enorme de programas de formación afines, que pueden reorientar sus contenidos curriculares a formación especializada, que apoye el desarrollo de la industria automotriz colombiana, particularmente en el componente ambiental.

En ese sentido es importante mencionar los diez (10) doctorados de la Universidad Nacional, tres (3) en la Universidad de Antioquia, dos (2) doctorados en la Universidad del Norte, dos (2) en la Universidad del Cauca, al igual que la Universidad de Pereira, un (1) doctorado en la Universidad del Valle, y un (1) doctorado de la Universidad Pontificia Bolivariana[199].

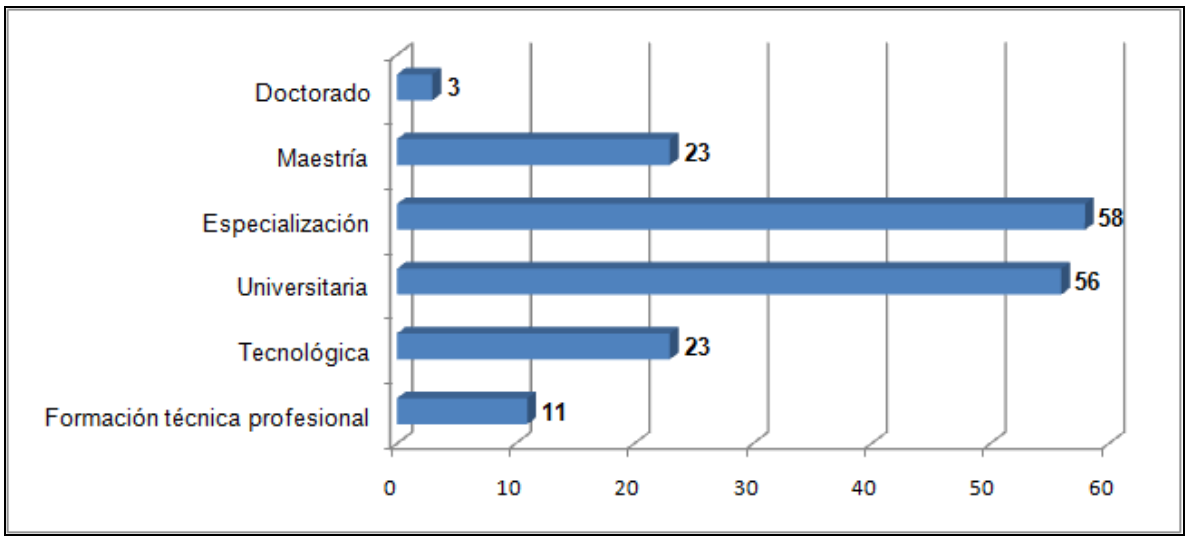
[198] Las siglas de las universidades se describen a continuación: UNAL: Universidad Nacional de Colombia; UNIANTIOQUIA: Universidad de Antioquia; UNINORTE: Universidad del Norte de Barranquilla; UNICAUCA: Universidad del Cauca; UTP: Universidad Tecnológica de Pereira; UNIVALLE: Universidad del Valle; UPB: Universidad Pontifica Bolivariana; UIS: Universidad Industrial de Santander; UAO: Universidad Autónoma de Occidente; UCC: Universidad Cooperativa de Colombia; UAN: Universidad Antonio Nariño; SENA: Servicio Nacional de Aprendizaje.

[199] Doctorados Universidad Nacional: Ingeniería de Sistemas y Computación; Ingeniería Ambiental; Física; Ingeniería–Sistemas; Ingeniería-Sistemas Energéticos; Ingeniería Industrial y Organizaciones (Medellín-Manizales); Ingeniería–Automática; Ingeniería Mecánica y Mecatrónica; Ingeniería Eléctrica. Doctorados Universidad de Antioquia: Ingeniería Ambiental; Ingeniería Electrónica; Ingeniería de Materiales. Doctorados Universidad del Norte: Ingeniería Industrial; Ingeniería Mecánica. Doctorados Universidad del Cauca: Ciencias

En la modalidad Universitaria se destacan los 32 programas de la Universidad Antonio Nariño, 21 en la Universidad Autónoma de Occidente, y 17 en la Universidad Nacional. En contraste, en la modalidad Técnica y Tecnológica se destacan 27 programas de formación en el SENA, 7 en la Universidad del Norte y 7 en la Universidad del Valle.

Con respecto a los programas relacionados directamente con el área ambiental, a partir de la Base de Datos Snies, se identificaron 174 programas en las diferentes modalidades de formación. Se destaca el gran número de programas de especialización (60) y de formación universitaria (56) y un número pequeño de programas de formación doctoral (3). En el gráfico 90 se presenta esta distribución:

Gráfico 90. Modalidades de programas de formación del área ambiental



Fuente: Elaboración propia, con base en cifras SNIES, datos consultados el 04 de marzo de 2012, procesado en Excel. Área Núcleo básico de conocimiento: Ingeniería ambiental sanitaria y afines.

Dentro de los programas del componente ambiental se destacan 19 especializaciones en gestión ambiental, 16 programas en ingeniería ambiental y 9 programas en tecnología de la gestión ambiental. Si bien estos programas no están directamente relacionados con la industria automotriz, si existe una buena masa crítica, la cual se pueden redirecccionar para la formación especializada en el componente ambiental de la industria automotriz.

de la electrónica; Ingeniería telemática. Doctorados Universidad del Pereira: Ingeniería; Ciencias Ambientales. Doctorado Universidad del Valle: Ingeniería. Doctorado Universidad Pontificia Bolivariana: Ingeniería térmica.

Dentro de los programas de formación técnica profesional y tecnológica se destaca el papel que cumple el SENA en la formación de temas relacionados directa y potencialmente con la industria automotriz colombiana, como por ejemplo: mantenimiento automotriz, mantenimiento en sistemas eléctricos de automotores, soldadura, metalmecánica, gestión de la producción, automatización industrial, fabricación de moldes y troqueles, entre otros. Además, existen programas de formación directamente relacionados con el componente ambiental, los cuales se presentan en el siguiente cuadro:

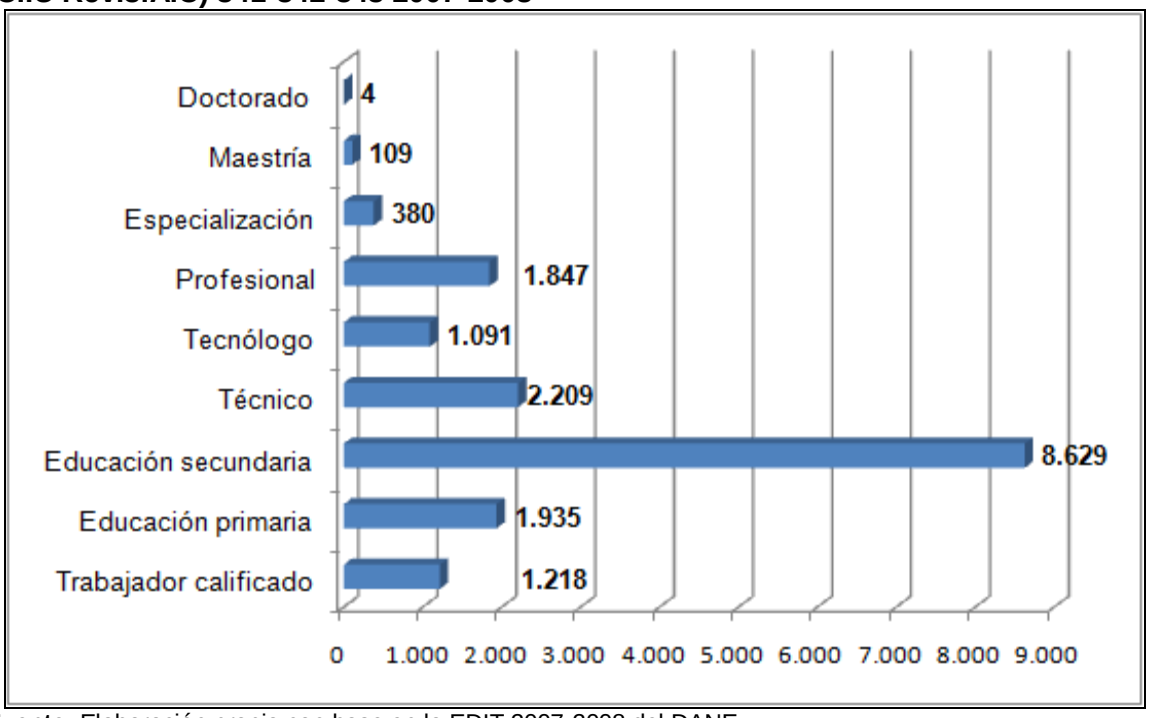
Cuadro 9. Programas de formación técnica y tecnológica del SENA relacionados con el componente ambiental de la industria automotriz colombiana

Nombre del Programa	Tipo de formación	Lugar de formación
Producción de biocombustibles y alcoholes	Tecnológica	Valle y Huila
Tecnología en gestión ambiental	Tecnológica	Bogotá
Tecnología en control ambiental	Tecnológica	Bogotá y Pasto
Tecnología en gestión de recursos naturales	Tecnológica	Atlántico
Gestión del ciclo de vida del producto	Tecnológica	Huila
Mantenimiento de motores diesel	Formación técnica profesional	Antioquía, Atlántico, Bogotá, Caldas, Cauca, Guajira, Huila, Norte de Santander, Valle del Cauca
Mantenimiento de motores a gas y gasolina	Formación técnica profesional	Antioquía, Atlántico, Bogotá, Cauca, Guajira, Huila, Valle
Técnica profesional en gestión de sistemas de manejo ambiental	Formación técnica profesional	Bogotá
Técnica profesional en control ambiental	Formación técnica profesional	Bogotá

Fuente: Elaboración propia con información de la Base de Datos Snies y Páginas web de los Centros de Formación del Sena. Consultadas el 22 y 23 de febrero de 2012. Ver www.sena.edu.co/

Como complemento a las capacidades de formación de la industria automotriz, se consultaron los resultados de la Encuesta de desarrollo e innovación tecnológica del DANE 2007-2008, la cual identifica el personal ocupado en las empresas de la industria automotriz, por nivel educativo. En el gráfico 91 se presentan estos resultados.

Gráfico 91. Personal ocupado en las empresas industriales, por nivel educativo, (CIIU Rev.3.A.C) 341-342-343 2007-2008

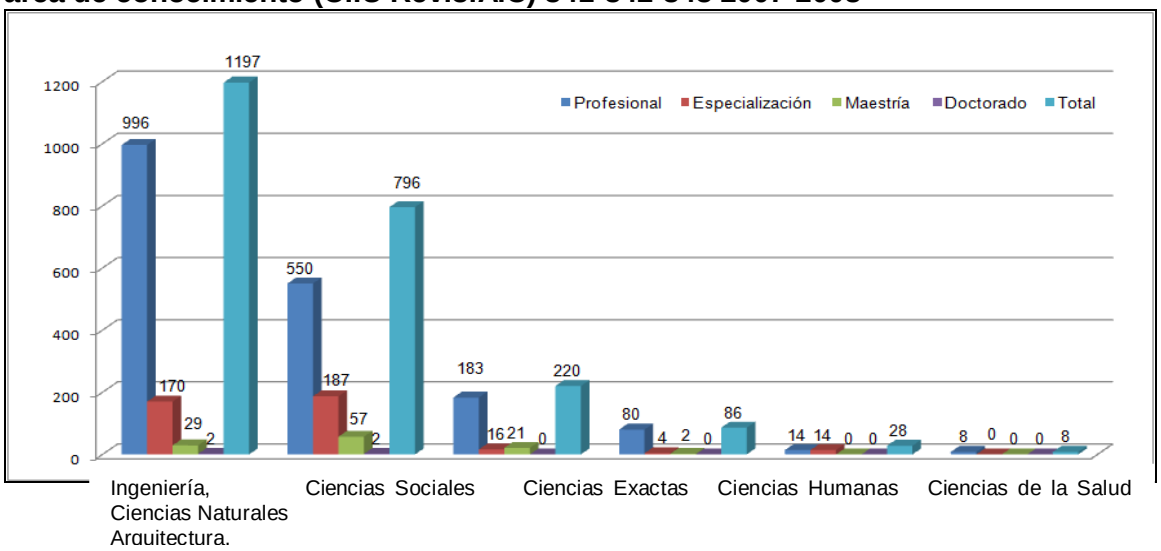


Fuente: Elaboración propia con base en la EDIT 2007-2008 del DANE.

De acuerdo con los resultados, se observa que la industria tiene un mayor número de personas ocupadas en el nivel de educación secundaria con 8.629 personas. En contraste, se resalta el poco número de personas empleadas en la industria con formación superior: especialización, maestría y doctorado. De hecho, solo existen cuatro personas con formación doctoral empleadas en la industria, lo que indica la necesidad de formación especializada que contribuya al desarrollo de innovaciones en la industria.

Con respecto a las áreas de formación se destaca el número de empleados en el área de ingeniería, arquitectura, urbanismo y afines, con un total de 1.197 personas. En contraste, existe un bajo número de ocupados que tienen formación en ciencias naturales. En el gráfico 92 se presentan estos resultados.

Gráfico 92. Personal ocupado en las empresas industriales, por nivel educativo y área de conocimiento (CIIU Rev.3.A.C) 341-342-343 2007-2008



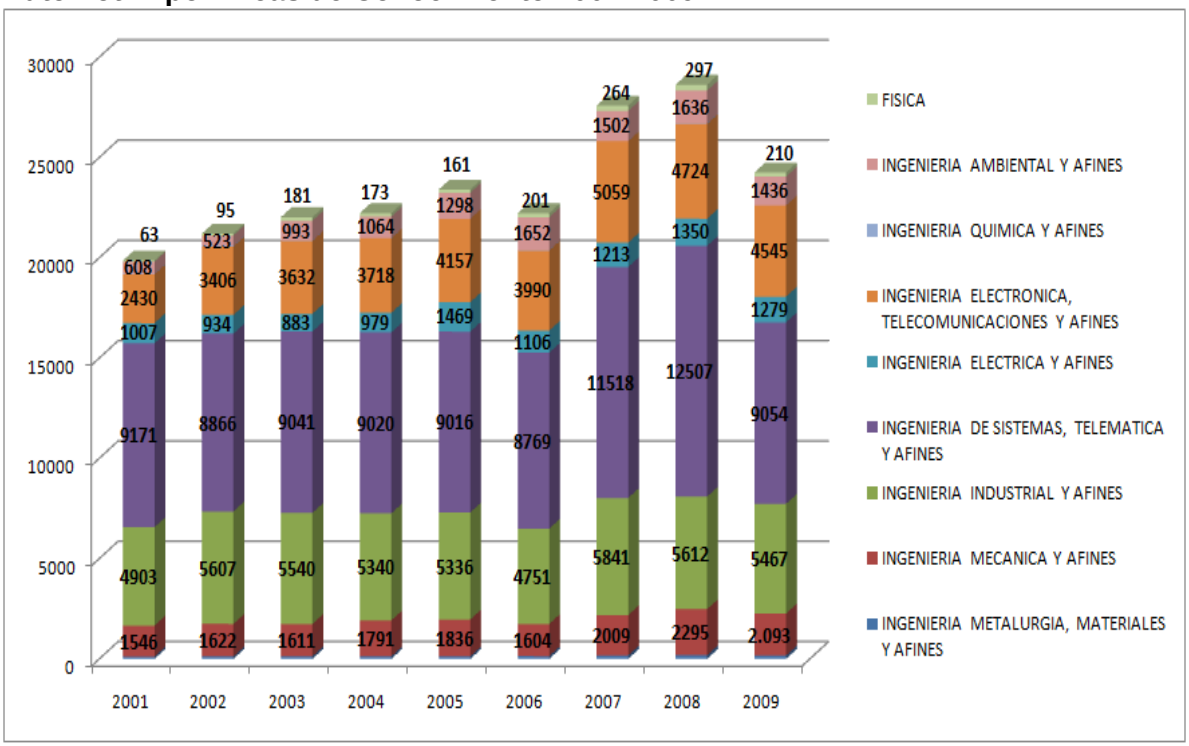
Fuente: Elaboración propia con base en la EDIT 2007-2008 del DANE.

9.1.2 Egresados

En este componente se analizan las capacidades nacionales correspondientes a los egresados del sistema educativo colombiano, que puedan contribuir al desarrollo de la industria automotriz nacional.

En el gráfico 93 se presenta el total de graduados en áreas relacionadas y de apoyo a la industria tales como: física, ingeniería ambiental y afines, ingeniería química y afines, ingeniería electrónica, telecomunicaciones y afines, ingeniería eléctrica y afines, ingeniería de sistemas telemática y afines, ingeniería industrial y afines, ingeniería mecánica y afines e ingeniería metalúrgica, materiales y afines.

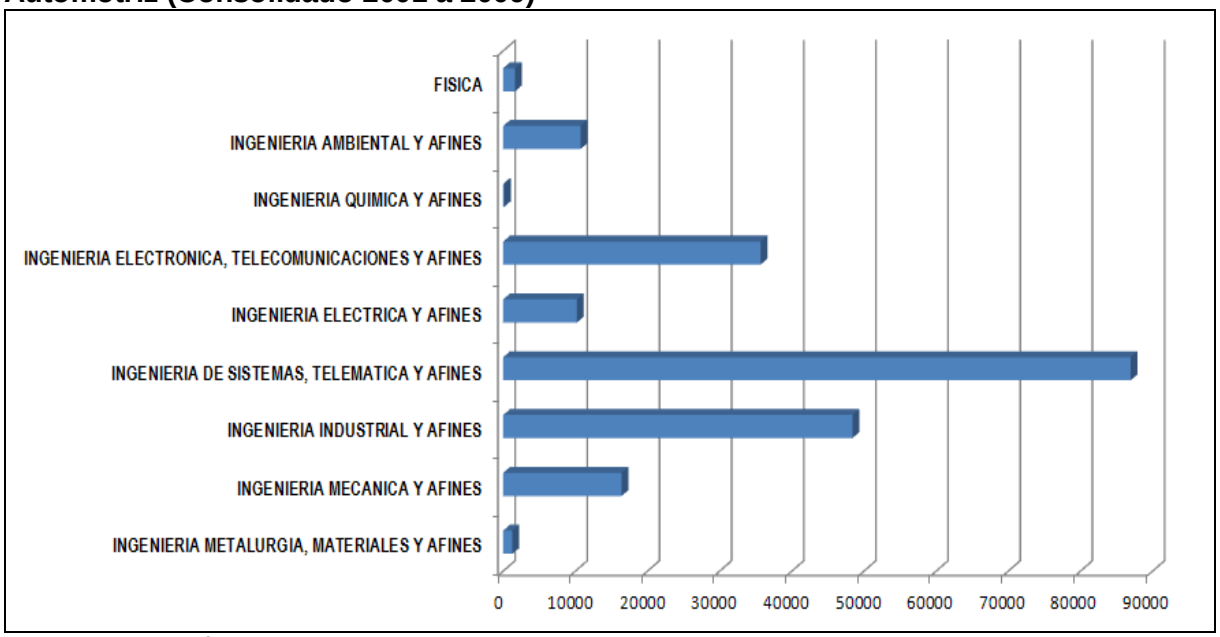
Gráfico 93. Graduados en Áreas Relacionadas y de Apoyo para la Industria Automotriz por Áreas de Conocimiento 2001-2009



Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos, Graduados Colombia - Observatorio Laboral para la Educación, consultada el 24 de julio de 2011.
Palabras claves: Industrial, Mecánica, Eléctrica, Electrónica, Materiales, Producción, Ambiental, Mecatrónica, Telemática, Sistemas, Física.

Al analizar la información sobre los graduados en áreas relacionadas y de apoyo por áreas de conocimiento, se identifica una tendencia creciente de egresados entre 2001 y 2008, pasando de 19.860 en el año 2001 a 28.629 en el 2008, año en que se registra el mayor número de egresados en las distintas áreas. A lo largo de todo el periodo de análisis, se observa que hay una mayor participación del área de ingeniería de sistemas, telemática y afines, con participaciones que oscilan en promedio alrededor del 41% anual, esto equivale a un promedio de 9.662 graduados por año. También cabe resaltar las participaciones de las áreas de ingeniería industrial y afines (23% en promedio), y de ingeniería electrónica, telecomunicaciones y afines (16,7% en promedio). Esta última ha pasado de tener 2.430 graduados en el año 2001 a 4.545 en el 2009, prácticamente duplicándose en nueve años.

Gráfico 94. Graduados en Áreas Relacionadas y de Apoyo para la Industria Automotriz (Consolidado 2001 a 2009)

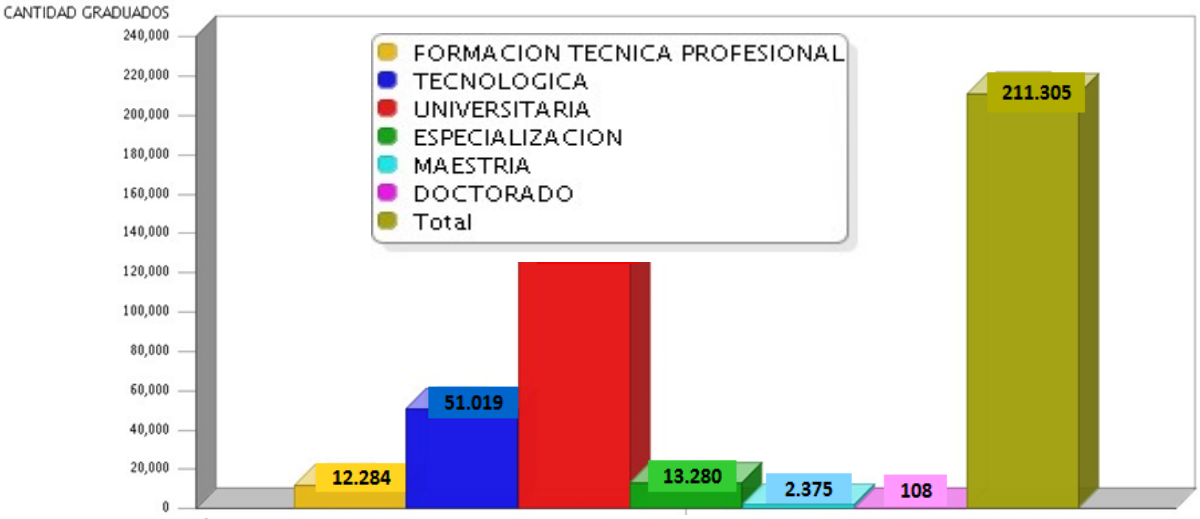


Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos, Graduados Colombia - Observatorio Laboral para la Educación, consultada el 24 de julio de 2011.
Palabras claves: Industrial, Mecánica, Eléctrica, Electrónica, Materiales, Producción, Ambiental, Mecatrónica, Telemática, Sistemas, Física.

En el acumulado de todo el periodo por área de conocimiento se observa la predominancia de la Ingeniería de sistemas, telemática y afines, con 86.962 egresados (41,13%), que si bien pueden ser de apoyo a la industria automotriz, se deben reorientar hacia el futuro para contar con un recurso humano especializado. Las ingenierías más cercanas a la industria automotriz, a saber, mecánica, metalurgia y materiales tienen porcentajes menores, entre ellas suman sólo el 8,36% de participación en el total de egresados en áreas relacionadas y de apoyo.

En áreas relacionadas y de apoyo, para el periodo 2001 a 2009, se observa que hay graduados en todos los niveles de formación, siendo predominante la universitaria, con el 62,5% de los graduados (correspondiente a 132.239 personas). Le siguen los tecnólogos, con el 24,14% (correspondiente a 51.019 personas), y en menor proporción los graduados en formación técnica (5,81%), especialización (6,28%), maestría (1,12%) y doctorado (0,05%). Como se puede apreciar en el siguiente gráfico, hay una masa crítica de apoyo de 211.305 egresados en diversos niveles de formación, pero sin una orientación hacia la industria automotriz. En el gráfico 95 se presenta este comportamiento.

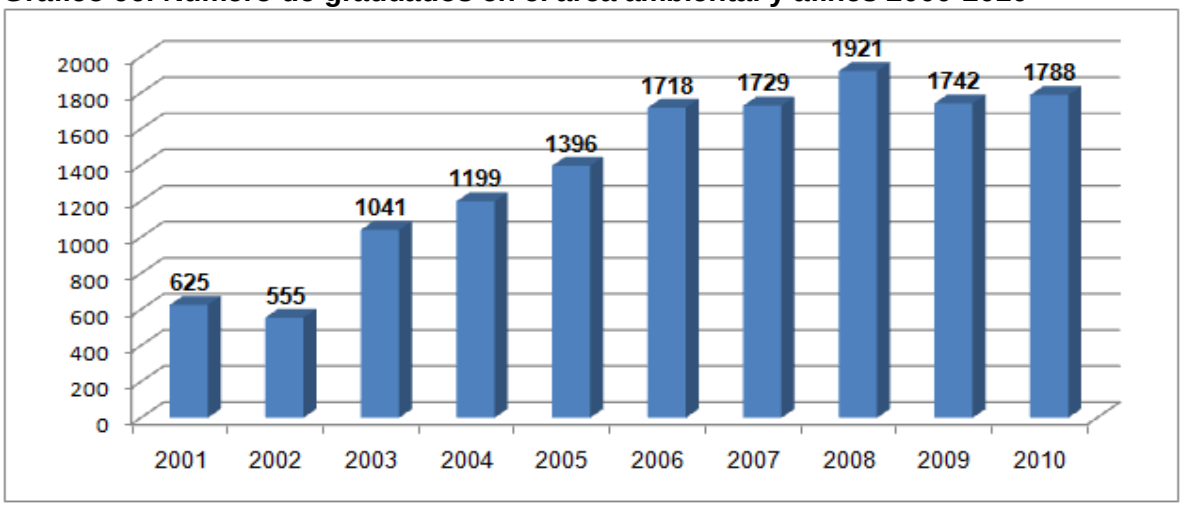
Gráfico 95. Graduados en Áreas Relacionadas y de Apoyo para la Industria Automotriz (entre 2001 y 2009) por Tipo de Formación



Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos, Graduados Colombia - Observatorio Laboral para la Educación, consultada el 24 de julio de 2011.
Palabras claves: Industrial, Mecánica, Eléctrica, Electrónica, Materiales, Producción, Ambiental, Mecatrónica, Telemática, Sistemas, Física.

Con respecto a la formación directamente relacionada con el componente ambiental, en el gráfico 96 se presenta la evolución en el número de graduados en el período 2000-2010, que representan un total de 13.714 egresados. Los programas de formación que se destacan por el número de egresados son: Ingeniería ambiental con 6.041 graduados y administración ambiental con 2.610 graduados.

Gráfico 96. Número de graduados en el área ambiental y afines 2000-2010



Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos, Graduados Colombia - Observatorio Laboral para la Educación, consultada el 1 de Marzo de 2012.

De acuerdo con los resultados, los egresados en las áreas relacionadas y de apoyo representan un gran potencial para la industria, pues hay buena disponibilidad de

técnicos, tecnólogos y profesionales (con especialización, maestría y doctorado), que suman en total 211.305 graduados en diversas áreas, principalmente en sistemas y telemática, industrial, electrónica y telecomunicaciones. No obstante, se requeriría una estrategia de reorientación para que parte de este grupo pueda participar directamente en la Industria Automotriz, con conocimientos especializados. También se debe impulsar un mejor desarrollo de las ingenierías mecánica y metalúrgica, como áreas del conocimiento estrechamente relacionadas que presentan participaciones muy bajas a lo largo de la década.

También es importante aprovechar el número importante de egresados en el componente ambiental, particularmente en las especializaciones, las cuales se podrían focalizar en temas relacionados con los impactos ambientales de la industria automotriz colombiana.

9.2 Capacidades de Invención

Las capacidades de invención de la industria automotriz colombiana se relacionan con la identificación del número de registros de propiedad intelectual obtenidos por las empresas pertenecientes a los Códigos CIIU 341, 342 y 343 y los obstáculos que han presentado las empresas para obtener los registros de propiedad intelectual. Esta información se tomó de los resultados de la Encuesta EDIT 2007-2008 del DANE.

En el gráfico 97 se presenta el número de registros de propiedad intelectual presentados por las empresas hasta el año 2008, donde se evidencia que existe una gran disposición por parte de las empresas a establecer acuerdos o contratos de confidencialidad con los empleados (559) y acuerdos o contratos de confidencialidad con otras empresas (165), lo que puede indicar que el conocimiento está muy concentrado al interior de cada empresa y no hay transferencia de conocimiento entre los principales actores de la industria.

Se destacan los registros de alta complejidad en el diseño, lo que puede indicar que al interior de las empresas se está fomentado el desarrollo de diseños propios, lo que va de la mano de las tendencias internacionales de la industria, donde la capacidad de diseño es muy importante para incorporar elementos diferenciadores que permitan la mejora de la competitividad y el posicionamiento en el mercado.

También se evidencia que existe un registro muy bajo de patentes de modelos de utilidad[200] (5), patentes de invención[201] (23) y diseños industriales[202] (14) que son los que miden en gran parte la capacidad de invención de las empresas.

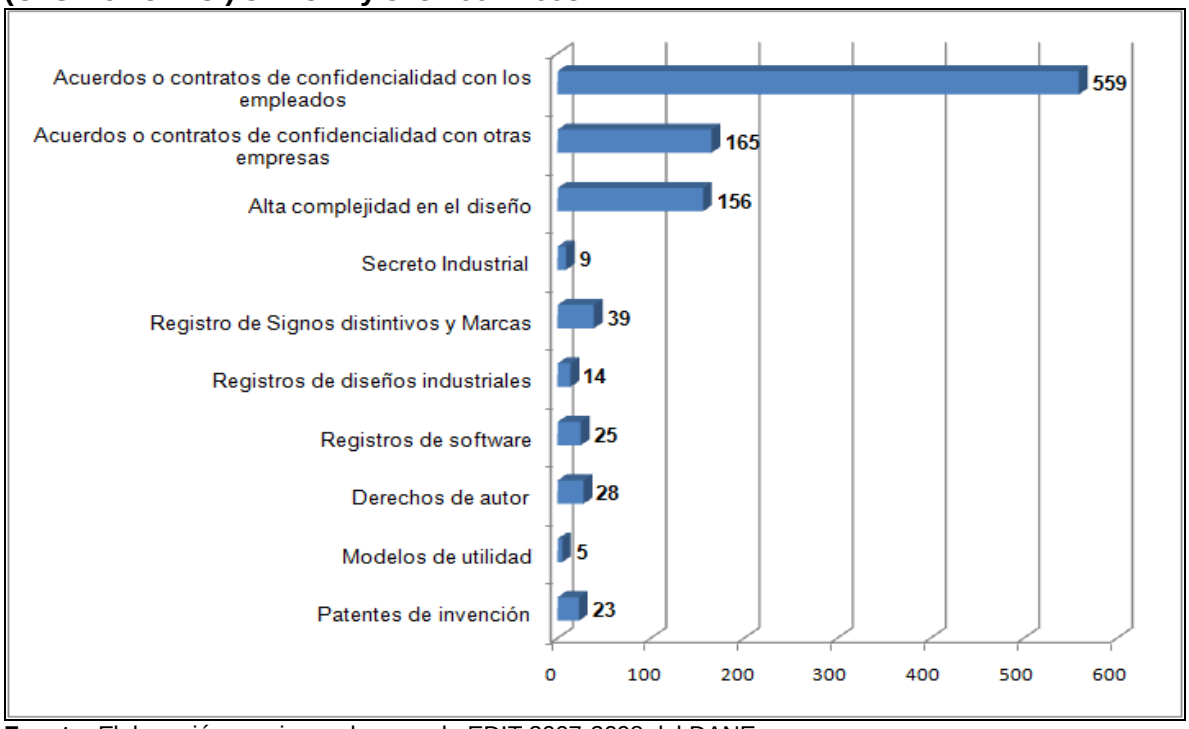
[200] Patente de Modelo de Utilidad: protege toda nueva forma, configuración o disposición de elementos, de algún artefacto, herramienta, instrumento, mecanismo u otro objeto o de alguna parte del mismo, que permita un mejor o diferente funcionamiento, utilización o fabricación del objeto que le incorpore o que le proporcione alguna utilidad, ventaja o efecto técnico que antes no tenía.. Su período de protección es de diez (10) años.

[201] Patente de Invención: Es un título de propiedad que se otorga a todo nuevo producto o procedimiento que ofrece una nueva manera de hacer algo, o una nueva solución técnica a un problema. La patente de invención se concede por un término de veinte (20) años.

[202] Diseño Industrial: se define como toda forma o apariencia estética de elementos funcionales o decorativos que sirven de patrón para su producción en la industria, manufactura o artesanía; su forma le da valor agregado al producto y genera diferenciación y variedad en el mercado. Su periodo de protección es diez (10) años.

En general, se puede afirmar que los registros de protección de la propiedad intelectual son muy bajos, probablemente porque las empresas de la industria automotriz colombiana tienen un bajo nivel inventivo y sus desarrollos tecnológicos vienen de las grandes OEM internacionales.

Gráfico 97. Registros de protección de la propiedad intelectual obtenidos por las empresas industriales, por tipo de método de protección, según grupo industrial (CIIU Rev.3.A.C.) 341-342 y 343 2007-2008

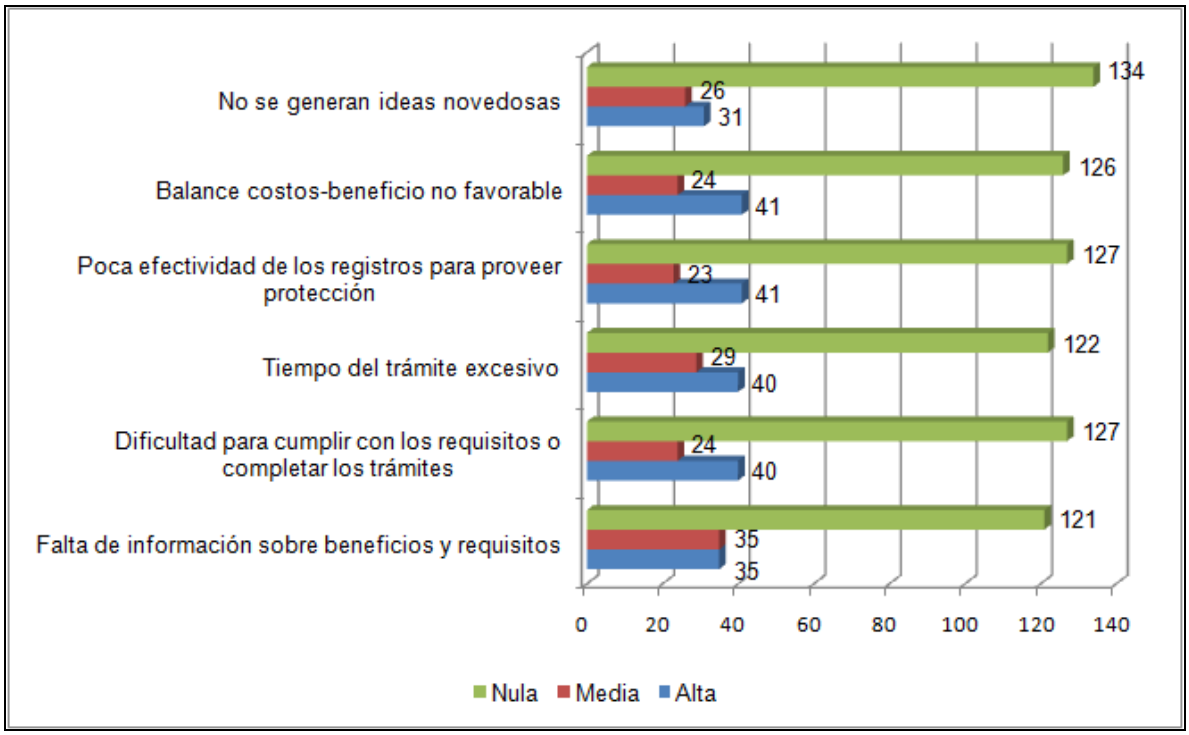


Fuente: Elaboración propia con base en la EDIT 2007-2008 del DANE.

Los bajos registros de propiedad intelectual se relacionan con los obstáculos para la obtención de los mismos. En el gráfico 98 se presenta la importancia de estos obstáculos, los cuales se clasifican como altos, medios o nulos. De acuerdo con los resultados, donde se manifiestan mayores obstáculos es en el balance costo-beneficio no favorable y en la poca efectividad de los registros para proveer la protección.

También se evidencia que existe una inconformidad por parte de las empresas con el tiempo excesivo del trámite y con la dificultad para cumplir con los requisitos o completar los trámites. De hecho, el registro de patentes de invención y patentes de modelos de utilidad ante la Superintendencia de Industria y Comercio es un proceso largo, dispendioso y costoso, lo cual desestimula en parte, la protección de las invenciones por parte de las empresas de la industria.

Gráfico 98. Importancia de los obstáculos para la obtención de registros de propiedad intelectual, por tipo de obstáculo, según grupo industrial (CIIU.Rev.3.A.C) 341-342-343 años 2007-2008



Fuente: Elaboración propia con base en la EDIT 2007-2008 del DANE.

En este sentido, seria clave que el gobierno, los gremios, Colciencias y la Superintendencia de Industria y Comercio busquen mecanismos e incentivos para que las empresas se vean estimuladas a proteger sus invenciones a través de los registros de propiedad intelectual.

9.3 Capacidades de Investigación

Este componente hace referencia, a las capacidades que tiene el país representadas con el número de grupos de investigación y centros de investigación relacionados directamente con las líneas tecnológicas priorizadas por la industria automotriz colombiana

El método utilizado para la identificación de las capacidades de investigación fue la exploración de dos bases de datos especializadas. En primer lugar, se utilizó el Sistema de Información de Colciencias Scienti, el cual cuenta con la información detallada de los miembros, proyectos y publicaciones de los Grupos de Investigación que permite clasificarlos por su nivel de desarrollo. En el proceso de búsqueda se identificaron los Grupos de Investigación de acuerdo a la Categorización de Colciencias (A1, A, B, C y D) quien clasifica a los grupos de investigación científica, tecnológica y de innovación del país con el objetivo de medir la productividad, trayectoria y madurez de los grupos, a partir de descriptores de sus actividades y resultados.

Para la identificación de los Centros de Investigación, se analizó el documento “Diseño y aplicación de una metodología para la caracterización de centros autónomos de investigación y desarrollo tecnológico” elaborado por el Observatorio Nacional de Ciencia y Tecnología, donde se identifican los principales centros de investigación del país, en este caso el objetivo es identificar los centros, relacionados con las líneas tecnológicas priorizadas a partir del mapa tecnológico ambiental de la industria automotriz.

En el cuadro 10 se presentan los programas de formación específicos, los grupos de investigación y los centros de investigación relacionados con las temáticas de las líneas tecnológicas priorizadas por la industria: Tecnologías para mejorar la eficiencia de la energía, Materiales de reciclaje y reuso, Biocombustibles y Vehículos Híbridos. En el Anexo D se presenta en detalle los grupos de investigación de cada línea tecnológica.

Cuadro 10. Capacidades nacionales en formación e investigación de las líneas tecnológicas priorizadas por la industria automotriz colombiana

LÍNEAS TECNOLÓGICAS PRIORIZADAS	CAPACIDADES NACIONALES EN FORMACIÓN	CAPACIDADES NACIONALES EN INVESTIGACIÓN	
	Programas y egresados	Grupos de Investigación	Centros de Investigación
TECNOLOGÍAS PARA MEJORAR LA EFICIENCIA DEL USO DE LA ENERGÍA	Entre los programas de formación en Colombia directamente relacionados con la línea tecnológica sobre energía, se hallaron 24 programas académicos, que se mencionan a continuación: • 2 Doctorados (sistemas energéticos e ingeniería térmica). • 5 Especializaciones relacionadas con eficiencia. energética; fuentes renovables; gestión energética y ambiental; producción más limpia. • 4 Especializaciones en sistemas de transmisión y distribución de energía eléctrica. • 1 Especialización tecnológica en distribución y manejo de la energía. (inactiva) • 2 Programas de ingeniería energética. (1 de ellos inactivo). • 4 Maestrías en temas como sistemas energéticos; Gestión de recursos energéticos y energía eléctrica (1 de ellas está inactiva). • 1 Técnica profesional en operación de procesos extractivos de biomasa energética. • 5 Tecnologías en temas de energía eléctrica, gases y biomasa energética (2 de ellas ofrecidas por el SENA, 2 están inactivas). Cabe anotar que aunque aquí sólo se señalan aquellos programas directamente enfocados en temas energéticos, esta es una sublínea muy amplia, con temas transversales que pueden apoyarse en otras áreas del conocimiento como la ingeniería industrial, de materiales, mecánica, ambiental, eléctrica, electrónica y por supuesto automotriz, entre muchas otras posibles.	Dentro de los Grupos de Investigación a nivel nacional se han identificado 38 que trabajan directamente en el área de energía o como parte de alguna de sus líneas de investigación. De estos grupos, 4 son de categoría A1, 3 son de categoría A, 5 de B, 8 de C, 13 son de categoría D y 5 están sin clasificar.	• Cintel (Centro de Investigación de las telecomunicaciones, estudia y promueve el uso integral de las Tecnologías de Información y Comunicaciones (TIC)) • Sinertic (Centro de Desarrollo Tecnológico ESICenter Sinertic Andino).

LÍNEAS TECNOLÓGICAS PRIORIZADAS	CAPACIDADES NACIONALES EN FORMACIÓN	CAPACIDADES NACIONALES EN INVESTIGACIÓN	
	Programas y egresados	**Grupos de Investigación**	**Centros de Investigación**
MATERIALES DE RECICLAJE Y REUSO	Con respecto a los programas académicos se identifica que no existe un programa específico para el desarrollo de materiales de reciclaje y reuso. Sin embargo, al igual que en el caso de los biocombustibles, existen 90 programas académicos que manejan temas relacionados con la gestión ambiental, distribuidos de la siguiente manera: • 3 Doctorados • 12 Maestrías • 25 Especializaciones • 35 Programas profesionales • 13 Programas de formación tecnológica • 2 programas formación técnica profesional. Con respecto a los egresados, entre el período 2001-2009, los egresados en Ingeniería ambiental sanitaria y afines fueron 17.050 profesionales en el período mencionado. Esto indica que existe una masa crítica de egresados en áreas de conocimiento afines pero que deben especializarse en esta línea de investigación.	Existen 6 grupos de investigación relacionados con el área de investigación en materiales asociados al reciclaje: • Grupo de Investigación en Ingeniería de Materiales, de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, categoría D. • Grupo de materiales compuestos de la Universidad del Valle, categoría A1. • Grupo de materiales y manufactura CIPP-CIPEM, de la Universidad de los Andes. • Grupo de investigación en materiales de ingeniería de la Universidad EAFIT, categoría C. • Grupo de Investigación de Aprovechamiento Tecnológico de materiales y energía-GIATME, de la Escuela Colombiana de Carreras Industriales, Escuela tecnológica, categoría D. • Grupo de Investigación REM (Research in Energy and Materials) de la Universidad Antonio Nariño, categoría D.	Los centros de investigación que trabajan líneas de investigación relacionadas con los materiales de reciclaje y reuso son: • Centro Nacional de Producción Más Limpia y Tecnologías Ambientales – CNPMLTA (Medellín); • Corporación para el desarrollo industrial de la biotecnología y producción limpia Corpodib (Bogotá).

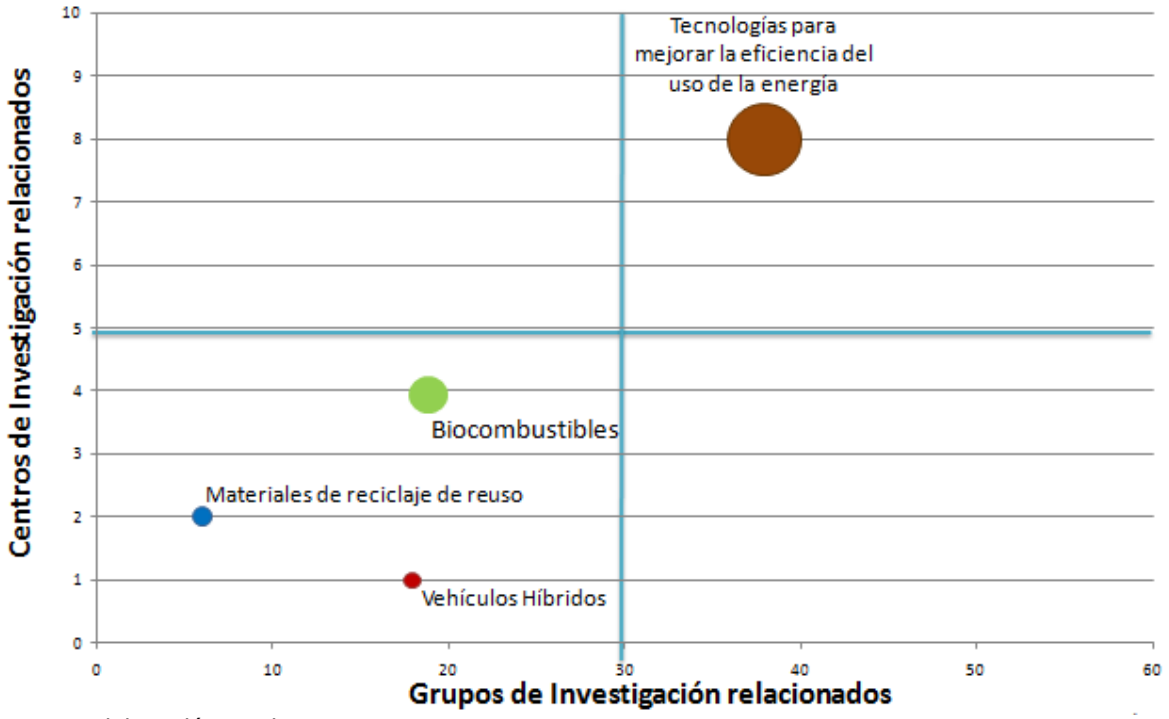
LÍNEAS TECNOLÓGICAS PRIORIZADAS	CAPACIDADES NACIONALES EN FORMACIÓN	CAPACIDADES NACIONALES EN INVESTIGACIÓN	
	Programas y egresados	**Grupos de Investigación**	**Centros de Investigación**
BIOCOMBUS-TIBLES	Con respecto a los programas académicos se identifica que solo existe un programa de formación tecnológica denominado Producción de biocombustibles y alcoholes el cual es ofrecido por el SENA. Sin embargo, existen 93 programas académicos relacionados con el área de química e ingeniería química, de los cuales 7 son de formación doctoral; 19 maestrías; 9 especializaciones; 39 universitarios; y 19 de formación tecnológica. Además, existen 90 programas académicos que manejan temas relacionados con la gestión ambiental. De estos 90 programas, 3 son de formación doctoral; 12 de maestría; 25 de especialización; 35 profesionales; 13 de formación tecnológica y 2 de formación técnica profesional. Con respecto a los egresados, entre el período 2001-2009, se graduaron 8.424 profesionales en Ingeniería química y afines y 5.561 en Química y afines. Los egresados en Ingeniería ambiental sanitaria y afines fueron 17.050 profesionales en el período mencionado. Esto indica que existe una masa crítica de egresados en áreas de conocimiento afines a la investigación en Biocombustibles, pero que deben especializarse en esta línea de investigación.	Se identificaron 18 grupos de investigación que tienen como líneas de investigación los biocombustibles. Estos grupos se encuentran clasificados en las siguientes Categorías de Colciencias: A1: 2 grupos; A:1 grupo; B:2 grupos; C:4 grupos; D:7 grupos y Sin clasificar: 2 Grupos. Esta relación puede indicar que a nivel nacional se han desarrollado investigaciones relacionadas con los biocombustibles y el CDTA se puede articular con las Universidades a las que pertenecen dichos grupos como: la Universidad Nacional de Colombia, La Universidad del Norte y la Universidad Industrial de Santander.	Los centros de investigación que trabajan líneas de investigación relacionadas con los biocombustibles y que podrían trabajar en conjunto con el CDTA son: Corporación Centro de Investigación en Palma de Aceite Cenipalma (Bogotá); El Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia – Cenicaña (Cali, Valle); Centro Nacional de Producción Más Limpia y Tecnologías Ambientales – CNPMLTA (Medellín); y la Corporación para el desarrollo industrial de la biotecnología y producción limpia Corpodib (Bogotá).

LÍNEAS TECNOLÓGICAS PRIORIZADAS	CAPACIDADES NACIONALES EN FORMACIÓN	CAPACIDADES NACIONALES EN INVESTIGACIÓN	
	Programas y egresados	**Grupos de Investigación**	**Centros de Investigación**
VEHÍCULOS HÍBRIDOS	Se identificaron 22 programas relacionados con Ingeniería eléctrica y en sistemas eléctricos, distribuidos de la siguiente manera: • 2 Doctorados • 2 Maestrías • 2 Especializaciones • 13 Programas universitarios • 3 Programas tecnológicos Con respecto a los egresados, existen 10.822 graduados entre 2001 y 2009 en Ingeniería eléctrica y afines.	Se identificaron 18 grupos de investigación que aunque no se dedican específicamente a la investigación en vehículos híbridos, si tratan temas relacionados con el transporte y la energía, celdas de combustibles y eficiencia energética. Estos grupos se encuentran clasificados en las siguientes Categorías de Colciencias: A1:1 grupo; B:2 grupos; C:5 grupos; D: 8 grupos y Sin Clasificar: 2 grupos. Las universidades a las que pertenecen estos grupos de investigación son: Universidad del Valle, Universidad del Norte, Universidad Nacional, Universidad de Antioquia, Universidad Industrial de Santander y la Universidad de San Buenaventura Bogotá que tiene una línea de investigación denominada Energía y vehículos.	Existe un centro de investigación relacionado con la investigación en vehículos híbridos: Corporación Centro de Investigación y desarrollo tecnológico del Sector Eléctrico CIDET (Medellín). Dentro las líneas de investigación del centro se encuentran: Clúster eléctrico colombiano; Mercados energéticos; Prospectiva y Vigilancia Tecnológica; Soluciones energéticas renovables; Proyecto en curso: Estudio de factibilidad de implementar una solución de transporte masivo eléctrico de mediana capacidad en Bogotá. Este centro se podría articular con el CDTA para desarrollar investigaciones en vehículos eléctricos.

Fuente: Elaboración propia a partir de la Base de Datos Scienti de Colciencias, Base de datos Snies del Ministerio de Educación, el Documento “Diseño y aplicación de una Metodología para la Caracterización de Centros Autónomos de Investigación y Desarrollo Tecnológico y las páginas web de los Centros analizados.

A partir de la información de las Capacidades, se construyó un plano cartesiano, en cuyo eje vertical se ubican los centros de investigación y en el horizontal, los grupos de investigación relacionados con cada línea tecnológica priorizada. El Gráfico 99 clasifica las líneas tecnológicas con base en el tamaño de la masa crítica existente de la comunidad científica.

Gráfico 99. Capacidades en Investigación por Líneas tecnológicas priorizadas Centros de investigación vs grupos de investigación relacionados - 2011



Fuente: Elaboración propia.

Las distintas líneas tecnológicas (representadas en cada círculo) se ubican en dos cuadrantes como se observa en el gráfico 99, de acuerdo con el número de grupos y centros de investigación que pueden dar apoyo al desarrollo de las mismas a nivel nacional. Así, por ejemplo, la línea tecnológica Tecnologías para mejorar la eficiencia en el uso de la energía, cuyo círculo de color café es el más grande (cuadrante superior derecho), cuenta con capacidades de I+D+i avanzadas en el país y con una masa crítica grande, lo que puede permitir generar resultados con mayor agilidad.

En contraste, las líneas tecnológicas: biocombustibles, materiales de reciclaje y reuso y vehículos híbridos, se ubican en el cuadrante inferior izquierdo, lo que indica que cuentan con capacidades en menor desarrollo, y si bien representan comunidades estratégicas para el país, su dinámica es más reciente. Estas líneas de investigación tienen una comunidad científica más pequeña y requieren de un impulso mucho mayor para su desarrollo, dado que aún no se cuenta con una masa crítica consolidada y son temáticas de importancia creciente en todo el mundo.

Con respecto a los grupos de investigación de las líneas tecnológicas, en la tabla 1 se resumen las capacidades en cuanto a grupos de investigación del más alto nivel por líneas tecnológicas, según la clasificación asignada por Colciencias:

Tabla 1. Principales Categorías de los Grupos de Investigación por Líneas Tecnológicas

Sublíneas Tecnológicas	A1	A	B	Total
1. Biocombustibles	2	1	2	5
2. Vehículos Híbridos	2	-	3	5
3. Materiales de reciclaje y reuso.	1	-	-	1
4. Tecnologías para mejorar la eficiencia del uso de la energía	4	2	5	11
Total	**9**	**3**	**10**	**22**

Fuente: Base de datos Scienti de Colciencias, consultada en Octubre 18 de 2011.

De acuerdo con la Tabla 1, todas las líneas tecnológicas priorizadas cuentan con grupos de investigación en Categoría A1, lo que representa una comunidad, que aunque pequeña, tiene alta productividad científica y tecnológica. Los grupos de investigación en las categorías A y B, también se consideran importantes y pueden representar comunidades científicas con las cuales se puede tener una relación prometedora, si se logra enfocar los proyectos de investigación hacia la industria automotriz.

Programas de formación de apoyo a las Líneas tecnológicas

De manera similar, se revisaron las capacidades de formación nacionales asociadas a cada una de las líneas tecnológicas priorizadas. En el Gráfico 100, se han agrupado los programas de formación existentes en el país por grandes áreas de conocimiento y simultáneamente se analizó a cuál de las áreas tecnológicas se pueden asociar dichos programas. Así, cada barra horizontal muestra el número de programas existentes y cada color de la barra corresponde a una línea distinta.

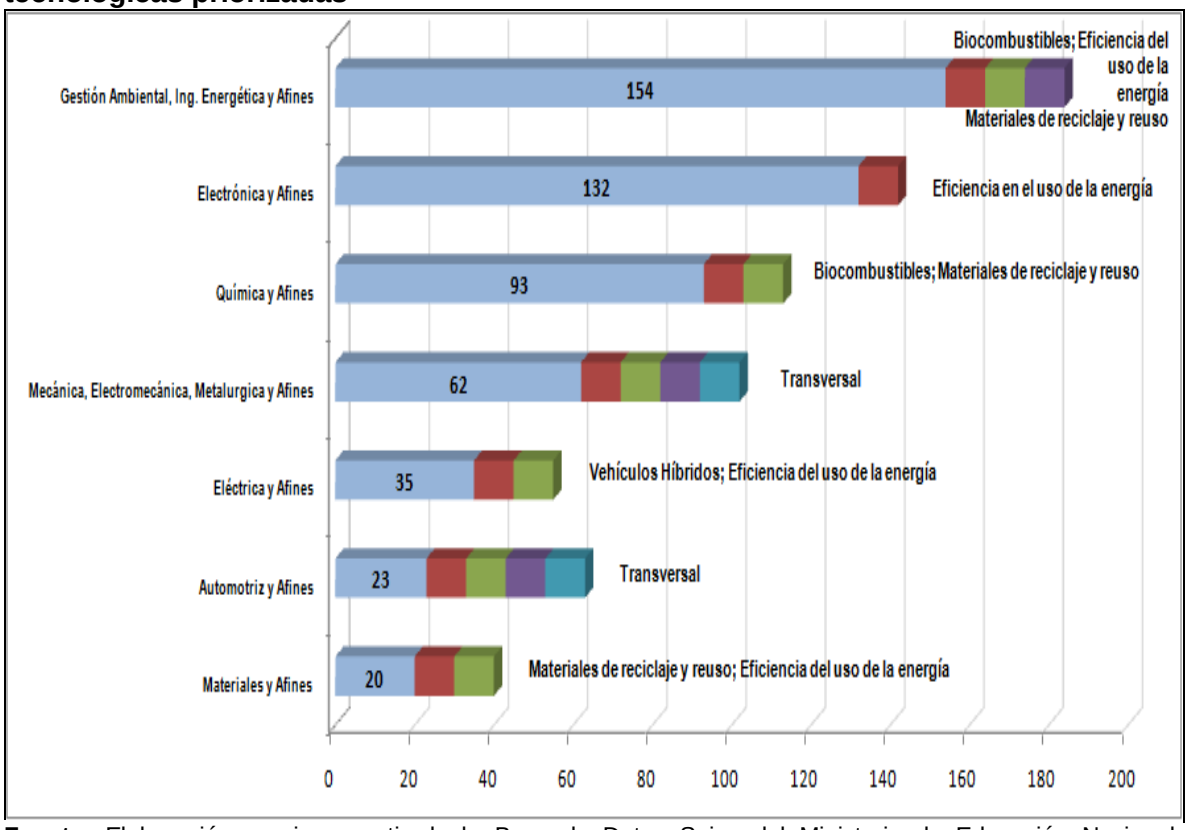
Como resultado se observa que la comunidad de formación más grande, con 154 programas académicos es la de Gestión ambiental, Ingeniería energética y afines que puede brindar apoyo a 3 líneas tecnológicas: Biocombustibles, Eficiencia en el uso de la energía, y materiales de reciclaje y reuso.

Es importante resaltar que el área de química y afines cuenta con 93 programas de formación que pueden contribuir al fortalecimiento de la formación de apoyo al desarrollo de las temáticas de biocombustibles y materiales de reciclaje y reuso.

Un área clave es Materiales, que da apoyo a 2 líneas tecnológicas y cuenta con 20 programas de formación, con los cuales se pueden establecer alianzas para la formación enfocada directamente al componente ambiental de la industria automotriz colombiana.

Las áreas de Mecánica, Electromecánica y Metalúrgica y Automotriz y afines son transversales a las líneas tecnológicas por ser el eje central de la industria, cuentan con 62 y 23 programas de formación respectivamente.

Gráfico 100. Número de programas de formación asociados a las líneas tecnológicas priorizadas



Fuente: Elaboración propia a partir de la Base de Datos Snies del Ministerio de Educación Nacional, consultada en Noviembre 25 de 2011.

De esta manera, se evidencia que aunque el país no tiene actualmente capacidades directamente relacionadas con el componente ambiental de la industria automotriz, si cuenta con una masa crítica importante, en relación a los programas de formación, y grupos y centros de investigación. Esta masa crítica se puede direccionar y focalizar en la formación de recurso humano calificado y a la consolidación de comunidades académicas que contribuyan a solucionar la problemática ambiental de la industria automotriz colombiana.

10. AGENDA DE I+D+I AMBIENTAL DE LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ COLOMBIANA

En este capítulo se presenta una propuesta de portafolio de proyectos para la Agenda de I+D+i ambiental de la industria automotriz colombiana. La agenda marca la ruta a seguir por parte de la industria en el mediano y largo plazo, para contribuir a lograr mayores niveles de eficiencia con criterios de sostenibilidad, que le ayuden a mejorar su competitividad en el ámbito nacional e internacional.

Este es el resultado de un extenso proceso de revisión bibliográfica, identificación de tendencias tecnológicas a través de la aplicación de la VT y la IC y el análisis de capacidades de formación, científicas y tecnológicas asociadas a las líneas de investigación priorizadas. Además, se nutre del análisis de conocimiento y la interacción mediante talleres con los distintos actores del sector privado, público y académico, relacionados con la industria en el país.

La definición del portafolio de proyectos, está basada en la identificación de las demandas tecnológicas ambientales de la industria automotriz, las cuáles se proponen a partir de:

- Resultados del ejercicio de VT de las líneas priorizadas por la industria automotriz, que se derivó del Mapa Tecnológico Ambiental de la industria automotriz colombiana (Ver capítulo 7).
- Taller de validación realizado con expertos de la industria automotriz, tanto de carácter privado (Acolfa, Andi y empresarios) como público (Colciencias, Ministerio de Comercio, Industria y Turismo). El taller se realizó el pasado 28 y 29 de febrero de 2012 en las instalaciones de la Universidad del Valle, sede San Fernando, Cali. En el Anexo E se presenta el listado de participantes.

Los criterios que se tuvieron en cuenta para la propuesta del portafolio de proyectos son: carácter multidisciplinario, transversal e impacto del proyecto en la industria automotriz, y pertinencia a las demandas empresariales.

En los siguientes cuadros se presenta un portafolio de 10 proyectos de I+D+i ambientales, los cuales se han clasificado de acuerdo a las cuatro líneas priorizadas del Mapa Tecnológico Ambiental, a saber: Tecnologías para mejorar la eficiencia del uso de la energía; Materiales de reciclaje y reuso; Biocombustibles y Vehículos híbridos. Es importante resaltar que todos los proyectos seleccionados requieren investigación básica y aplicada.

En cada cuadro se expone la definición de la línea tecnológica; el área del mapa ambiental a la cual pertenece; el tipo de desempeño que se ve impactado por el desarrollo de la línea; las disciplinas y programas de formación requeridos para dar soporte a la línea; las temáticas críticas identificadas, dada por los resultados del ejercicio de VT y los proyectos propuestos en cada línea.

En el caso de los proyectos se muestran los actores que a través de los talleres, expresaron su interés en el desarrollo del proyecto y por último, el horizonte temporal en el cual deberían implementarse los proyectos propuestos, a saber: Corto plazo 3 años y Mediano Plazo 5 años.

10.1 Proyectos propuestos para las líneas tecnológicas priorizadas del Mapa ambiental de la industria automotriz colombiana

Cuadro 11. Línea tecnológica priorizada 1. Tecnologías para mejorar la eficiencia del uso de la energía

Definición	Frente a los crecientes costos de los recursos energéticos en todo el mundo, la reducción de la energía se ha convertido en un reto para la industria automotriz, a lo largo de toda la cadena de producción. Los beneficios asociados a una mejor gestión energética se relacionan con la disminución de costos de producción, la reducción de impactos ambientales y el mejoramiento de la competitividad de la industria. (U.S. Department of Energy, 2008)		
Área del Mapa Ambiental Relacionada	Diseño y procesos de manufactura		
Tipo de desempeño impactado	Eficiencia		
Disciplinas necesarias para la solución; (programas de formación)	• Sistemas energéticos e ingeniería térmica • Eficiencia energética; • Gestión energética y ambiental • Ingeniería energética • Ingeniería eléctrica • Ingeniería industrial		
Temáticas críticas	Eficiencia energética; Vehículos eléctricos; Emisiones de CO2; Vehículos de celdas de combustible; Política energética; Evaluación del Impacto Ambiental; Vehículo híbrido-eléctrico; Administradores de energía; Hidrogeno; Simulación por computador – Aplicaciones; Análisis del Ciclo de Vida (ALC); Residuos de la trituración de automóviles.		
Proyectos propuestos para el desarrollo de la línea	**Nombre del Proyecto**	**Actores que han expresado su interés**	**Horizonte temporal**
	Implementación de mecanismos para la eficiencia energética de los procesos productivos de las empresas pertenecientes a los distintos eslabones de la industria automotriz.	Imal, Cofre y empresas del grupo Chaid Neme, Fanalca	Corto Plazo

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 12. Línea tecnológica priorizada 2. Materiales de reciclaje y reuso

Definición	Ante los múltiples problemas que genera la disposición final de las partes de los vehículos, que en su mayoría no son reciclados, así como la emisión de gases de efecto invernadero, surge la necesidad de obtener materiales más amigables con el medio ambiente.		
Área del Mapa Ambiental Relacionada	Nuevos materiales		
Tipo de desempeño impactado	Eficiencia, calidad y competitividad		
Disciplinas necesarias para la solución; (programas de formación)	• Ingeniería ambiental • Gestión energética y ambiental • Ingeniería de materiales • Química e ingeniería química		
Temáticas críticas	Gestión de residuos; Análisis del ciclo de vida; Recuperación de energía; Reprocesamiento de la chatarra; Aleaciones de aluminio; Reciclaje de automóviles; Reciclaje de plásticos; Final de vida de los vehículos.		
Proyectos propuestos para el desarrollo de la línea	**Nombre del Proyecto**	**Actores que han expresado su interés**	**Horizonte temporal**
	Investigación en materiales alternativos para la fabricación de partes y piezas a partir de fibras naturales tales como productos derivados del maíz, estopa del coco, entre otros.	Sofasa Renault, Colmotores; MAC	Mediano Plazo
	Investigación y desarrollo de nuevos materiales amigables con el medio ambiente y de origen reciclado, que puedan ser incorporados en los componentes del vehículo.	Sofasa Renault-Eafit	Mediano Plazo
	Investigación en formas de producción más ecológicas de los productos de plástico y caucho.	Placa S.A. (Grupo Chaid Neme)	Corto Plazo
	Reprocesamiento de la chatarra y reciclaje de automóviles		Mediano Plazo

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 13. Línea tecnológica priorizada 3. Biocombustibles

Definición	Ante los efectos del cambio climático, la escasez de los combustibles tradicionales como la gasolina y sus altos costos, se plantea la necesidad de desarrollar combustibles alternativos como los Biocombustibles, los cuales se obtienen de manera renovable a partir de residuos orgánicos. Todos ellos contribuyen a la reducción de gases de efecto invernadero, en los cuales la industria automotriz tiene gran responsabilidad.		
Área del Mapa Ambiental Relacionada	Combustibles alternativos		
Tipo de desempeño impactado	Competitividad		
Disciplinas necesarias para la solución; (programas de formación)	• Química e ingeniería química • Gestión ambiental • Ingeniería ambiental • Ingeniería Energética • Ingeniería automotriz		
Temáticas críticas	Biocombustibles alternativos; Emisiones de Efecto Invernadero; Biodiesel; Etanol; Biomasa: Emisiones CO2; Vehículos Eléctricos; Calentamiento Global; Celdas de Combustibles de Hidrógeno; Análisis del Ciclo de Vida; Brassica Carinata		
Proyectos propuestos para el desarrollo de la línea	**Nombre del Proyecto**	**Actores que han expresado su interés**	**Horizonte temporal**
	Búsqueda de alianzas con empresas, universidades y centros de investigación nacionales e internacionales, para el desarrollo de investigaciones en biocombustibles de segunda y tercera generación, y su adaptación a los sistemas de propulsión existentes.	Colmotores, Sofasa; UIS; Antioquia; Univalle; UTP	Corto Plazo

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 14. Línea tecnológica priorizada 4. Vehículos Híbridos

Definición	Los automóviles híbridos combinan un motor convencional de combustión interna con un motor movido por energía eléctrica proveniente de baterías. Gracias a las baterías, estos vehículos aprovechan cerca del 30% de la energía que generan, mientras que un automóvil convencional tan solo utiliza el 19% (Cepal, 2009). Los vehículos eléctricos híbridos combinan la propulsión eléctrica con un motor de combustión interna y logran una mejor gestión energética doblando la eficacia de los vehículos convencionales con un consumo y unas emisiones menores. En septiembre de 2009, varias empresas —Honda, Daimler, Ford, GM, Hyundai, Kia, Renault-Nissan y Toyota— firmaron un acuerdo para homogeneizar el desarrollo y la introducción al mercado de los vehículos eléctricos impulsados por una pila de combustible, lo que se consideró un gran avance hacia la producción en serie de vehículos con cero emisiones (Cepal, 2009).		
Área del Mapa Ambiental Relacionada	Propulsión alternativa		
Tipo de desempeño impactado	Competitividad		
Disciplinas necesarias para la solución; (programas de formación)	• Ingeniería eléctrica y en sistemas eléctricos • Ingeniería de sistemas • Ingeniería automotriz		
Temáticas críticas	Vehículos Híbridos Eléctricos; Vehículos eléctricos; Celdas de Combustible; Impactos medioambientales; Propulsión de vehículos; Baterías secundarias; Combustión Interna; Simulación por computador		
Proyectos propuestos para el desarrollo de la línea	**Nombre del Proyecto**	**Actores que han expresado su interés**	**Horizonte temporal**
	Investigación con energías alternativas, especialmente, en energía solar y eléctrica	Sofasa Renault, Colmotores; EAFIT; EPM, CIDET	Largo Plazo
	Investigación en vehículos eléctricos	Sofasa Renault, Colmotores; EAFIT; EPM, CIDET	Corto Plazo
	Celdas de combustibles de hidrógeno		Mediano Plazo
	Investigación en sistemas de transporte eléctrico masivo	MAC	Mediano Plazo

Fuente: Elaboración propia.

10.2 Propuesta de articulación de actores y estrategias

Para el desarrollo de la agenda de I+D+i ambiental propuesta se plantean una serie de estrategias, que están encaminadas a lograr que la industria automotriz se convierta en un sector de clase mundial sostenible, innovador y competitivo.

La implementación de estas estrategias se debe hacer en el marco de la articulación universidad-estado-empresa, teniendo en cuenta la transversalidad que tiene esta industria en el sector productivo del país. La industria automotriz se puede posicionar como líder de la locomotora de la innovación del país, pues puede contribuir a la articulación con otros sectores de clase mundial, como software, siderurgia y metalmecánica, energía y textil, así como otros sectores relevantes como el de transporte y el sector agrícola, por su relación con el desarrollo de los biocombustibles. En la figura 17 se muestra la articulación universidad-estado-empresa para el desarrollo de la agenda:

Figura 17. Interacción Universidad-Estado-Empresa para el desarrollo de la agenda ambiental de la industria automotriz colombiana



Fuente: Elaboración propia.

Entre los actores llamados a realizar esta articulación se encuentran:

- Entidades estatales como el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo y su Programa de Transformación Productiva, Ministerio del Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, Ministerio de Transporte, Ministerio de Hacienda y Crédito Público y Colciencias.

- Agremiaciones de la industria automotriz como Acolfa y Andi y empresas que a lo largo del proyecto *Construyendo el centro de desarrollo tecnológico de la industria automotriz colombiana*, manifestaron su interés en participar en las diferentes iniciativas en pro de la consolidación de la industria automotriz. Entre las empresas

consultadas se encuentran: General Motors Colmotores, Sofasa Renault, Compañía Colombiana Automotriz, Hino, Trimco, Incolbest, Umo, Yazaky, Mac, Chaid Neme, Fanalca, Imal, Cofre, Placa S.A., Vitro Colombia S.A., Cuperz, Servitec S.A., Espumlatex S.A., Terminales Automotrices, Industria Faacia, Parplast S.A.S., Dana Trans Ejes, Gabriel de Colombia y Metalbogotá.

- Empresas de otras industrias, como las Empresas Públicas de Medellín - EPM, Centro de Experimentación y Seguridad Vial Colombia S.A. - Cesvi Colombia, Organismo Nacional de Acreditación de Colombia – ONAC, Corporación Ecoeficiente.

- Universidades y centros de investigación, como Centro de Desarrollo Tecnológico de la Industria Automotriz Colombiana – CDTA[203], el Instituto de Prospectiva, Innovación y Gestión del Conocimiento de la Universidad del Valle, Universidad de los Andes, Universidad nacional, Universidad de Antioquia, Universidad Industria de Santander, Universidad Tecnológica de Pereira, Universidad Tecnológica y Pedagógica de Colombia, Universidad Eafit, Sena, Instituto Colombiano del Plástico y el Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico del Sector Eléctrico – Cidet.

A continuación se presentan las estrategias propuestas para la Agenda ambiental de la industria automotriz colombiana en los siguientes componentes: I+D+i, formación y política pública.

10.3 Estrategias para el desarrollo de la Agenda ambiental de la industria automotriz colombiana

10.3.1 Estrategias de I+D+i

1. Se debe mantener vigente la identificación de tendencias tecnológicas y comerciales en las líneas priorizadas, a través de la realización ejercicios y seguimiento de factores críticos de Vigilancia Tecnológica.

2. Como se pudo observar en el capítulo 9, los grupos de investigación relacionados con las líneas de *Biocombustibles, Materiales de reciclaje y de reuso y Vehículos híbridos,* representan comunidades estratégicas para el país, pero su dinámica es más reciente y por ende el desarrollo de capacidades es aún incipiente. Se requiere el trabajo de los grupos a mediano y largo plazo a través de la vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva, dado que los temas de las líneas están tomando cada vez más relevancia en el plano internacional.

3. Los grupos de investigación asociados a la línea Tecnologías para mejorar la eficiencia del uso de la energía, son los que tienen una masa crítica más grande entre las líneas tecnológicas priorizadas. En este caso se propone la consolidación y la especialización de los grupos de investigación y centros relacionados.

[203] El propósito del proyecto que da origen a la presente investigación, *Construyendo el centro de desarrollo tecnológico de la industria automotriz colombiana,* es el diseño del CDTA, el cual se espera que entre en funcionamiento en el año 2013, y que se convierta en un ente articulador de la industria automotriz en materia de innovación y desarrollo tecnológico.

4. Se debe gestionar la apertura de convocatorias a través de Colciencias para la realización de proyectos suscritos a un programa de investigación ambiental que incluya proyectos en las líneas tecnológicas priorizadas para la industria automotriz.

5. Realización de misiones tecnológicas con expertos nacionales e internacionales en los temas ambientales priorizados, a través de la participación en las convocatorias de Colciencias.

6. Creación de estímulos para apoyar el licenciamiento y desarrollo de patentes, su monitoreo, seguimiento y posterior acompañamiento en su implementación, como resultado de las investigaciones de la industria automotriz en temas relacionados con el desarrollo de materiales de reciclaje y reuso, vehículos híbridos, biocombustibles y mejoras en la eficiencia energética de los procesos de fabricación de los vehículos.

7. Constitución de un fondo de capital de riesgo que apoye la creación de spin-offs que trabajen en temas de frontera relacionados con las líneas de investigación ambientales priorizadas, como por ejemplo el desarrollo de vehículos eléctricos, biocombustibles de segunda y tercera generación, materiales alternativos para la fabricación de partes y piezas a partir de fibras naturales, entre otros.

10.3.2 Estrategias de formación

1. Gestión de convenios y alianzas entre la industria automotriz, las universidades y centros nacionales e Internacionales para el diseño e implementación de programas académicos de postgrado y de cursos especializados en el componente ambiental de la industria automotriz.

2. Promover la reactivación de programas académicos de nivel técnico, tecnológico y profesional inactivos y su reorientación y actualización, a través de la creación de líneas de énfasis relacionados con el componente ambiental de la industria automotriz en los programas académicos existentes, incluyendo las temáticas:

    a. Materiales amigables con el medio ambiente
    b. Biocombustibles de última generación
    c. Vehículos híbridos
    d. Eficiencia energética

3. Gestionar convocatorias para becas y créditos con entidades nacionales como Colciencias, Icetex y Colfuturo y entidades internacionales para estudios de maestría y doctorados especializados en el exterior, en los temas relacionados con el componente ambiental de la industria automotriz.

10.3.3 Estrategias de política pública

1. Apoyo a la creación de empresas dedicadas al desmantelamiento y chatarrización de vehículos que ya han cumplido su ciclo de vida útil. Se plantea que los residuos

generados en este proceso, así como las partes recuperadas se reincorporen de nuevo a los procesos productivos, lo que contribuye a optimizar el ciclo de vida de los vehículos.

2. Se requiere un marco legal para el desarrollo de las iniciativas de chatarrización y reutilización de partes y materiales, que permita la cancelación de las matriculas de aquellos vehículos que hayan salido de uso.

3. Para la implementación y posterior masificación de los vehículos híbridos y eléctricos, se requiere un marco normativo (reducción de aranceles, regulación de costos, cobro de tarifas, sistema de arrendamiento o leasing para la adquisición de las baterías) que articule las iniciativas que se han venido gestando en el país, como por ejemplo, la reducción de aranceles de importación para vehículos eléctricos de transporte público. Además, es necesario contar con una infraestructura que permita la circulación de estos vehículos en las ciudades, por ejemplo, estaciones de recarga de baterías, y mecanismos para que su disposición final genere los menores impactos ambientales.

4. Para acompañar este marco normativo es vital realizar un trabajo de concientización en dos vías: por un lado mostrar los beneficios que trae la implementación de este tipo de tecnologías, tanto por el ahorro energético, como por la mitigación de efectos nocivos al medio ambiente. Por otro lado, evidenciar los impactos negativos que tiene en este momento, el uso de los combustibles fósiles sumado a los problemas de movilidad que se presentan, sobre todo en las grandes ciudades. En este sentido, se hace necesario, que la ciudadanía en general, cambie la percepción sobre las regulaciones ambientales, como por ejemplo la Revisión técnico-mecánica y de gases, que es vista como un trámite engorroso e innecesario para muchos. Esto requiere del compromiso de autoridades nacionales, departamentales y locales.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Importancia de una Agenda de I+D+i para la industria automotriz colombiana

El Mapa tecnológico ambiental para la industria automotriz, permite identificar el contexto general actual de la industria y evidencia la existencia de respuestas claras y organizadas alrededor de una agenda de I+D+i ambiental, que recoge las prioridades de la industria asociadas a cuatro líneas tecnológicas, a saber: tecnologías para mejorar la eficiencia del uso de la energía, materiales de reciclaje y reuso, biocombustibles y vehículos híbridos.

La agenda de I+D+i ambiental de la industria automotriz colombiana, mostrada en el capítulo 10, representa la compilación de las demandas tecnológicas priorizadas por los expertos de la industria. En este sentido, brinda una orientación sobre las principales líneas de investigación, proyectos y estrategias que la industria automotriz debe desarrollar e implementar en el campo ambiental a corto, mediano y largo plazo, con el fin de incrementar su productividad y por esa vía mejorar su posición competitiva en los mercados nacionales e internacionales. De igual manera, la agenda constituye un instrumento con el cual la industria automotriz puede soportar la toma de decisiones estratégicas relacionadas con el desarrollo de productos y procesos, desarrollo de mercados y capacidades, y asignación de recursos para investigación y desarrollo.

El análisis de las cuatro líneas tecnológicas priorizadas, bajo la metodología de IC-VT, permitió identificar las oportunidades tecnológicas para la industria automotriz colombiana relacionadas con la variable ambiental, la cual se constituye en un elemento clave para la transformación productiva de la industria, dada la importancia creciente de la protección del medio ambiente y de la calidad de vida de la población, frente a los problemas planteados por el crecimiento económico, el cambio climático y los gases de efecto invernadero en todo el mundo.

También se debe resaltar que además de mitigar los impactos ambientales negativos, las tecnologías ambientales se enfocan en aumentar la eficiencia de los procesos productivos y los productos, en la medida en que utilizan todos los recursos de manera más sostenible, lo que conlleva a reducciones en el uso de materiales y energía o la recuperación de los mismos. Estos beneficios pueden ser aprovechados por las empresas de la industria automotriz para comercializar e incluso exportar este tipo de tecnologías y/o los productos asociados a las mismas y mejorar su competitividad.

A pesar de los beneficios asociados a las tecnologías ambientales, existen grandes barreras para su implementación, puesto que muchos empresarios las ven simplemente como algo que incrementa sus costos de operación, que quizás son cuestiones de largo plazo o que están fuera del alcance de su ámbito de trabajo. Por ello, muchas empresas implementan este tipo de tecnologías de manera reactiva frente a las regulaciones ambientales impuestas por las autoridades gubernamentales.

Se puede trascender la cultura administrativa de las empresas reactivas en la industria automotriz colombiana haciendo énfasis en la contribución que muchas de las tecnologías e innovaciones ambientales pueden hacer sobre la competitividad de la industria automotriz, un hecho que ya ha sido comprobado, dado que “los hallazgos empíricos de

los últimos 10 años han ido mostrando que las competencias productivas (derivadas de procesos de aprendizaje), cuando se orientan a la solución de problemas ambientales hacen posible que el gasto ambiental sea considerado como una inversión[204]".

En este sentido, si la industria automotriz colombiana quiere convertirse en una gran plataforma exportadora del país, no solo debe cumplir con la normatividad exigida a nivel internacional, sino que deberá avanzar hacia una nueva etapa de desarrollo en la que se busquen permanentemente mecanismos, tecnologías e innovaciones ambientales que le permitan ser cada vez más eficiente en el uso de sus recursos. Entre estos se encuentran los relacionados con el ahorro de agua y energía, el reciclaje y reuso de materiales y la disminución de los desechos de producción. De esta manera, las tecnologías ambientales se presentan como una oportunidad para reducir costos y disminuir el impacto ambiental tanto en los procesos de manufactura, como en el diseño de nuevos productos. Este es un momento propicio si se tiene en cuenta que en la actualidad las empresas autopartistas y ensambladoras tienen la opción de realizar más adaptaciones en el diseño de procesos, siguiendo las especificaciones de las casas matrices con respecto a los productos.

Articulación Universidad-Estado-Empresa y Modo 2 de la Investigación

El presente trabajo de grado se enmarca dentro el Modo 2 de la investigación, puesto que los resultados del mismo contribuirán de manera efectiva a la solución de problemáticas ambientales *reales* de la industria automotriz en el ámbito nacional, regional, local y organizacional. Además, cumple con las principales características del Modo 2: transdisciplinariedad, heterogeneidad, responsabilidad social y control de la calidad.

- **Transdisciplinariedad:** En el Modo 2, la solución a problemáticas complejas estarán más allá de cualquier disciplina individual, por lo tanto es necesario el trabajo coordinado de diferentes áreas del conocimiento. El presente proyecto contó con el apoyo y participación de profesionales de diferentes disciplinas, además de expertos y empresarios de la industria, que aportaron su conocimiento y experiencia para el análisis de las oportunidades tecnológicas del componente ambiental de la industria automotriz colombiana.

- **Heterogeneidad:** La producción de conocimiento en el modo 2, es heterogénea en términos de las habilidades y la experiencia que aporta la gente a la misma. "La composición de un equipo dedicado a solucionar un problema cambia con el tiempo, y las exigencias evolucionan. Eso no está planificado ni coordinado por ningún cuerpo central"[205]. En este sentido, el grupo de trabajo que participó en el desarrollo del proyecto fue conformado con investigadores, especializados en diversos temas, que proporcionaron un acceso a una base más amplia de conocimiento, apta para la innovación. Además, este proyecto contó con el apoyo directo de Colciencias y de gremios de la industria como Acolfa y la Andi.

[204] GARCÍA Jiménez, .Humberto. Innovación ambiental del sector automotriz en México. Innovación y ecología industrial. Documento borrador de ponencia [en línea]. 2010. [Consultado en Marzo 25 de 2011]. Disponible en internet: < http://octi.guanajuato.gob.mx/sinnco/index.php?option=com_wrapper&Itemid=>
[205] Gibbons, et al. Op., cit.

- **Responsabilidad social:** En el modo 2, es fundamental el impacto de la investigación en la sociedad, por lo tanto la responsabilidad social debe estar presente en todo el proceso y debe permitir que los resultados de las investigaciones se conozcan y sean juzgados y aceptados por la sociedad. Este conocimiento se debe difundir entre los actores involucrados. El presente proyecto tiene impactos directos sobre la industria, gracias a que está directamente involucrada en su realización, además sus resultados pueden contribuir a una mejor toma de decisiones en cuanto al impacto ambiental que genera la industria automotriz en el país.

- **Control de la calidad:** En el modo 2 la calidad se determina por una serie de criterios que deben responder a intereses intelectuales, sociales, económicos y políticos. La calidad de la investigación se evalúa en función de la pertinencia para la solución de las problemáticas y el impacto en la sociedad. El presente trabajo de grado fue validado por tres comités: comité de seguimiento, comité de validación y comité estratégico conformados por los principales actores de la industria, el gobierno y las universidades, lo que garantizó su pertinencia y el impacto futuro de sus resultados.

De esta manera, se puede afirmar que este proyecto fue un trabajo dentro del esquema *Universidad-Estado-Empresa*, donde se resalta la activa participación de actores representativos de la industria (gremios, empresas ensambladoras y autopartistas), el gobierno (Ministerio de Industria, Comercio y Turismo-Programa de transformación productiva, Colciencias) y las universidades, centros de investigación y el SENA, lo que garantiza que los resultados tengan un mayor impacto y sean puestos en marcha en proyectos concretos como la creación del "Centro de desarrollo tecnológico de la industria automotriz colombiana CDTA", donde el componente ambiental hace parte de las líneas de investigación transversales.

Además, el hecho que la investigación se haya realizado en uno de los Sectores de Clase Mundial priorizados por el Ministerio de Industria, Comercio y Turismo en el marco del Programa de Transformación Productiva, garantiza que puede contar el apoyo del gobierno nacional y con recursos de financiación a través de entidades como Colciencias y Bancoldex.

Reconfiguración de la industria automotriz mundial y su impacto en las actividades de I+D+i

La industria automotriz se ha caracterizado por un constante proceso de reestructuración a nivel mundial que se ha intensificado en las dos últimas décadas, lo que ha permitido que sea una de las industrias más dinámicas, propiciando avances importantes en términos de productividad, desarrollo tecnológico y competitividad.

De acuerdo con los datos de producción de vehículos en el mundo, la estructura ha cambiado de manera muy importante durante las últimas décadas. Países como Estados Unidos y Alemania han perdido participación, y hay países ganadores que la han incrementado considerablemente, como es el caso de Japón, China, España, Corea del Sur, India, Brasil y México. Debe destacarse el caso de China, que ha tenido avances importantes dentro de la industria automotriz en los últimos años, lo que lo ha llevado a

posicionarse como el principal productor de vehículos en el mundo y como uno de los mercados más importantes, junto con Estados Unidos y Japón.

El mercado automotriz también se ha reconfigurado geográficamente hacia países de europa oriental, asia y latinoamérica, lo que se puede convertir en una oportunidad de inversión en I+D+i en mercados como Brasil, México, e incluso para Colombia.

Para los países latinoamericanos analizados, Brasil, México y Argentina, es necesario fortalecer la capacidad de desarrollo tecnológico y de innovación, desarrollar nuevos diseños de vehículos, más eficientes, menos contaminantes, y que propendan por el uso de energías alternativas (motores eléctricos, híbridos y células de hidrógeno. Además, es importante fomentar programas de formación especializada, por ejemplo, en ingeniería automotriz. De esta manera se puede lograr una mayor competitividad y un mayor posicionamiento en el ámbito mundial.

Estas estrategias deben ir acompañadas de políticas de fomento industrial enfocadas en la innovación, la modernización productiva, la acumulación de capacidades humanas y las empresas terminales o productoras de partes, ya sean de capital extranjero o nacional[206].

En el ámbito internacional, es importante resaltar el cambio que se ha dado en las relaciones que se presentan entre las empresas ensambladoras y las proveedoras de autopartes, ya que la cadena de suministro de la industria automotriz- autopartes es una de las más complicadas debido al gran tamaño que puede llegar a tener. En este sentido, cobra importancia el análisis de las empresas proveedoras de autopartes, las cuales también se han visto afectadas por el proceso de reestructuración de la industria automotriz y han tenido que transformarse para adecuarse a las nuevas necesidades y requerimientos de la industria terminal.

Desafíos de la industria automotriz colombiana

La industria automotriz colombiana tiene buenas posibilidades de mejorar su competitividad, entrar con más profundidad en el mercado nacional y expandirse a otros mercados, dada la oportunidad que le brinda una demanda interna que se ha dinamizado en la última década gracias a aumentos en el ingreso de la población, estrategias más agresivas de ventas que incluyen entre otras, tasas de interés más favorables para los clientes y mejor acceso a crédito, así como bajos índices de motorización.

No obstante, para competir con éxito en los mercados bajo la fuerte competencia existente y la entrada inminente de las grandes industrias orientales, la industria automotriz colombiana está obligada a repensarse en su estructura actual, superar los limitantes relacionados con la normatividad del sector, la logística, la tecnología, investigación y formación del recurso humano. Algunos elementos como la infraestructura vial y portuaria del país deben mejorar considerablemente para contribuir a la competitividad, sin embargo, se escapan del dominio de la industria por lo que requerirán

[206] COMISIÓN ECONÓMICA PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE CEPAL. La inversión extranjera directa en América Latina y el Caribe. Capítulo 2: La industria automotriz frente a la crisis: estrategias empresariales en el Brasil y México. New York: Naciones Unidas; 2009. Op., cit.

una importante gestión y diseño de estrategias por parte de las instituciones y organizaciones que conforman la industria automotriz en Colombia.

El análisis de la situación de la industria automotriz colombiana en relación con su capacidad de innovación, evidencia que se ha avanzado en el desarrollo de proveedores, la inversión en I+D+i y la realización de proyectos relacionados con este componente al interior de las empresas, entre otros factores, así como en la creación de algunas condiciones del entorno estimulantes de la innovación, como la existencia de capital de riesgo, los nuevos recursos públicos para apoyar la innovación y el contexto favorable para realizar nuevas inversiones.

Sin embargo, las capacidades de innovación de la industria aún no se encuentran en el nivel óptimo y deben ser fortalecidas para enfrentar los desafíos y oportunidades del mercado nacional e internacional, que demanda innovaciones a un ritmo acelerado. En concordancia con la situación de los tiers a nivel mundial, las empresas autopartistas colombianas han aumentado sus inversiones para el desarrollo de nuevos y mejores productos y servicios, principalmente con el objetivo de reducir sus costos de producción, laborales y de consumo de materiales. De manera similar, las OEM existentes en el país, como General Motors, han realizado fuertes inversiones en infraestructura tecnológica para dar el salto de ensambladores a fabricantes.

La innovación que realiza la industria automotriz colombiana se nutre de las ideas de diversas fuentes, como son los proveedores nacionales e internacionales, la internet, los clientes, las normas y los reglamentos técnicos. Aunque la inversión en maquinarias y equipos implica una importante transferencia de conocimiento de parte de las OEM y tiers internacionales, también implica un alto nivel de dependencia tecnológica. Por ello, las capacidades actuales y potenciales que tiene la industria automotriz y el país deben servir de base para impulsar la innovación hacia una nueva etapa de desarrollo en la que además de la inversión en tecnología, se haga una fuerte inversión en capital humano, con el propósito de adaptar dichas tecnologías de manera más eficiente y poder lograr desarrollos propios en el mediano y largo plazo.

Capacidades generales en investigación, formación e invención el Colombia

El análisis de capacidades de la industria automotriz colombiana evidencia que el país tiene una oferta relativamente amplia en programas de formación aplicados indirectamente con la industria, especialmente en las áreas de ingeniería.

La formación especializada como apoyo a la industria, se observa en la modalidad tecnológica y en la formación técnica profesional, donde el SENA tiene un gran potencial para consolidarse como una entidad que contribuya a la formación tecnológica y técnica profesional de los perfiles que necesita la industria automotriz.

En este momento, el país cuenta con una oferta calificada de grupos de investigación en áreas tecnológicas relacionadas a la industria automotriz, donde se destaca un número especializado de grupos de investigación de trayectoria y reconocimiento internacional. Sin embargo, sus productos de investigación, no tienen a la industria automotriz como un eje articulador. Los programas de formación y grupos de investigación de áreas relacionadas y de apoyo se pueden focalizar en las áreas específicas del componente

ambiental de la industria automotriz, si se establecen los mecanismos e incentivos adecuados para acelerar el proceso de formación de capacidades nacionales.

En el país se ha venido desarrollando una valiosa capacidad relacionada con centros de investigación en temas diversos que se asocian directa e indirectamente con las líneas del Mapa tecnológico ambiental de la industria automotriz. Se ha identificado que siete de ellos, pueden ofrecer servicios clave que van desde la formación de personal hasta el uso de laboratorios y la formulación y ejecución de proyectos de I+D+i en las líneas de investigación relacionadas con la gestión de residuos, la eficiencia energética, los biocombustibles, eco-eficiencia, nuevos materiales, sistemas de propulsión alternativa, entre otros.

Se hace necesaria en el corto y mediano plazo, la reconfiguración de los planes curriculares de programas relacionados, con el fin de emprender un proceso de construcción de capacidades especializadas que apoyen el desarrollo de la industria automotriz, particularmente en su componente ambiental. Las universidades y centros de formación del país, deben ser alertadas de las necesidades futuras de la industria automotriz para que estas comiencen un proceso de capacitación docente y diseño curricular.

Con respecto a las capacidades de invención, los registros de protección de la propiedad intelectual son muy bajos, probablemente porque las empresas de la industria automotriz colombiana tienen un bajo nivel inventivo y sus desarrollos tecnológicos vienen de las grandes OEM internacionales. Además, se evidencia que existen grandes obstáculos relacionados con el trámite de estos registros, asociados al tiempo, costos e inexperiencia al presentarlos. La industria automotriz requiere asesoría para la presentación de solicitudes de patentes y diseños industriales con el fin de potencializar los desarrollos tecnológicos susceptibles de protección industrial.

El gran reto frente a esta realidad está en la articulación de esfuerzos entre las universidades, el gobierno y la industria:

- La industria automotriz, debe definir claramente sus demandas específicas de formación.
- El Gobierno, en el marco del Programa de transformación productiva, debe convertirse en un gran promotor de los sectores estratégicos en Colombia, del cual hace parte la industria automotriz.
- Las instituciones de educación técnica, tecnológica y superior, deben contribuir con la creación de programas académicos pertinentes, en los distintos niveles de formación, con el fin de contar a mediano y largo plazo con un recurso humano lo suficientemente capacitado para responder a las necesidades de una industria con un alto grado de desarrollo tecnológico.

De esta manera, se podría afirmar que aunque las capacidades de formación, investigación e invención específica en el componente ambiental de la industria automotriz colombiana, todavía se encuentran en un nivel muy incipiente, existe una masa crítica importante y un potencial muy amplio en cuanto a programas de formación, grupos

y centros de investigación, que direccionados adecuadamente, pueden contribuir al posicionamiento de la industria como un sector de clase mundial.

Tendencias tecnológicas globales y oportunidades para la industria automotriz colombiana

Si bien es cierto que de manera general existen dos grandes momentos en la evolución de la industria automotriz (primero, la utilización de la banda movible o línea de montaje y, segundo, el rediseño en la fabricación de vehículos y sus partes llevado a cabo por Toyota), también es cierto que puede pensarse en un tercer momento, que se relaciona con los principales desarrollos a futuro de la industria, los cuales se orientan hacia la disminución de la dependencia del motor de combustión y la búsqueda de otro tipo de tecnologías alternativas de propulsión.

Los resultados del ejercicio de vigilancia tecnológica en las cuatro líneas priorizadas: Uso eficiente de la energía, materiales de reciclaje y reuso, biocombustibles y vehículos híbridos, permitieron la identificación de análisis de tendencias y factores de cambio relacionados con la importancia del componente ambiental para la industria automotriz a nivel mundial. Particularmente estos factores de cambio, que van en concordancia con las tendencias tecnológicas globales, están enfocados en la mitigación de los impactos ambientales de la industria: disminución del consumo de recursos, particularmente energía, reducción de residuos, búsqueda de combustibles alternativos y sistemas de propulsión alternativa como los vehículos híbridos.

La identificación de tendencias tecnológicas internacionales en las líneas de investigación priorizadas, y el cruce con las capacidades nacionales en investigación, formación e invención, implica nuevos desafíos para la industria que se pueden traducir en oportunidades tecnológicas para el país en relación con programas de formación de talento humano especializado, identificación de temáticas clave, mecanismos de transferencia tecnológica y diseño y gestión de alianzas estratégicas con países e instituciones líderes.

Entre las oportunidades identificadas para la industria automotriz colombiana se encuentran las tecnologías orientadas a mejorar la eficiencia en el uso de la energía. Este es un tema de gran preocupación para la industria, puesto que incide directamente en sus costos de producción. Además tiene un carácter transversal, teniendo en cuenta que se pueden lograr mejoras en la eficiencia energética del proceso de manufactura de los vehículos y a lo largo de toda la cadena de abastecimiento.

Los temas críticos en esta línea de investigación incluyen la producción de materias primas con nuevas propiedades más eficientes como el acero, aluminio, plásticos y vidrios; la implementación de las mejores prácticas de gestión energética en la fabricación de autopartes, componentes y subsistemas, y por supuesto, en el ensamblaje; el uso de fuentes alternativas de energía para las operaciones de manufactura y el diseño de los productos y procesos de la industria automotriz, que considere todo el ciclo de vida de los mismos hasta su reciclado o disposición final, con el fin de reducir el uso de la energía y las pérdidas que se dan a lo largo de los procesos.

La ventaja que tiene el país para dar respuesta a las temáticas críticas asociadas con las tecnologías para mejorar la eficiencia del uso de la energía, es que entre las cuatro líneas analizadas, esta es la que cuenta con las capacidades de I+D+i más avanzadas en Colombia, que se pueden aprovechar para generar resultados con mayor agilidad, a esto se debe sumar el alto potencial energético con el que cuenta el país, en especial en temas de electricidad y gas natural. Para ello se requiere una estrategia de consolidación y especialización de grupos, centros de investigación y programas de formación, que involucren entre sus líneas de investigación aquellas temáticas críticas relacionadas con las demandas tecnológicas de la industria automotriz, mencionadas anteriormente.

Con respecto a la línea de investigación de materiales de reciclaje y reuso, se evidencia la importancia que tiene para la industria automotriz, la búsqueda de alternativas para reciclar y reutilizar los materiales y residuos derivados del proceso industrial y la disposición de los vehículos que llegan al final de su vida útil. En este sentido, una de las temáticas relacionadas con esta línea de investigación es el análisis del ciclo de vida, la cual es una herramienta fundamental para estudiar los procesos productivos asociados a la industria automotriz y buscar alternativas para minimizar los impactos y la contaminación de sus residuos en el medio ambiente.

Aunque la comunidad científica de esta línea de investigación todavía es muy pequeña, es importante que se generen estímulos para el desarrollo de proyectos de investigación asociados a: la creación de nuevos materiales de origen vegetal, teniendo en cuenta la biodiversidad del país; desarrollo de innovaciones tecnológicas en el diseño de partes que posteriormente faciliten su desensamblaje y reciclaje, implementación mecanismos eficientes de reutilización de los residuos de la industria y partes de los vehículos para la elaboración de nuevos componentes; creación de empresas enfocadas a los procesos de chatarrización y reciclaje de los vehículos.

El desarrollo de estos proyectos crea oportunidades no solo tecnológicas, sino también económicas y comerciales, enfocadas en la generación de empleo, fomento de inversiones, comercialización de partes recicladas, entre otras. Es importante el acompañamiento de un marco normativo que estimule estas iniciativas y facilite la aplicación de estándares ambientales internacionales como la Norma Internacional de Estandarización ISO 14000, la cual va dirigida a la implementación de sistemas de gestión ambiental al interior de la industria.

La línea de investigación de biocombustibles tiene una importancia creciente en el ámbito mundial debido a la necesidad de encontrar combustibles alternativos que disminuyan la dependencia de los combustibles fósiles y que tengan menores impactos sobre el medio ambiente. En efecto, las temáticas identificadas en el ejercicio de vigilancia tecnológica se relacionan principalmente con temas ambientales como gases de efecto invernadero, emisiones de CO_2 y calentamiento global.

De acuerdo a las tendencias tecnológicas identificadas, no solo es importante desarrollar biocombustibles de primera generación, sino también es clave potencializar la producción de biocombustibles de segunda y tercera generación, lo que requiere grandes esfuerzos en investigación y desarrollo. Esto también implica establecer políticas claras en cuanto a la producción de materias primas alternativas que garanticen la seguridad alimentaria del país.

La comunidad científica relacionada con los biocombustibles aunque es pequeña, ha tenido un crecimiento importante en los últimos años principalmente en relación con el número de grupos y centros de investigación que permitirá en el mediano plazo, consolidar una masa crítica que puede potencializar el desarrollo de los biocombustibles en el país. Esto se constituye en una oportunidad tecnológica importante si se tiene en cuenta la biodiversidad con la que cuenta Colombia y el marco normativo que se ha desarrollado en función de la producción de biocombustibles.

En efecto, "el país viene aprovechando las oportunidades que los biocombustibles le abren a la agricultura, con la producción de más de un millón de litros diarios, lo que posiciona a Colombia como el segundo productor de etanol en Latinoamérica, después de Brasil. El Ministerio de Agricultura, viene avanzando en la implementación de varias plantas de etanol y biodiesel en varias regiones del país como Sucre, Cesar, la Costa Norte y los Llanos Orientales"[207].

Dentro del marco normativo, se destaca del Documento Conpes 3510 "Lineamientos de política para promover la producción sostenible de biocombustibles en Colombia", el cual busca "expandir los cultivos de biomasas conocidas en el país y diversificar la canasta energética, dentro de un marco de producción eficiente y sostenible económica, social y ambientalmente, que permita competir en el mercado nacional e internacional"[208].

En el documento Conpes 3510, también se plantea la necesidad de establecer estrategias en Ciencia, Tecnología e Innovación para fortalecer las capacidades existentes en el país, que soporten la innovación requerida por el sector de los biocombustibles y permitan consolidarlo como un sector de clase mundial. En este punto es importante articular los desarrollos tecnológicos que han realizado los grupos, centros de investigación y universidades del país y redireccionar los programas de formación existentes para la formación de recurso humano especializado en el desarrollo y producción de biocombustibles[209].

Por último, con respecto a la línea de investigación en vehículos híbridos, esta se constituye en una de las principales tendencias tecnológicas de la industria automotriz a nivel mundial y se encuentra relacionada con el desarrollo de vehículos eléctricos, celdas de combustible, baterías de litio y simulación por computador. El desarrollo de vehículos híbridos, al igual que los biocombustibles, está altamente relacionado con la mitigación de

---

[207] COLOMBIA. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL. Biocombustibles en Colombia. [en línea]. [Consultado en Marzo 15 de 2012]. Disponible en internet: < http://www.minagricultura.gov.co>.

[208] COLOMBIA. DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE PLANEACIÓN. Documento Conpes 3510 Lineamientos de política para promover la producción sostenible de biocombustibles en Colombia. Marzo 31 de 2008.

[209] Algunas de las estrategias planteadas en el Documento Conpes 3510 y que deben ser lideradas por Colciencias son: i) desarrollar un sistema de transferencia tecnológica para el sector de los biocombustibles, tomando en consideración conceptos de mejores tecnologías disponibles (Best Available Technologies - BAT) y de mejores prácticas ambientales (Best Environmental Practices – BEP); ii) desarrollar un sistema de Propiedad Intelectual para los desarrollos realizados en el sector de biocombustibles; iii) implementar un sistema de laboratorios de calidad acreditado para el sector de los biocombustibles; iv) desarrollar mecanismos de formación del recurso humano para el sector de biocombustibles; v) crear un fondo de capital para apoyo a la investigación en biocombustibles; vi) consolidar centros, grupos y redes de investigación para el sector de los biocombustibles; y vii) consolidar una comunidad de consultores en el área de biocombustibles.

los efectos del cambio climático y el desarrollo de energías sostenibles con el medio ambiente.

En cuanto a las capacidades existentes en el país, aunque se cuenta con la comunidad más pequeña en relación con las líneas tecnológicas priorizadas, se están desarrollando a nivel nacional varias iniciativas que se pueden convertir en oportunidades tecnológicas y de mercado importantes para el desarrollo de vehículos híbridos. Dentro de estas iniciativas se encuentra el proyecto conjunto desarrollado entre el Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico del sector eléctrico CIDET, la Universidad Pontificia Bolivariana y la empresa colombo-alemana SYTECSA para el funcionamiento del primer Laboratorio universitario de tracción eléctrica de Colombia, en el que funcionará el primer bus eléctrico moderno del país.

También se destaca la implementación del proyecto piloto de taxis eléctricos en Bogotá, liderado por el Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible, el cual autorizó la importación sin arancel de 50 taxis eléctricos provenientes de China. Esta iniciativa busca disminuir la emisión de gases de efecto invernadero a la atmósfera y promover el uso de energía eléctrica, la cual es mucho más eficiente que la gasolina. La implementación de estos proyectos constituyen oportunidades tecnológicas para el país, si se tiene en cuenta el potencial en la producción de energía eléctrica, la cual es generada en un 78% por hidroeléctricas, lo que significa que no se está quemando combustible para su producción.

Todas estas iniciativas se deben acompañar de un marco normativo claro, que permita desgravaciones para la importación de este tipo de vehículos, reglamentación de tarifas, implementación de sistemas de transporte eléctricos masivos, apoyo para el desarrollo de proyectos de investigación enfocados en el desarrollo de vehículos híbridos y la implementación de infraestructura para la recarga de baterías, como estaciones de carga electrolineras.

En general, los resultados del ejercicio de vigilancia tecnológica, mostrados en el capítulo 8, permitieron comprender mejor el entorno tecnológico internacional actual de las cuatro líneas tecnológicas priorizadas. Esta información tiene un carácter estratégico en la medida en que señala hacia dónde se deben concentrar los esfuerzos de la industria automotriz colombiana para convertirse en un sector de clase mundial y con quiénes se podría establecer alianzas para avanzar en ese camino, bien sea como socios o como asesores con la mayor experticia en los campos tecnológicos requeridos.

Dichos resultados son un reflejo de la situación actual de la industria automotriz en el mundo. Por un lado, se encuentran los países líderes tanto en publicación de artículos como de patentes, a saber: Estados Unidos, Alemania, Japón y en menor medida Francia, pues tienen una participación importante en todas las líneas tecnológicas, lo que confirma el liderazgo que tradicionalmente han tenido en la industria automotriz. Por otro lado, están aquellos países que se perfilan como líderes más recientes y con una participación creciente en la publicación de artículos y patentes, como es el caso de China y Corea del Sur, que también se muestran como dos de los principales fabricantes de autos en la actualidad, con un gran potencial de expansión en el mundo.

Con respecto a la publicación de artículos científicos, la dinámica se concentra entre las universidades, empresas y centros de investigación. Estados Unidos participa con varias

de sus más prestigiosas universidades como la Universidad de Michigan, la Universidad de California y el MIT y centros de investigación como Argonne National Laboratory. También tienen una participación relevante la Universidad Tsinghua y State Key Joint Laboratory, ambos de origen chino y las OEM norteamericanas General Motors y Ford Motor Corp, las empresas alemanas Daimler Chrysler, BWM, Volkswagen y las japonesas Nissan Motor Corp y Toyota Motor Corp.

Las grandes OEM tradicionales de la industria automotriz, como es el caso de General Motors Corp, Ford Motor Corp, Daimler Chrysler, BWM, Volkswagen, Nissan Motor Corp, Toyota Motor Corp, Honda Motor Corp y Renault, entre otras, se presentan como las líderes en patentamiento en todas las líneas tecnológicas, lo que evidencia la importancia que estas empresas le otorgan a la inversión en investigación y desarrollo. La industria automotriz colombiana, a través de sus empresas, el CDTA (que está en proceso de implementación) y sus organizaciones de apoyo, puede aprovechar la amplia trayectoria y conocimiento de estas OEM para la transferencia de conocimiento a través del licenciamiento de patentes internacionales. Un primer acercamiento se puede realizar a través de General Motors y Renault, dos empresas con presencia en el territorio nacional que en la actualidad funcionan como ensambladoras, pero que a futuro planean convertirse en fabricantes, razón por la cual General Motors ya ha realizado grandes inversiones en Colombia.

Si bien, a través del ejercicio de vigilancia tecnológica se mostró que existe una amplia brecha tecnológica entre los países e instituciones líderes y las instituciones educativas, centros de investigación y empresas de la industria automotriz colombiana, es posible reducir esta brecha a través del establecimiento de alianzas y acuerdos de transferencia internacional de conocimiento, entre las organizaciones nacionales e internacionales identificadas. En este sentido la industria automotriz colombiana deberá vincularse a las redes de investigación, desarrollo e innovación, existentes entre las instituciones y empresas líderes a nivel internacional, no solo para promover la adquisición y asimilación de tecnologías externas, sino también para poder lograr desarrollos tecnológicos propios.

Recomendaciones de política pública para el desarrollo de la agenda de I+D+i ambiental

La industria automotriz por ser la “industria de industrias” está altamente relacionada con muchos otros sectores como el siderúrgico, metalmecánico, textil, energía, tecnologías de la información y la comunicación, entre otros, que han sido seleccionados por el gobierno colombiano como “sectores de clase mundial”.

El gobierno nacional, a través de políticas de fomento industrial como el Programa de Transformación Productiva del Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, debe propender por la articulación entre estos sectores con el objetivo de mejorar su competitividad y participación en los mercados internacionales. Para la industria automotriz, esto significa la oportunidad de convertirse en un jugador importante en el escenario latinoamericano.

Dentro de esta articulación es fundamental la coordinación y coherencia de políticas públicas entre las instituciones gubernamentales de apoyo como Colciencias, Bancoldex,

Proexport, y los Ministerios de Comercio, Industria y Turismo, Ministerio del ambiente y desarrollo sostenible, Ministerio de Transporte, Ministerio de Hacienda y Crédito Público, Ministerio de Minas y Energía y el Ministerio de Agricultura. Estas políticas deben estar encaminadas hacia la regulación de emisiones contaminantes de la industria y de los vehículos; reglamentación arancelaria; desarrollo de biocombustibles; marco legal y normativo para la implementación de sistemas de transporte eléctrico, tanto masivos como particulares; marco normativo para la chatarrización y renovación del parque automotor que ya ha cumplido su ciclo de vida; inversión de infraestructura; y fomento a la innovación en la industria automotriz y a la comercialización masiva de tecnologías asociadas a vehículos menos contaminantes.

Es importante resaltar, que cuando se hace referencia a la industria automotriz no se habla solo del vehículo de manera individual, sino que se abarcan todos los sistemas complejos de transporte, en el contexto de los crecientes problemas de movilidad de las grandes ciudades. Por tanto, es imprescindible contar con una política de movilidad verde en el marco del desarrollo sostenible, en el que se tenga en cuenta la implementación de sistemas de transporte inteligentes; búsqueda de nuevas alternativas para el desplazamiento en las ciudades (bicicletas convencionales y eléctricas); estimulo al uso compartido del automóvil; políticas de control a los estacionamientos; y sobre todo, la implementación de campañas de concientización que den paso a una nueva cultura de movilidad urbana.

En este sentido, la prospectiva se convierte en una herramienta fundamental para la toma de decisiones estratégicas, la implementación de políticas públicas enfocadas hacia el desarrollo sostenible de la industria automotriz y la articulación universidad-estado-empresa, que pueden formar una visión compartida y de largo plazo, a través de una estrategia de carácter nacional para la conformación de un verdadero sector de clase mundial.

BIBLIOGRAFÍA

ACEVEDO, J. Resumen del libro “El transporte como soporte al desarrollo de Colombia. Una visión al 2040”. En: Revista de ingeniería, Universidad de los Andes. Bogotá. Mayo, 2008, No. 29.

AGUILERA, Alexis Andrés. Conceptos básicos de Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva. Seminario de Fundamentos de Prospectiva y Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva. Universidad del Valle-SENA. Santiago de Cali, 2009 p. 2.

ÁLVAREZ, Ma. de Lourdes (2004). Política ambiental y su impacto en la innovación tecnológica organizativa: el reciclaje de vehículos automotores [en línea]. Revista Contaduría y Administración. No. 213, mayo-agosto 2004. [Consultado en Marzo 1 de 2011]. Disponible en internet:
<http://www.revistas.unam.mx/index.php/rca/article/view/4599/4130>.

ANDI. Cámara automotriz. Información general del sector [en línea]. 2009. [Consultado el 16 de junio de 2011]. Disponible en internet: < www.andi.com.co >.

ARGEL, Giovanni Carlos. Naturaleza y tendencias de la ciencia, tecnología e innovación (CTI) en América Latina y el Caribe. Un análisis crítico al modelo institucional colombiano. En: Pensamiento & Gestión. 2009. No. 27. Universidad del Norte, p. 253-283

ASHTON, W. Bradford y STACEY, *Gary S. Technical intelligence in business: undestanding technology, threats and opportunities. En: International Journal of Technology Management,* 1:110, 21-34, 1995.

AUTO CRC- Gobierno de Australia. *Automotive Australia 2020. Technology Roadmap,* Sidney, 2010.

AUTONAL. Reciclaje de vehículos en Colombia [en línea]. Febrero 24, 2011. [Consultado el 20 de junio de 2011]. Disponible en internet:
< http://www.autonal.com/novedad/reciclaje-de-vehiculos-en-colombia >.

AVENDAÑO, Giovanni. ¡Freno al contrabando de repuestos en Colombia! En: Revista Motor, 10, Junio, 2011

BBVA RESEARCH. Colombia. Situación Automotriz. Análisis Económico [en línea]. 2011. [Consultado el 10 de enero de 2012]. Disponible en internet: <http://www.bbvaresearch.com>.

--------. Latinoamérica. Situación Automotriz. Análisis Económico [en línea] 2010. [Consultado el 15 de Junio de 2011]. Disponible en internet <http://www.bbvaresearch.com>.

--------. Colombia. Situación Automotriz. Análisis Económico [en línea]. 2010. Disponible en [Consultado el 13 de Junio de 2011]. Disponible en internet: <http://www.bbvaresearch.com>.

CALLEJA Ignacio and DELGADO Luis. *European Environmental Technologies Action Plan (ETAP). En: Journal of Cleaner Production* 16S1 (2008) S181eS183, 2008, p.182.

CAMACHO, Carlos. Pulso entre Gobierno y CDA por revisión técnico mecánica. En: El Tiempo. Bogotá D.C. 12, noviembre, 2011. sec. Vehículos. p.1.

CARBAJAL, Yolanda. Sector Automotriz: Reestructura tecnológica y reconfiguración del mercado mundial. En: Paradigma económico. Enero-Junio de 2010. Año 2. No. 1. p.24-52.

CASTELLANOS, Oscar Fernando; FUNEQUE, Aida Mayerly; FONSECA, Sandra Lorena. Direccionamiento estratégico de Sectores Industriales en Colombia a partir de Sistemas de Inteligencia Tecnológica. Bogotá: Gente Nueva Editorial; 2009.

CASTELLANOS, O; TORRES, L. y DOMÍNGUEZ, K. Manual Metodológico para la Definición de Agendas de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Cadenas Productivas Agroindustriales. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Bogotá: Giro Editores Ltda; 2009.

CASTELLANOS, Oscar Fernando. Retos y nuevos enfoques en la Gestión de la Tecnología y del Conocimiento. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá; 2008.

--------. Gestión Tecnológica: De un enfoque tradicional a la Inteligencia. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia; 2007.

CASTRO, L. F. Industria automotriz adelante a pesar de la crisis mundial. Revista Metal Actual. [en línea]. Bogotá, 2009. [Consultado en Noviembre 23 de 2011]. Disponible en internet: < www.metalactual.com.>.

CENTRO DE ESTUDIOS DE COMPETITIVIDAD DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO AUTÓNOMO DE MÉXICO ITAM. El Sector Autopartes en México; Diagnóstico, Prospectiva y Estrategia [en línea]. México, D.F. 2004. [Consultado en Marzo 20 de 2011]. Disponible en internet: < http://cec.itam.mx>.

CETISME. Inteligencia Económica y Tecnológica. Guía para principiantes y profesionales. España; 2002.

CLAUT Clúster automotriz de Nuevo León (2011. Armadoras en México imponen récord histórico de producción y exportaciones en 2010 [en línea] 2011 [Consultado el 15 de Agosto de 2011]. Disponible en internet: <http://claut.com.mx >.

CLOPATOFSKY, José. Chatarra versus medio ambiente. En: El Tiempo. Bogotá D.C. 3, marzo, 2012. sec. Vehículos. p. 2.

--------. Alineación incompleta. En: Motor. Casa Editorial El Tiempo. Bogotá D.C. Edición No. 534, 8, junio, 2011. p. 7.

--------. Un proyecto que merece más aire. En: Motor. Casa Editorial El Tiempo. Bogotá D.C. Edición No. 519, 29, septiembre, 2010. p. 7.

COLOMBIA. DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN COLCIENCIAS. Colombia construye y siembra futuro. Política nacional de fomento a la investigación y la innovación. Bogotá, 2008.

--------. Avances de implementación del Plan de Acción de Lima. Informe Colciencias 2007.

COLOMBIA. DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADÍSTICA DANE. Documento metodológico encuesta de desarrollo e innovación tecnológica en la industria manufacturera EDIT, 2010.

--------. Encuesta Anual Manufacturera, códigos 341, 342 y 343 de la clasificación CIIU, Rev.3. a tres dígitos [en línea]. 2010. [Consultado el 20 de enero de 2012]. Disponible en internet: < www.dane.gov.co >.

COLOMBIA. DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE PLANEACIÓN DNP. Documento Conpes 3678. Política de Transformación Productiva: Un modelo de desarrollo sectorial para Colombia. Bogotá; 21 de julio de 2010.

--------. Documento Conpes 3527 Política Nacional de Competitividad y Productividad. Bogotá, 23 de Junio de 2008.

--------. Documento Conpes 3510 Lineamientos de política para promover la producción sostenible de biocombustibles en Colombia. Bogotá, Marzo 31 de 2008.

--------. Cadenas Productivas. Estructura, comercio internacional y protección. Cadena Productiva Automotor. Bogotá: Cargraphics; 2004.

COLOMBIA. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL. Biocombustibles en Colombia. [en línea]. [Consultado en Marzo 15 de 2012]. Disponible en internet: < http://www.minagricultura.gov.co>.

--------. Decreto 2328 de 2008 (junio 25). Por el cual se crea la Comisión Intersectorial para el Manejo de Biocombustibles. Bogotá D.C. junio 27, 2008. Diario Oficial No. 47.033.

COLOMBIA. MINISTERIO DE COMERCIO, INDUSTRIA Y TURISMO. Programa de Transformación Productiva [en línea]. [Consultado en Marzo 8 de 2011]. Disponible en internet: <http://www.transformacionproductiva.gov.co>.

-------- Desarrollando sectores de clase mundial en Colombia. Sector de Autopartes. Informe Final. McKinsey & Company, 2009.

COMISIÓN DEPARTAMENTAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DEPARTAMENTO DE CORDOBA. CODECyT. Agenda prospectiva para el desarrollo de ciencia, tecnología e innovación de Córdoba [en línea]. [Consultado en Marzo 22 de 2011]. Disponible en internet: < http://www.cordoba.gov.co/CODECYT/agendap01.html>.

COMISIÓN ECONÓMICA PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE CEPAL. Ciencia y tecnología en el Arco del Pacífico Latinoamericano: espacios para innovar y competir.

Sexta Reunión Ministerial del Foro del Arco del Pacífico Latinoamericano. Cusco (Perú). Santiago de Chile: CEPAL; 2010.

-------- La hora de la igualdad: brechas por cerrar, caminos por abrir. Trigésimo tercer período de sesiones de la Comisión (Brasilia, 30 de mayo a 1 de junio de 2010). Santiago de Chile: Naciones Unidas; 2010.

--------. La inversión extranjera directa en América Latina y el Caribe. Capítulo 2: La industria automotriz frente a la crisis: estrategias empresariales en el Brasil y México. New York: Naciones Unidas; 2009.

--------. Serie estudios y perspectivas. Evolución reciente y retos de la industria manufacturera de exportación en Centroamérica, México y República Dominicana: una perspectiva regional y sectorial, 2008.
--------. Transformación Productiva con Equidad [en línea]. Marzo de 1990. [Consultado en Marzo 15 de 2011]. Disponible en internet: < http://www.eclac.org>.

COMISIÓN ECONÓMICA PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE CEPAL y @LIS, Programa de la Comisión Europea. Delphi de prioridades de políticas eLAC: Consulta multisectorial sobre prioridades de políticas TIC para el año 2010 en América Latina y el Caribe. Octubre de 2007.

COMISIÓN EUROPEA. Informe de Vigilancia Tecnológica. Tecnologías ambientales. Serie Informes de tecnologías claves de la Unión Europea. Madrid: Citme.

CORPORACIÓN ANDINA DE FOMENTO CAF. Camino a la transformación productiva en América Latina. Caracas: Gráficas Acea; 2007.

DELGADO, J. Presente y futuro: ¿Cómo está el parque automotor en Colombia? [en línea]. [Consultado en Marzo 5 de 2011]. Disponible en internet: <http://www.revistadelogistica.com/revista-de-logistica-edicion-11.asp>.

DEL RÍO, Pablo. *The empirical analysis of the determinants for environmental technological change: A research agenda. En: Ecological Economics*, 68 (2009) 861-878.

ECONOMETRÍA S.A. Boletín de Prensa del Comité Automotor Colombiano. Enero 17, 2012.

--------. Boletín de Prensa del Comité Automotor Colombiano. Mayo 17, 2011.

EL TIEMPO. ¿Qué pasará con los retenes ambientales?. Bogotá, 14, enero, 2012. p. 4.

--------. Los autos asfixian a las ciudades. Bogotá, 19, junio, 2011. sec. Debes leer. Informe. p. 7.

--------. Ventas de carros pasarían de 370.000 unidades este año. Bogotá, 7, Junio, 2011.

--------. Adiós a las pólizas de chatarrización para camiones. Bogotá D.C. 27, mayo, 2011. sec. Temas especiales: transporte. p. 10.

--------. Renault se enchufa en Bogotá y Medellín. Bogotá D.C. 26, febrero, 2011. sec. Vehículos. p. 8.

ERNST & YOUNG. *Lessons from change. A roadmap to sustainability for the automotive industry,* London, 2009.

ESCORSA CASTELLS, Pere y MASPONS BOSCH, Ramón. Módulo 8: La vigilancia tecnológica, un requisito indispensable para la innovación. IALE Tecnologia (www.iale.es) p.8.

FENALCO. Minambiente logra reducción arancelaria para vehículos más limpios. Circular 202 de 2011. Bogotá D.C., mayo, 2011.

FENALCO VALLE. Departamento económico. Comportamiento del sector automotor [en línea]. 2008. [Consultado en Octubre 25 de 2011]. Disponible en internet: <www.fenalcovalle.com>.

FIDUCOLDEX–FIDEICOMISO PROEXPORT COLOMBIA. Sector Automotor Colombiano. Invierta en Colombia. Editores: Manuel Salgado Pardo y Tatiana Rodríguez. Volumen I – No. 1. Enero, 2010.

FORAY, Dominique y GROBLER Arnulf. *Technology and the Environment: An Overview. En: Technological Forecasting and Social Change,* Vol 53, 3-13, 1996. p. 3.

GARCÉS, Claudia. Chatarrización, paso a paso. En: El Tiempo. Bogotá D.C. 26, junio, 2009.

FROST & SULLIVAN. *Think Thank automotive industry presentation*. London, 2010.

GARCÍA Jiménez, .Humberto. Innovación ambiental del sector automotriz en México. Innovación y ecología industrial. Documento borrador de ponencia [en línea]. 2010. [Consultado en Marzo 25 de 2011]. Disponible en internet: <http://octi.guanajuato.gob.mx/sinnco/index.php?option=com_wrapper&Itemid=>

GIBBONS, M. et al. La nueva producción del conocimiento. Barcelona: Ediciones Pomares-Corredor S.A; 1997.

GLOBAL FORESIGHT, INC. *Report on Industry Automotive Trends,* Viena, 2010.

INSTITUTO DE PROSPECTIVA, INNOVACIÓN Y GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO. Universidad del Valle. Construyendo el Centro de Desarrollo Tecnológico de la Industria Automotriz Colombiana. Informe final, 2011.

IPTS. *Trends in vehicle and fuel technologies scenarios for future trends.* European Commission, Seville, 2003.

J.D, POWER. US *Consumers Want "Green" Vehicles Without the Price Premium* [en línea]. Enero 11, 2011. [Consultado en Marzo 18 de 2011]. Disponible en internet: <http://www.jdpowercontent.com/globalauto/>.

KUEHR Ruediger. *Environmental technologies e from misleading interpretations to an operational categorisation & definition., Zero Emissions Forum*. Bonn, Germany: United Nations University (UNU); September 2006. p. 1.

MACÍAS, César. Papel de la Informetría y de la Cienciometría y su perspectiva nacional e internacional. Trabajo presentado en el Seminario sobre Evaluación de la Producción Científica, realizado en Sao Paulo por el Proyecto SciELO del 4 al 6 de marzo de 1998.

MALAVER, F. Los núcleos de conocimiento en las apuestas estratégicas de Bogotá y Cundinamarca y los sistemas sectoriales de innovación. Apuesta: Automotriz y Autopartes. Grupo CINNCO. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana; 2009.

MCCURDY, D. *Obama's Roadmap for the Auto Industry. Auto Alliance* [en línea]. Mayo 19, 2009. [Consultado en Marzo 13 de 2011]. Disponible en internet: <http://www.huffingtonpost.com/dave-mccurdy/obamas-roadmap-for-auto-i_b_205314.html>.

MEDINA, Javier. Escenarios y estrategias de transformación productiva y social para Colombia: ¿Con que capacidades potenciamos cuáles sectores estratégicos?, 2008.

MEDINA, Javier y ORTEGÓN, Edgar. Manual de prospectiva y decisión estratégica: bases teóricas e instrumentos para América Latina y el Caribe. Manual 51 CEPAL-ILPES. Santiago de Chile: Naciones Unidas. Septiembre de 2006.

MEDINA, Javier y RINCÓN, Gladys. La Prospectiva Tecnológica e Industrial: Contexto, Fundamentos y Aplicaciones. Colciencias-Corporación Andina de Fomento CAF. Bogotá: Cargraphics, 2006. p.32.

MEDINA, Javier y SÁNCHEZ, Jenny Marcela (Editores). Sinergia entre la Prospectiva Tecnológica y la Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva. Colciencias. Bogotá, Cargraphics Noviembre de 2008.

MOJICA, Francisco Javier. La construcción del futuro. Bogotá: Convenio Andrés Bello. Universidad Externado de Colombia. Mayo de 2005.

MURO, Xiomara y SERRÓN, Sergio. La agenda de investigación en el proceso de transformación de las instituciones de educación superior. En: Paradigma. Volumen XXVIII No.1, Junio de 2007/07-38.

NACIONES UNIDAS. Programa 21. Sección IV - Medios de ejecución. Capítulo 34. Transferencia de Tecnología Ecológicamente Racional, Cooperación y Aumento de la Capacidad. Río de Janeiro: ONU; 1992. [Consultado en mayo de 2011]. Disponible en internet: <http://www.un.org/esa/dsd/agenda21_spanish/>.

NATIONAL COMPOSITES NETWORK. *Technology Roadmap for Composites in the Automotive Industry*, Cambridge, 2005

OBSERVATORIO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA OCYT. Tercer informe de actividades Proyecto: Diseño y aplicación de una metodología para la caracterización de centros autónomos de investigación y desarrollo tecnológico, 2010.

OBSERVATORIO DE PROSPECTIVA TECNOLÓGICA INDUSTRIAL OPTI. Oportunidades tecnológicas e industriales para el desarrollo de la economía española. Madrid, 2010.

--------. Panel Internacional Prospectiva y Evaluación en Ciencia, Tecnología e Innovación. La experiencia de la Fundación OPTI. Presentación realizada por Ana Morato en Colombia, junio de 2008.

--------. Tercer informe de Prospectiva Tecnológica Industrial. Futuro tecnología en el horizonte del 2015. Estudio de Prospectiva sobre "Transporte, distribución, almacenamiento y uso final de la energía; Estudio de prospectiva sobre "Sector automoción". Madrid, 2004.

--------. Materiales para el transporte y la energía. Tendencias tecnológicas a mediano y largo plazo. OPTI, Madrid, 2003.

ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL TRABAJO. Tendencias de la industria automotriz que afectan a los proveedores de componentes [en línea]. Primera edición. Ginebra, 2005. p.1. [Consultado en septiembre de 2011]. Disponible en internet: <www.ilo.org/>.

PALOP, Fernando y VICENTE J.M. Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva. Su potencial para la empresa española. Serie Estudios COTEC. Número 15. Fundación COTEC. Madrid; 1999.

--------. Documento COTEC sobre oportunidades tecnológicas. Serie Estudios COTEC. Número 14. Fundación COTEC. Madrid, 1999.

PHAAL, R. *Foresight Vehicle Technology Roadmap. Technology and research directions for future road vehicles. Technology Management Institute for Manufacturing,* University of Cambridge, Department of Trade and Industry. Cambridge, 2002.

PÉREZ, Vanessa. Desgravación total de autos europeos se hará en siete años. En: La República, 10, noviembre, 2010.

POPPER, Rafael. *Foresight Methodology, in Georghiou, L., Cassingena H., J., Keenan, M., Miles, I., and Popper, R., The Handbook of Technology Foresight: Concepts and Practices*, Cheltenham: Edward Elgar, 2008.

PRICEWATERHOUSECOOPERS. *Adopting electric vehicles: The role of technology and investment* [en línea]. Octubre de 2009. [Consultado en Marzo 28 2011]. Disponible en internet: <http:// www.pwc.com/auto>.

--------. *The automotive industry and climate change Framework and dynamics of the CO2 (r)evolution [en línea]. 2007.* [Consultado en Marzo 8 de 2011]. Disponible en internet: <http://www.pwc.de/de/automotive>.

QUINTERO, Jorge. TLC con Corea desata guerra entre importadores y ensambladores. En: El Tiempo, 11, Junio, 2011.

RAMACHANDRAN, V. and COTTON, L. *The Global Auto Parts Industry: Consolidation and other Trends,* Boston, 2000.

RAND Corporation. *The Global Technology Revolution 2020, In-Depth Analyses. Bio/Nano/Materials/Information Trends, Drivers, Barriers, and Social Implications.* Santa Mónica, CA: RAND Corporation; 2006.

REVISTA DINERO. Industria automotriz, locomotora de la innovación [en línea]. Colombia, Septiembre 11 de 2010. [Consultado en Marzo 1 de 2011]. Disponible en internet: < http://www.dinero.com>.

RICYT. Estado de la Ciencia. Principales Indicadores de Ciencia y Tecnología - Iberoamericanos/ Interamericanos 2010. [En línea]. Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID). Argentina, 2010. [Consultado en abril 13 de 2011]. Disponible en internet: http://www.ricyt.org/index.

RICYT, UNESCO, MSTI-OECD. Base de datos INFODATA, Serie 001, V 0.5.0, [Consultada en abril 12 de 2011]. Disponible en internet: <http://www.eclac.org/iyd/website/default_001.asp>

SÁNCHEZ, Jenny Marcela. Prospectiva, Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva como disciplinas complementarias de apoyo al proceso de toma de decisiones. Experiencia del Programa Colombiano de Prospectiva Tecnológica e Industrial. Guatemala, Marzo de 2007.

SÁNCHEZ, Jenny Marcela y PALOP, Fernando. Herramientas de Software para la práctica de Inteligencia Competitiva en la Empresa. Madrid: Ed. Triz XXI; 2002.

SEPÚLVEDA, Rodrigo. Importados también se movieron. En: El Tiempo. 26, febrero, 2011. Sec. Vehículos. p.2.

SUÁREZ, Sandra. Por el aire que respiramos [en línea]. Presidencia de la República. Febrero 20, 2006. [Consultado el 2 de febrero de 2012]. Disponible en internet: <http://www.presidencia.gov.co/prensa_new/columnas/columnas169.htm>.

UNIÓN EUROPEA. *Foresight Vehicle Technology Roadmap of UE*. Agencia para la Cooperación de la Industria Europea. Bruselas. 2010.

VALLEJOS, Sofía. Minería de Datos. Universidad Nacional del Nordeste. Argentina, 2006.

WYMAN, Oliver. *Car Innovation 2015. A comprehensive study on innovation in the automotive industry*, París, 2007.

WYNN-WILLIAMS, Michael. *Surfing the global tide. Automotive giants and hox to survive them.* Palgrave McMIllan, New York, 2009.

BASES DE DATOS CONSULTADAS:

Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación Colciencias-Plataforma Scienti: www.colciencias.gov.co/scienti

Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE: www.dane.gov.co

Ministerio de Educación Nacional-Sistema Nacional de Información de Educación Superior Snies: http://snies.mineducacion.gov.co/ConsultaSnies/

Observatorio Laboral para la Educación: www.graduadoscolombia.edu.co

Organización Mundial de la Propiedad Intelectual OMPI: www.wipo.int

SAE Society of automobile engineers: www.standars.sae.org/automotive

Servicio Nacional de Aprendizaje SENA: www.sena.edu.co

Superintendencia de Industria y Comercio: www.sic.gov.co

Superintendencia de Sociedades: www.supersociedades.gov.co

ANEXOS

ANEXO A. PARTICIPANTES EN EL TALLER

NOMBRE	EMPRESA
Santiago Schlesinger	Ministerio de Industria y Comercio. Programa de Transformación Productiva
Paula Rodríguez	Ministerio del Medio Ambiente
Miriam Carvajal	Ministerio de Transporte
Marco A. Rodriguez	Mazda. Compañía Colombiana Automotriz
Yesid A.	Vitro
Fernando Meza	Acolfa-Andi
Oscar Orozco	Fanalca
George Schmit	Chaid Neme
Julio Cesar Chávez	Incolbest
Marlene Galvis	Incolbest
Fernando Reyes	Yasaky
Hugo Restrepo	UMO S.A
José Gutiérrez	UMO S.A
Julián Vargas	GM Colmotores
Ricardo Malagón	Bundy
Miguel Forero	Cuperz
María C. Pérez	Vitro Colombia S.A
José Vicente L	Servintec S.A
Rubén Arias	Espum latex S.A
Luis Humberto Galeano	Terminales automotrices
Álvaro A. Bernal	Industria Faacia
Nelson García	Cofre S.A
Claudia Villareal	Cofre S.A
Mario Álvarez	Terminales Automotrices
Carlos Acero	Espum latex S.A
Luis Enrique Losada	Parplast S.A.S
Carlos Estrada	DANA Trans Ejes
Julio Zipa	Trimco S.A
Orlando Dávila	Trimco S.A
Iván Bernal	CCA
Andrea Crespo	Acolfa
Ricardo Laverde	Colciencias
Katerine Santiago	Cuperz S.A
Juan Carlos Suárez	Gabriel de Colombia S.A
César Martínez	Metalbogotá S.A

ANEXO B. INSTRUCTIVO PARA LA PRIORIZACIÓN DE LÍNEAS DEL MAPA AMBIENTAL DE LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ



CONSTRUYENDO EL CENTRO DE DESARROLLO TECNOLÓGICO DE LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ COLOMBIANA

Eslabón al que pertenece:

_____

Teniendo en cuenta la importancia del ***componente ambiental*** para la Industria Automotriz se solicita a los participantes que **seleccionen** las tres líneas tecnológicas ambientales, que consideren más pertinentes para el desarrollo de la Industria Automotriz Colombiana. Por favor, seleccione las tres líneas tecnológicas más pertinentes colocando una **X** en la casilla correspondiente. Si usted considera que existe otra línea tecnológica ambiental pertinente, por favor escríbala en las casillas en blanco.

ÁREA TECNOLÓGICA	LÍNEAS TECNOLÓGICAS	SELECCIÓN
DISEÑO Y PROCESOS DE MANUFACTURA	Tecnologías limpias implementadas en el proceso productivo	
	Tecnologías para mejorar la eficiencia del uso de la energía en el proceso productivo	
NUEVOS MATERIALES	Biomateriales	
	Biopolímeros	
	Pinturas respetuosas con el medio ambiente	
	Materiales de reciclaje y reuso	
	Materiales biodegradables	
	Materiales inteligentes que eliminan productos tóxicos de su composición	
	Materiales nanocompuestos orgánicos	
COMBUSTIBLES ALTERNATIVOS	Biocombustibles	
	Biodiesel	
	Bioetanol	
	Gas Natural Comprimido (CNG)	
	Gases licuados de petróleo (LNG)	
	Hidrógeno	

ÁREA TECNOLÓGICA	LÍNEAS TECNOLÓGICAS	SELECCIÓN
PROPULSIÓN ALTERNATIVA	Vehículos híbridos	
	Vehículos eléctricos de batería	
	Vehículos eléctricos de pila o celda de combustible	
	Vehículos de aire comprimido	
	Motores de combustión flexible	
PROPULSIÓN TRADICIONAL	Tecnologías de control del ciclo de combustión.	
	Desarrollo y optimización de combustibles.	
	Tecnologías de gestión de los gases de escape.	
	Desarrollo de catalizadores y filtros de partículas.	
ELECTRÓNICA Y TIC´S	Sistemas integrados de transporte	

ANEXO C. BITÁCORAS DE BÚSQUEDA
1. LÍNEA TECNOLOGÍAS PARA MEJORAR LA EFICIENCIA DEL USO DE LA ENERGÍA

TEMÁTICA:TECNOLOGÍAS PARA MEJORAR LA EFICIENCIA DEL USO DE LA ENERGÍA			
BITÁCORA DE BÚSQUEDA PARA PATENTES			
FECHA	**ECUACIÓN DE BÚSQUEDA (PALABRAS O FRASES)**	**BUSCADOR**	**No. REGISTROS**
23/11/2011	energy efficient <in> ET <And> automotive <in> ET <And> manufacturing <in> ET	Golfire, con acceso a las siguientes bases de datos: Oficina de Patentes de Estados Unidos, Oficina de Patentes de Japón, Oficina de Patentes de Alemania, Oficina de Patentes de Gran Bretaña, Oficina de Patentes de Francia, Oficina Europea de Patentes, Oficina Internacional de Patentes (OMPI)	1
23/11/2011	how to reduce energy in automotive manufacturing? <in> AB <with> automotive <in> AB		13
23/11/2011	how to reduce energy in automotive manufacturing? <in> AB <with> vehicle <in> AB		98
23/11/2011	how to efficient energy in automotive manufacturing? <in> AB <with> automotive <in> AB		13
23/11/2011	how to reduce energy in automotive fabricating process? <in> AB <with> automotive <in> AB		52
23/11/2011	how to save energy in automotive fabricating process? <in> AB <with> automobile <in> AB		121
24/11/2011	how to save energy in automotive manufacturing process? <in> AB <with> automotive <in> AB		52
24/11/2011	energy <in> ET <And> automotive <in> AB <And> manufacturing <in> AB		260
24/11/2011	energy <in> ET <And> vehicle <in> ET <And> manufacturing <in> ET		58
24/11/2011	how to reduce energy in automotive manufacturing? <in> AB <with> automobile <in> AB		40
24/11/2011	energy <in> ET <And> automobile <in> AB <And> manufacturing <in> AB <And> 1975->1995 <in> DP		167

TEMÁTICA:TECNOLOGÍAS PARA MEJORAR LA EFICIENCIA DEL USO DE LA ENERGÍA			
BITÁCORA DE BÚSQUEDA PARA PATENTES			
24/11/2011	energy <in> ET <And> automobile <in> AB <And> manufacturing <in> AB <And> 1996->2000 <in> DP		185
24/11/2011	energy <in> ET <And> automobile <in> AB <And> manufacturing <in> AB <And> 2001->2004 <in> DP		173
24/11/2011	energy <in> ET <And> automobile <in> AB <And> manufacturing <in> AB <And> 2005->2009 <in> DP		199
24/11/2011	energy <in> ET <And> automobile <in> AB <And> manufacturing <in> AB <And> 2010->2012 <in> DP		145

BITÁCORA DE BÚSQUEDA PARA ARTÍCULOS CIENTÍFICOS			
10/11/11	(TITLE-ABS-KEY("energy efficien*") OR TITLE-ABS-KEY("energy sav*") OR TITLE-ABS-KEY("energy recover*") OR TITLE-ABS-KEY("energy conservation") OR TITLE-ABS-KEY("efficien* energy use") AND TITLE-ABS-KEY(automobile) OR TITLE-ABS-KEY(automotive) AND TITLE-ABS-KEY(manufactur*) OR TITLE-ABS-KEY(fabricat*) OR TITLE-ABS-KEY(industr*) OR TITLE-ABS-KEY("car manufactur*") OR TITLE-ABS-KEY(vehicle)) AND DOCTYPE(ar OR re)	Bases de Datos Scopus	933

2. LÍNEA MATERIALES DE RECICLAJE Y REUSO

TEMÁTICA: MATERIALES DE RECICLAJE Y REUSO			
BITÁCORA DE BÚSQUEDA PARA PATENTES			
FECHA	**ECUACIÓN DE BÚSQUEDA (PALABRAS O FRASES)**	**BUSCADOR**	**No. REGISTROS**
16-12-11	recycling <in> ET <And> components <in> ET <And> automotive <in> ET	Golfire, con acceso a las siguientes bases de datos: Oficina de Patentes de Estados Unidos, Oficina de Patentes de Japón, Oficina de Patentes de Alemania, Oficina de Patentes de Gran Bretaña, Oficina de Patentes de Francia, Oficina Europea de Patentes, Oficina Internacional de Patentes (OMPI)	4
26-11-11	recycling <in> AB <And> components <in> AB <And> automotive <in> AB		124
26-11-11	recycling <in> AB <And> materials <in> AB <And> automotive <in> AB		141
16-12-11	recycling <in> ET <And> materials <in> ET <And> automotive <in> ET		10
26-11-11	reuse <in> ET <And> materials <in> ET <And> automotive <in> ET		8
16-12-11	reusing <in> AB <And> materials <in> AB <And> automotive <in> AB		12

BITÁCORA DE BÚSQUEDA PARA ARTÍCULOS CIENTÍFICOS			
10/11/11	TITLE-ABS-KEY: (“automotive industry” OR “automobile industry” OR car) AND reuse OR recycling AND materials OR components	Bases de Datos Scopus	834

3. LÍNEA TECNOLÓGICA BIOCOMBUSTIBLES

TEMÁTICA:BIOCOMBUSTIBLES			
BITÁCORA DE BÚSQUEDA PARA PATENTES			
FECHA	**ECUACIÓN DE BÚSQUEDA (PALABRAS O FRASES)**	**BUSCADOR**	**No. REGISTROS**
11/11/2011	biodiesel <in> AB <And> automotive <in> AB	Golfire, con acceso a las siguientes bases de datos: Oficina de Patentes de Estados Unidos, Oficina de Patentes de Japón, Oficina de Patentes de Alemania, Oficina de Patentes de Gran Bretaña, Oficina de Patentes de Francia, Oficina Europea de Patentes, Oficina Internacional de Patentes (OMPI)	18
	biodiesel <in> CLME <And> automotive <in> CLME		70
	bioethanol <in> AB <And> automotive <in> AB		1
	bioethanol <in> CLME <And> automotive <in> CLME		8
	biofuel <in> AB <And> "automotive industry" <in> AB		3
	biofuel <in> CLME <And> "automotive industry" <in> CLME		23
	biogas <in> AB <And> automotive <in> AB		9
	biomass <in> ET <And> "automotive industry" <in> ET		1
	biomass <in> AB <And> automotive <in> AB		46

BITÁCORA DE BÚSQUEDA PARA ARTÍCULOS CIENTÍFICOS			
10/11/11	(TITLE-ABS-KEY(biofuel* OR "alternative fuel*") AND TITLE-ABS-KEY(biodiesel OR bioethanol OR biogas OR biomethane) OR TITLE-ABS-KEY(biomass) AND TITLE-ABS-KEY("automotive industry" OR "automobile industry" OR vehicle* OR automobil*))	Bases de Datos Scopus	450

4. LÍNEA TECNOLÓGICA VEHÍCULOS HÍBRIDOS

TEMÁTICA:VEHÍCULOS HÍBRIDOS			
BITÁCORA DE BÚSQUEDA PARA PATENTES			
FECHA	**ECUACIÓN DE BÚSQUEDA (PALABRAS O FRASES)**	**BUSCADOR**	**No. REGISTROS**
21/11/2011	"hybrid electric vehicle" <in> ET <And> motor	Golfire, con acceso a las siguientes bases de datos: Oficina de Patentes de Estados Unidos, Oficina de Patentes de Japón, Oficina de Patentes de Alemania, Oficina de Patentes de Gran Bretaña, Oficina de Patentes de Francia, Oficina Europea de Patentes, Oficina Internacional de Patentes (OMPI)	282
21/11/2011	"hybrid vehicle" <in> ET <And> motor		1067

BITÁCORA DE BÚSQUEDA PARA ARTÍCULOS CIENTÍFICOS			
10/11/11	(TITLE-ABS-KEY("hybrid vehicle*") AND TITLE-ABS-KEY("hybrid electric vehicle*" OR "electric vehicle*" OR "electric automobile*" OR "electric motor*" OR "electric batterie*") OR TITLE-ABS-KEY("alternative propulsion") AND TITLE-ABS-KEY("automotive industry" OR "automobile industry" OR vehicle* OR automobil*))	Bases de Datos Scopus	450

ANEXO D. GRUPOS DE INVESTIGACIÓN ASOCIADOS A LAS SUBLÍNEAS DE INVESTIGACIÓN PRIORIZADAS

1. LÍNEA TECNOLOGÍAS PARA MEJORAR LA EFICIENCIA DEL USO DE LA ENERGÍA

NOMBRE	AVALAN	CATEGORIA	LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN
USO RACIONAL DE LA ENERGIA Y PRESERVACION DEL MEDIO AMBIENTE	UNIVERSIDAD DEL NORTE	A1	Biocombustibles; bioprocesos; control industrial de procesos; conversión de energía
CIENCIA Y TECNOLOGIA DEL GAS Y USO RACIONAL DE LA ENERGIA	UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA	A1	Aplicación del gas natural en generación eléctrica; combustión de combustibles gaseosos; economía de la energía; incidencia de condiciones atmosféricas sobre sistemas energéticos térmicos; motores térmicos y combustibles alternativos; uso racional de la energía
GRUPO DE ENERGIA Y TERMODINAMICA	UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA	A1	Gasificación y combustión gestión y tecnología; modelización y simulación; nuevas tecnologías; optimización y uso racional de la energía; termodinámica avanzada
GRUPO DE INVESTIGACION SOBRE NUEVOS MATERIALES	UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA	A1	Mecánica de materiales; nuevos metales; plásticos reforzados con fibras naturales y sintéticas; reciclado de residuos
LABORATORIO DE INVESTIGACION EN COMBUSTIBLES Y ENERGIA	UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA (BOGOTÁ)	A	Biomasa y procesos de conversión; carbón, procesos de conversión y carboquimica; gas natural, combustibles sintéticos y síntesis de Fisher-Tropsch; nuevos materiales y procesos; petróleo, refinación y petroquímica; recursos energéticos y medio ambiente
GRUPO DE MATERIALES SEMICONDUCTORES Y ENERGIA SOLAR	UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA (BOGOTÁ)	A	Desarrollo de materiales semiconductores para la fabricación de celdas solares; desarrollo de prototipos de sistemas fotovoltaicos de generación de electricidad
CIENCIA Y TECNOLOGIA DE MATERIALES	UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA (MEDELLÍN)	A	Ingeniería de superficies; materiales naturales (fibras); mecánica estadística y mecánica del continuo; nanotecnología y biomateriales; procesos catalíticos y obtención de energía
GRUPO DE INVESTIGACION EN ENERGIAS GIEN-UAO	UNIVERSIDAD AUTONOMA DE OCCIDENTE - UAO	B	Eficiencia energética y energías alternativas; maquinas eléctricas y electrónica de potencia; sistemas de potencia y calidad de la energía eléctrica
GRUPO DE INVESTIGACION EN ENERGIAS ALTERNATIVAS Y FLUIDOS EOLITO	UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR	B	Eficiencia energética y uso racional de la energía; energías alternativas; mecánica de fluidos aplicada

NOMBRE	AVALAN	CATEGORIA	LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN
GRUPO DE INVESTIGACION EN COMBUSTIBLES ALTERNATIVOS, ENERGIA Y PROTECCION DEL MEDIO AMBIENTE	UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA (BOGOTÁ)	B	Biocombustibles y protección del medio ambiente; energías renovables (solar y biomasa); maquinas térmicas energéticas; propulsión
POTENCIA Y ENERGIA	UNIVERSIDAD DE LOS ANDES	B	Transporte eléctrico; política y regulación energética; análisis energético; control de sistemas de potencia; aplicación de técnicas de computación avanzada en los sistemas eléctricos
CENTRO DE INVESTIGACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE EN INDUSTRIA Y ENERGIA	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER	B	Análisis energético y exegético de las cadenas de producción de biocombustibles; análisis del ciclo de vida de los biocombustibles; biocombustibles de segunda generación; biocombustibles de tercera generación; moldeamiento de celdas de combustible; producción de biocombustibles de primera generación (bioetanol carburante) azúcar y coproductos
GAS NATURAL Y TERMODINAMICA	UNIVERSIDAD DEL NORTE	C	Combustibles y aplicaciones; conversión de energía; hornos secadores; producción más limpia; secado de alimentos
MECANISMOS DE DESARROLLO LIMPIO Y GESTION ENERGETICA	UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA (BOGOTÁ)	C	Biomasa y biocombustibles desarrollo sostenible y gestión ambiental; mecanismos de desarrollo limpio; simulación y control de procesos térmicos; sistemas de energías alternativas; uso racional y eficiente de la energía
GRUPO DE INVESTIGACION EN EFICIENCIA ENERGETICA Y ENERGIAS ALTERNATIVAS GEAL	UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA (PALMIRA)	C	Análisis de energía en sistemas agrícolas; biocombustibles; uso racional de energía y sistemas alternos
CONVERSION DE ENERGIA	UNIVERSIDAD DE LOS ANDES	C	Combustibles e incineración; energías renovables; maquinas térmicas; polución del aire; uso racional de la energía
GRUPO DE INVESTIGACION EN ENERGIA Y MEDIO AMBIENTE GIEMA	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER	C	Computación de alto rendimiento y e-ciencia;energias alternativas; ingeniería automotriz; modelado y simulación de sistemas térmicos y energéticos; sistemas de control y diagnostico automático; tecnología del gas
GRUPO DE ENERGIAS ALTERNATIVAS Y BIOMASA	UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR	C	Biocombustibles; diseño industrial y planta piloto; efluentes gaseosos y emisiones a la atmosfera; gestión ambiental y energética; nuevos materiales absorbentes y catalíticos; recursos naturales energéticos

NOMBRE	AVALAN	CATEGORIA	LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN
GMAE CONSERVACION Y APROVECHAMIENTO DE LOS RECURSOS NATURALES	UNIVERSIDAD DE IBAGUÉ	C	Biocombustibles y uso eficiente de la energía; ecoeficiencia y medio ambiente; estructuras, vías, geotecnia y concretos; modelización y control de procesos biológicos; recursos hídricos y saneamiento ambiental
TECNOLOGIA MECANICA	UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA	C	Agrícola; energías alternativas; mantenimiento industrial; mecatronica; motores de combustión; procesos de manufactura
GRUPO DE INVESTIGACION EN ENERGIAS Y EFICIENCIA	FUNDACION UNIVERSIDAD CENTRAL	D	Combustibles alternativos; refrigeración con hidrocarburos
GRUPO DE ENERGIA ALTERNATIVA	UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA	D	Automatización y control; electroquímica; energía solar; generación y aprovechamiento del hidrogeno
GRUPO DE INVESTIGACION EN TECNOLOGIAS ENERGETICAS	INSTITUTO TECNOLOGICO METROPOLITANO DE MEDELLIN	D	Eficiencia energética industrial y terciaria; nuevas tecnologías de aprovechamiento energético; valorización energética y nuevos combustibles
ENERGETICA	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE COLOMBIA	D	Energía (gestión, energías y combustibles alternativos)
GRUPO DE INVESTIGACION EN REGULACION DE MERCADOS ENERGETICOS	UNIVERSIDAD EXTERNADO DE COLOMBIA	D	Regulación minera; regulación petrolera; regulación de biocombustibles, energías renovables y medio ambiente; regulación de los mercados de gas; regulación del mercado de energía eléctrica
ECO ENERGIAS LIMPIAS Y SOSTENIBLES (ECO ENERGY)	UNIVERSIDAD JORGE TADEO LOZANO	D	Producción de biodiesel a partir de procesos catalíticos heterogéneos; producción de etanol a partir de materiales lignocelulosicos
IENA INVESTIGACION EN ENERGIAS ALTERNATIVAS	FUNDACION UNIVERSIDAD DE AMERICA	D	Desarrollo de la ingeniería civil para ámbitos urbanos; economía del hidrogeno
OBSERVATORIO	UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA	D	Calidad, salud ocupacional y medio ambiente; energías alternativas; gestión de organizaciones; gestión de producción y logística; procesos industriales; biodiesel; procesos industriales producción etanol de remolacha
GRUPO DE ESTUDIOS Y APLICACIONES EN INGENIERIA MECANICA	UNIVERSIDAD SANTO TOMAS	D	Biomecánica; diseño mecánico asistido por computador; energías alternativas y renovables; procesos de manufactura; robótica; simulación numérica

NOMBRE	AVALAN	CATEGORIA	LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN
OPTIMIZACION DE PROCESOS Y USO RACIONAL DE LA ENERGIA Y BIOMASA OPUREB	UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA	D	Combustión y gasificación conversión de energía; uso racional de la energía
GRUPO DE INVESTIGACION EN FLUIDOS Y ENERGIA	CORPORACION CENTRO DE DESARROLLO TECNOLOGICO DEL GAS	D	Aplicación de la metrología para la medición de la eficiencia energética y el control de procesos de transferencia de calor y combustión industrial de gas natural; desarrollo y promoción de equipos a gas natural para la industria tradicional de dulces de fruta y leche, como alternativa al uso de carbón y leña; generación, caracterización y aplicación de biogás; organismo de inspección de calderas
MATERIALES AVANZADOS Y ENERGIA	INSTITUTO TECNOLOGICO METROPOLITANO DE MEDELLIN	D	Caracterización, modelación y simulación de procesos de inyección en medios porosos; diseño, fabricación y procesamiento de materiales compuestos; mecánica avanzada de materiales compuestos; procesos de manufactura avanzados para la transformación de composites de alto desempeño
MATERIALES Y NANOTECNOLOGIA	UNIVERSIDAD DEL CAUCA - UNICAUCA	D	Caracterización de materiales por microscopia de sonda de barrido; caracterización y análisis de materiales por técnicas de barrido y espectroscopia; crecimiento y caracterización de recubrimientos duros y superduros; energía solar: materiales, dispositivos y sistemas; producción y caracterización de materiales por electroquímica
COMBUSTIBLES ALTERNATIVOS	UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA (BOGOTÁ)	SIN CLASIFICAR	Análisis exegético y optimización; caracterización y control de calidad de combustibles líquidos y gaseosos; gas natural vehicular; gas de gasificación; obtención de bioetanol; obtención y utilización de biodiesel
QUIMICA DE RECURSOS ENERGETICOS Y MEDIO AMBIENTE	UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA	SIN CLASIFICAR	Catalizadores para la conversión de hidrocarburos; diseño, obtención y caracterización de materiales carbonosos y absorbentes; reactividad y conversión de combustibles; reducción del impacto ambiental causado por el uso de combustibles fósiles
GREEN ENERGY GIMOC	UNIVERSIDAD SAN BUENAVENTURA	SIN CLASIFICAR	Energía y vehículos
GRUPO DE INVESTIGACION EN GESTION ENERGETICA	UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA	SIN CLASIFICAR	Administración energética; innovación tecnológica
DAVINCI	UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA	SIN CLASIFICAR	Automatización y control biomecatronica; energías renovables: robótica e inteligencia artificial; robótica teledirigida

Fuente: Base de Datos SCIENTI, Colciencias, 2011.

2. LÍNEA MATERIALES DE RECICLAJE Y REUSO

NOMBRE	AVALAN	CATEGORÍA	LINEAS DE INVESTIGACIÓN
GRUPO DE MATERIALES COMPUESTOS	UNIVERSIDAD DEL VALLE	A1	Valoración y utilización de desechos en la producción de materiales; activación alcalina y geopolimerizacion; corrosión y durabilidad de materiales; fiabilidad e integridad de los materiales en sus ambientes de servicio; nuevos materiales compuestos y materiales alternativos
GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN MATERIALES DE INGENIERÍA	UNIVERSIDAD EAFIT	C	Reciclaje de materiales; biomateriales; materiales compuestos; materiales metálicos; materiales poliméricos; materiales de construcción
GRUPO DE INVESTIGACIÓN DE APROVECHAMIENTO TECNOLÓGICO DE MATERIALES Y ENERGÍA-GIATME	ESCUELA COLOMBIANA DE CARRERAS INDUSTRIALES, ESCUELA TECNOLÓGICA	D	Reciclaje.
GRUPO DE INVESTIGACIÓN REM (RESEARCH IN ENERGY AND MATERIALS)	UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO	D	Medio ambiente y sector automotor.; biocombustibles; corrosión y deterioro de materiales; eficiencia energética; nanomateriales; polímeros
GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN INGENIERÍA DE MATERIALES,	ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERIA JULIO GARAVITO	D	Autopartes y protección, conservación y recuperación de materiales.
GRUPO DE MATERIALES Y MANUFACTURA CIPP-CIPEM	UNIVERSIDAD DE LOS ANDES	SIN CLASIFICAR	Reciclaje y recuperación de materiales poliméricos.

Fuente: Base de Datos SCIENTI, Colciencias, 2011.

3. LÍNEA TECNOLÓGICA: BIOCOMBUSTIBLES

NOMBRE	AVALAN	CATEGORÍA	LINEAS DE INVESTIGACIÓN
REM RESEARCH IN ENERGY AND MATERIALS	UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO	D	Aplicaciones de la ingeniería de materiales en el sector automotor; biocombustibles; corrosión y desarrollo de materiales; eficiencia energética; medio ambiente y sector automotor; nanomateriales
COMBUSTIBLES ALTERNATIVOS	UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA	SIN CLASIFICAR	Análisis exergetico y optimización; caracterización y control de calidad de combustibles líquidos y gaseosos; gas natural vehicular; gas de gasificación; obtención de bioetanol: obtención y utilización de biodiesel
GRUPO DE INVESTIGACION EN COMBUSTIBLES ALTERNATIVOS, ENERGIA Y PROTECCION DEL MEDIO AMBIENTE	UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA	B	Biocombustibles y protección del medio ambiente; energías renovables (solar y biomasa); maquinas térmicas energéticas; propulsión
GRUPO DE INVESTIGACION EN BIOCOMBUSTIBLES GRUBIOC	UNIVERSIDAD AUTONOMA DE OCCIDENTE UAO; UNIVERSIDAD DEL VALLE; UNIVERSIDAD LIBRE (Cali)	C	Medio ambiente y salud; motores; procesos
USO RACIONAL DE LA ENERGIA Y PRESERVACION DEL MEDIO AMBIENTE	UNIVERSIDAD DEL NORTE	A1	Biocombustibles ; bioprocesos; control industrial de procesos; conversión de energía
MECANISMOS DE DESARROLLO LIMPIO Y GESTION ENERGETICA	UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA	C	Biomasa y biocombustibles; desarrollo sostenible y gestión ambiental; mecanismos de desarrollo limpio; simulación y control de procesos térmicos; sistemas de energías alternativas; uso racional y eficiente de la energía
GRUPO DE INVESTIGACION EN EFICIENCIA ENERGETICA Y ENERGIAS ALTERNATIVAS GEAL	UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA (SEDE PALMIRA)	C	Análisis de energía en sistemas agrícolas; biocombustibles; uso racional de energía y sistemas alternos
CENTRO DE INVESTIGACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE EN INDUSTRIA Y ENERGIA	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER	B	Análisis energético y exergetico de las cadenas de producción de biocombustibles; análisis del ciclo de vida de los biocombustibles; biocombustibles de segunda generación; biocombustibles de tercera generación; modelamiento de celdas de combustible; producción de biocombustibles de primera generación (bioetanol carburante) azúcar y coproductos
YACIMIENTOS DE HIDROCARBUROS	UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA	SIN CLASIFICAR	Aspectos geomecanicos de la ingeniería de yacimientos; gas natural y biocombustibles; petrofísica y daño de formación
GRUPO DE INVESTIGACION EN TECNOLOGIAS ENERGETICAS	INSTITUTO TECNOLOGICO	D	Eficiencia energética industrial y terciaria; nuevas tecnologías de aprovechamiento energético; valorización energética y nuevos

NOMBRE	AVALAN	CATEGORÍA	LINEAS DE INVESTIGACIÓN
	METROPOLITANO DE MEDELLIN		combustibles
LABORATORIO DE INVESTIGACION EN COMBUSTIBLES Y ENERGIA	UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA	A	Biomasa y procesos de conversión; carbón, procesos de conversión y carboquimica; gas natural, combustibles sintéticos y síntesis de Fisher-Tropsch; nuevos materiales y procesos; petróleo, refinación y petroquímica; recursos energéticos y medio ambiente
GRUPO DE INVESTIGACION EN REGULACION DE MERCADOS ENERGETICOS	UNIVERSIDAD EXTERNADO DE COLOMBIA	D	Regulación minera; regulación petrolera; regulación de biocombustibles, energías renovables y medio ambiente; regulación de los mercados de gas; regulación del mercado de energía eléctrica
ECO ENERGIAS LIMPIAS Y SOSTENIBLES (ECO ENERGY)	UNIVERSIDAD JORGE TADEO LOZANO	D	Producción de biodiesel a partir de procesos catalíticos heterogéneos; producción de etanol a partir de materiales lignocelulosicos
GRUPO DE ENERGIAS ALTERNATIVAS Y BIOMASA	UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR	C	Biocombustibles; diseño industrial y planta piloto; efluentes gaseosos y emisiones a la atmosfera; gestión ambiental y energética; nuevos materiales absorbentes y catalíticos; recursos naturales energéticos
GMAE CONSERVACION Y APROVECHAMIENTO DE LOS RECURSOS NATURALES	UNIVERSIDAD DE IBAGUE	C	Biocombustibles y uso eficiente de la energía; ecoeficiencia y medio ambiente; estructuras, vías, geotecnia y concretos; modelización y control de procesos biológicos; recursos hídricos y saneamiento ambiental
GRUPO DE INVESTIGACION EN BIOCOMBUSTIBLES ICP ECOPETROL	INSTITUTO COLOMBIANO DEL PETROLEO	D	Aprovechamiento de residuos generados en la obtención de biocombustibles; biotecnología; investigación en biocombustibles
GRUPO DE INVESTIGACION EN PROCESOS QUÍMICOS Y BIOQUÍMICOS	UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA	A1	Ambiental; biomasa y biocombustibles; biotecnología y bioprocesos; catálisis y procesos catalíticos; gestión; materiales
OBSERVATORIO	UNIVERSIDAD PEDAGOGICA Y TECNOLOGICA DE COLOMBIA	D	Calidad, salud ocupacional y medio ambiente; energías alternativas; gestión de organizaciones; gestión de producción y logística; procesos industriales biodiesel; procesos industriales producción etanol de remolacha

Fuente: Base de Datos SCIENTI, Colciencias, 2011.

4. LÍNEA TECNOLÓGICA VEHÍCULOS HÍBRIDOS

NOMBRE	AVALAN	CATEGORÍA	LINEAS DE INVESTIGACIÓN
REM RESEARCH IN ENERGY AND MATERIALS	UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO	D	Aplicaciones de la ingeniería de materiales en el sector automotor; biocombustibles; corrosión y desarrollo de materiales; eficiencia energética; medio ambiente y sector automotor; nanomateriales
GRUPO DE INVESTIGACION EN ENERGIAS ALTERNATIVAS Y FLUIDOS EOLITO	UNIVERSIDAD TECNOLOGICA DE BOLIVAR	B	Eficiencia energética y uso racional de la energía; energías alternativas; mecánica de fluidos aplicada
GRUPO DE INVESTIGACION EN COMBUSTIBLES ALTERNATIVOS, ENERGIA Y PROTECCION DEL MEDIO AMBIENTE	UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA	B	Biocombustibles y protección del medio ambiente; energías renovables (solar y biomasa); maquinas térmicas energéticas; propulsión
QUIMICA Y FISICA DE CELDAS DE COMBUSTIBLE	UNIVERSIDAD DEL VALLE	D	Combustibles para celdas; electroquímica básica y aplicada; materiales para celdas de combustible; materiales y procesos para tratamientos en salud
USO RACIONAL DE LA ENERGIA Y PRESERVACION DEL MEDIO AMBIENTE	UNIVERSIDAD DEL NORTE	A1	Biocombustibles ; bioprocesos; control industrial de procesos; conversión de energía
MECANISMOS DE DESARROLLO LIMPIO Y GESTION ENERGETICA	UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA	C	Biomasa y biocombustibles; desarrollo sostenible y gestión ambiental; mecanismos de desarrollo limpio; simulación y control de procesos térmicos; sistemas de energías alternativas; uso racional y eficiente de la energía
GRUPO DE INVESTIGACION EN EFICIENCIA ENERGETICA Y ENERGIAS ALTERNATIVAS GEAL	UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA	C	Análisis de energía en sistemas agrícolas; biocombustibles; uso racional de energía y sistemas alternos
POTENCIA Y ENERGIA	UNIVERSIDAD DE LOS ANDES	B	Transporte eléctrico; política y regulación energética; análisis energético; control de sistemas de potencia; aplicación de técnicas de computación avanzada en los sistemas eléctricos
CIENCIA Y TECNOLOGIA DEL GAS Y USO RACIONAL DE LA ENERGIA	UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA	A1	Aplicación del gas natural en generación eléctrica; combustión de combustibles gaseosos; economía de la energía; incidencia de condiciones atmosféricas sobre sistemas energéticos térmicos; motores térmicos y combustibles alternativos; uso racional de la energía
GRUPO DE INVESTIGACION EN TECNOLOGIAS ENERGETICAS	INSTITUTO TECNOLOGICO METROPOLITANO DE MEDELLIN	D	Eficiencia energética industrial y terciaria; nuevas tecnologías de aprovechamiento energético; valorización energética y nuevos combustibles

NOMBRE	AVALAN	CATEGORÍA	LINEAS DE INVESTIGACIÓN
GRUPO DE INVESTIGACION EN CONVERSION DE ENERGIA CONVERGIA	UNIVERSIDAD DEL VALLE	C	Generación de energía eléctrica; maquinas eléctricas; uso racional de la energía
GRUPO DE INVESTIGACION EN REGULACION DE MERCADOS ENERGETICOS	UNIVERSIDAD EXTERNADO DE COLOMBIA	D	Regulación minera; regulación petrolera; regulación de biocombustibles, energías renovables y medio ambiente; regulación de los mercados de gas; regulación del mercado de energía eléctrica
GRUPO DE INVESTIGACION EN TECNOLOGIAS ENERGETICA	INSTITUTO TECNOLOGICO METROPOLITANO DE MEDELLIN	D	Eficiencia energética industrial y terciaria; nuevas tecnologías de aprovechamiento energético; valorización energética y nuevos combustibles
ENERGETICA	UNIVERSIDAD AUTONOMA DE COLOMBIA	D	Energía (gestión, energías y combustibles alternativos);
IENA INVESTIGACION EN ENERGIAS ALTERNATIVAS	FUNDACION UNIVERSIDAD DE AMERICA	D	Desarrollo de la ingeniería civil para ámbitos urbanos; economía del hidrogeno
GRUPO DE INVESTIGACION DEL CIDET	CORPORACION CENTRO DE INVESTIGACION Y DESARROLLO DEL SECTOR ELECTRICO	D	Desarrollo de tecnologías de gestión de la innovación; modelamiento de mercados energéticos; regulación económica de mercados energéticos; vigilancia y prospectiva tecnológica
GREEN ENERGY GIMOC	UNIVERSIDAD SAN BUENAVENTURA	SIN CLASIFICAR	Energía y vehículos
GRUPO DE INVESTIGACION EN GESTION ENERGETICA	UNIVERSIDAD TECNOLOGICA DE PEREIRA	SIN CLASIFICAR	Administración energética; innovación tecnológica

Fuente: Base de Datos SCIENTI, Colciencias, 2011.

ANEXO E. LISTA DE PARTICIPANTES TALLER CONSTRUCCIÓN DEL PORTAFOLIO DE PROYECTOS DE I+D+i

NOMBRE	EMPRESA	CARGO
Alberto Macías	ACOLFA	Vicepresidente
Fernando Meza	ACOLFA-ANDI	Gerente del Programa de Transformación Productiva
Julio César Zipa	TRIMCO S.A	Ingeniero Mecánico
Elkín Espítia Fuentes	GM Colmotores	Coordinador regulaciones
Hernán Patricio Álvarez	Yasaki Ciemel S.A	Director de fábrica
José Fernando Gutiérrez	UMO S.A	Gerente de operaciones
Hugo Restrepo	UMO S.A	Director de calidad y productividad
Félix Schmitt	ANDI	Asistente de Comité automotor
Ricardo Laverde	Colciencias	Asesor de la subdivisión de innovación y desarrollo tecnológico
Claudia Sánchez	Colciencias	Asesor del Programa Nacional de Desarrollo, Tecnológico e Innovación Industrial