

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE ECONOMÍA Y RELACIONES INTERNACIONALES
PROGRAMA DE DOCTORADO EN ESTUDIOS DEL DESARROLLO GLOBAL



TESIS:

**GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO EN UN ENTORNO DE
INNOVACIÓN ABIERTA, COMO PROMOTOR DE DESARROLLO
DEL CLÚSTER AEROSPAECIAL DE BAJA CALIFORNIA.**

PARA OBTENER EL GRADO DE:

DOCTOR EN ESTUDIOS DEL DESARROLLO GLOBAL

PRESENTA:

ALEJANDRO MORENO CHIMAL

DIRECTOR DE TESIS:

DR. GERARDO HUBER BERNAL

CODIRECTOR DE TESIS:

DR. MARCO TULIO OCEGUEDA HERNÁNDEZ

Tijuana, Baja California, marzo del 2022

Agradecimientos

Agradezco a la Facultad de Economía y Relaciones Internacionales y a sus autoridades por permitirme ser parte del Programa de Doctorado en Estudios del Desarrollo Global. A la Coordinación del Programa por su apoyo, asesoría y gestiones para llevar a cabo la defensa del trabajo de tesis. A los profesores del Programa de Posgrado por sus conocimientos, experiencia, dedicación y recomendaciones. A mi director de tesis, Dr. Gerardo Huber Bernal por su asesoría, su trabajo exhaustivo, su profesionalismo y compromiso en todo el proceso del Proyecto de Tesis. No omito agradecer al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por la beca que se me otorgó, muy importante para concretar los estudios de posgrado y este proyecto de tesis. Por todo lo que me han brindado, muchas gracias.

Agradezco a mi familia y en especial a mi esposa e hija por su apoyo, comprensión y paciencia.

ÍNDICE GENERAL.

Introducción.....	1
Capítulo 1 Construcción del objeto de estudio	3
1.1. Planteamiento del problema.....	3
1.2. Formulación del problema de investigación	5
1.2.1. Pregunta principal	5
1.2.2. Sistematización del problema de investigación	6
1.2.3. Preguntas secundarias	6
1.3. Justificación	6
1.4. Objetivos.....	8
1.4.1. Objetivo general	8
1.4.2. Objetivos específicos.....	8
1.4.3. Hipótesis.....	8
Capítulo 2 Revisión de la literatura	9
2.1. Marco Teórico referencial	9
2.1.1. El clúster como concepto teórico	9
2.1.2. Desarrollo de los clústeres.....	10
2.1.3. Límites del clúster	11
2.1.4. La ubicación y el entorno del clúster.....	12
2.1.5. Elementos que inhiben el desarrollo del clúster	13
2.1.6. Ventajas competitivas del clúster	14
2.1.7. Clústeres en economías avanzadas y en desarrollo	15
2.1.8. Particularidades de un clúster que coadyuvan a la innovación	15
2.1.9. La relevancia del rol del gobierno en un clúster.....	17
2.1.10. Efectos de los vínculos en el clúster	19
2.1.11. Otros clústeres aeroespaciales en el mundo.....	20
2.1.12. La fragmentación de la producción y el clúster	22
2.2. Localización espacial	23
2.3. Aglomeración, organización y concentración industrial	25
2.3.1. Aglomeración y desaglomeración.....	25
2.3.2. Aglomeración	25
2.3.3. Factores de desaglomeración	27

2.4.	Modelos de gestión del conocimiento	27
2.4.1.	Instituciones y organizaciones	27
2.4.2.	Organismos intermedios.....	29
2.4.3.	Las instituciones puente	32
2.4.4.	Comunidad científica, tecnológica y de innovación	33
2.4.5.	Importancia de las actividades científicas y tecnológicas.....	36
2.4.6.	Economía del conocimiento	38
2.5.	La gestión del conocimiento y su relación en los procesos de innovación.....	41
2.5.1.	Innovación.....	41
2.5.2.	El modelo de la innovación abierta	44
2.5.3.	<i>Spin-off</i> y <i>start-ups</i>	51
2.5.4.	Gestión del Conocimiento.....	59
2.5.5.	Capacidades tecnológicas.....	61
Capítulo 3 Marco contextual (el estado del sector aeroespacial desde la perspectiva industrial).....		63
3.1	Estado del sector aeroespacial en el mundo.....	63
3.1.1	La industria aeroespacial como sector global.....	64
3.1.2	Organización de la industria aeroespacial	65
3.1.3	División de la industria aeronáutica	67
3.1.4	Actividades económicas de la industria aeroespacial.....	68
3.1.5	El sector espacial	72
3.1.6	Cadena de proveeduría del sector espacial	74
3.1.7	Actores públicos en el sector espacial	76
3.1.8	Actores privados en el sector espacial.....	78
3.2	Antecedentes de la industria aeroespacial en México.....	79
3.2.1	La Aviación en México	79
3.2.2	La Aviación Militar en México	79
3.2.3	El origen de la aviación militar en México	79
3.2.4	Formación de recursos humanos	81
3.2.5	La Aviación Civil en México	83
3.2.6	Inicios de la Aviación Civil en México.....	83
3.2.7	La aviación comercial en México.....	84
3.2.8	Desarrollo de la aviación durante el periodo postrevolucionario 1920 – 1940	85
3.2.9	La aviación militar durante el periodo 1940 – 2000.....	87

3.2.10	Retos de la aviación nacional	89
3.3	La industria aeroespacial en México	90
3.3.1	Estado de la industria aeroespacial en México	90
3.3.2	El empleo en la industria aeroespacial en México	92
3.3.3	La inversión extranjera directa en la industria aeroespacial en México.....	93
3.3.4	Distribución de las empresas de la industria aeroespacial en México.....	95
3.3.5	El comercio de la industria aeroespacial en México.	96
3.3.6	Manufactura de la industria aeroespacial en México	98
3.3.7	Centros de Investigación en México	99
3.3.8	Oferta Educativa	103
3.3.9	Clústeres aeroespaciales en México	105
3.4	El Clúster aeroespacial de Baja California	108
3.4.1	Organismos intermedios	110
3.4.2	Marco normativo	111
3.4.3	Marco normativo a nivel federal	111
3.4.4	Marco normativo a nivel estatal	113
3.4.5	Marco normativo a nivel municipal.....	115
3.4.6	Flujos de inversión extranjera directa.....	115
3.4.7	Empresas en el clúster aeroespacial de Baja California.	117
3.4.8	Desarrollo del clúster aeroespacial de Baja California.....	120
3.4.9	Empleo en sector aeroespacial.....	121
3.4.10	Recursos humanos con formación superior y de posgrado	125
3.4.11	Recursos humanos de investigación	129
3.4.12	Capacidad inventiva en el clúster aeroespacial de Baja California	135
3.4.13	El despegue de la industria aeroespacial en Baja California	141
3.4.14	Certificaciones asociadas al Clúster de Baja California.....	141
3.4.15	Productos potenciales en el Clúster de Baja California.....	142
3.4.16	El diseño como nicho de oportunidad en el clúster aeroespacial de Baja California.....	143
3.4.17	Competencias requeridas por empresas del Clúster aeroespacial de Baja California.....	145
3.4.18	Puntos de oportunidad del clúster aeroespacial de Baja California.....	146
Capítulo 4	Resumen teórico de referencia.....	149
4.1	Gestión del conocimiento	149
4.2	Factores de la gestión del conocimiento	151

4.3	Clúster y su desarrollo	152
4.4	Modelo de innovación abierta.....	155
Capítulo 5 Metodología		157
5.1	Enfoque de aproximación	158
5.2	El enfoque ecléctico	160
5.3	Análisis de series de tiempo de variables específicas contrastadas entre los principales clústeres aeroespaciales mexicanos.....	162
5.3.1	Descripción de las variables sujetas al análisis de series de tiempo de los principales clústeres mexicanos	163
5.3.1.1	Flujos de inversión extranjera directa	164
5.3.1.2	Empresas de los clústeres aeroespacial.....	164
5.3.1.3	Ocupación en el sector aeroespacial	165
5.3.1.4	Recursos humanos con formación superior y de posgrado.....	165
5.3.1.5	Recursos humanos de investigación	166
5.3.1.6	Valor agregado censal bruto	167
5.3.1.7	Valor agregado en promedio por persona ocupada.....	168
5.3.2	Análisis del comparativo entre series de tiempo de variables específicas de los principales clústeres aeroespaciales mexicanos	168
5.3.2.1	Serie de tiempo de flujos de inversión extranjera directa	168
5.3.2.2	Serie de tiempo del número de empresas en los clústeres.	172
5.3.2.3	Serie de tiempo de ocupación en el sector aeroespacial	177
5.3.2.4	Serie de tiempo de recursos humanos con formación superior y de posgrado	180
5.3.2.5	Serie de tiempo de recursos humanos de investigación.....	184
5.3.2.6	Serie de tiempo de valor agregado censal bruto	191
5.3.2.7	Serie de tiempo de valor agregado en promedio por persona ocupada.....	192
5.4	Análisis de la capacidad inventiva con la dinámica del número de patentes entre los principales clústeres aeroespaciales	194
5.4.1	Solicitudes de patentes realizadas en México por residentes de los estados asociados a los principales clústeres aeroespaciales mexicanos	196
5.4.2	Patentes aeroespaciales concedidas en México a residentes de los estados de los principales clústeres aeroespaciales mexicanos	198
5.4.3	Patentes aeroespaciales por país concedidas por la oficina de patentes mexicana.....	201

5.5	Análisis de redes sociales mediante el estudio de las vinculaciones en el Programa de Estímulos a la Innovación, Desarrollo Tecnológico e Innovación entre universidades y empresas de los principales clústeres aeroespaciales mexicanos	202
5.5.1	Descripción general del Programa de Estímulos a la Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación (PEI)	202
5.5.2	Panorama nacional de los apoyos otorgados por el PEI.....	204
5.5.3	Panorama nacional de los apoyos otorgados por el PEI etiquetados con el área industrial de aeroespacial	206
5.5.4	Análisis de los proyectos apoyados por el PEI en los principales clústeres aeroespaciales mexicanos.....	207
5.5.4.1	Número de proyectos aeroespaciales por modalidad y clúster	207
5.5.4.2	Número de proyectos aeroespaciales por tamaño de empresa y clúster ...	208
5.5.4.3	Número de proyectos aeroespaciales por modalidad de vinculación y clúster	209
5.5.4.4	Número de proyectos aeroespaciales por empresas participantes y clúster	210
5.5.4.5	Número de proyectos aeroespaciales por empresa y clúster.....	210
5.5.4.6	Número de vinculaciones por empresa y clúster	213
5.5.4.7	Número de vinculaciones por IES y/o CI y clúster	215
5.5.4.8	Número de proyectos aeroespaciales por convocatoria y clúster	217
5.5.4.9	Monto apoyado por convocatoria y clúster, todas las áreas industriales ..	218
5.5.4.10	Monto apoyado por convocatoria y clúster, proyectos aeroespaciales ..	219
5.5.4.11	Porcentaje relativo de apoyo por convocatoria y clúster aeroespacial..	220
5.5.5	Análisis de los principales clústeres aeroespaciales mexicanos.....	221
5.5.5.1	Análisis de redes sociales de los principales clústeres aeroespaciales mexicanos	221
5.5.5.2	Indicadores del análisis de redes sociales de los principales clústeres aeroespaciales mexicanos	223
5.5.6	Análisis del clúster aeroespacial de Baja California	226
5.5.6.1	Número de proyectos aeroespaciales y montos apoyados por convocatoria al clúster aeroespacial de Baja California.....	227
5.5.6.2	Número de vinculaciones por empresa y modalidad de vinculación.....	228
5.5.6.3	Número de vinculaciones por empresa e IES y/o CI.	229
5.5.6.4	Análisis de flujos de conocimiento del clúster aeroespacial de Baja California	230

5.5.6.5	Indicadores del análisis de redes sociales del clúster aeroespacial de Baja California	232
5.5.7	Análisis del clúster aeroespacial de Chihuahua.....	235
5.5.7.1	Número de vinculaciones por empresa y modalidad de vinculación.....	236
5.5.7.2	Número de vinculaciones por empresa e IES y/o CI	237
5.5.7.3	Análisis de flujos de conocimiento del clúster aeroespacial de Chihuahua 237	
5.5.7.4	Indicadores del análisis de redes sociales del clúster aeroespacial de Chihuahua.....	239
5.5.8	Análisis del clúster aeroespacial de Nuevo León	243
5.5.8.1	Número de vinculaciones por empresa y modalidad de vinculación.....	243
5.5.8.2	Número de vinculaciones por empresa e IES y/o CI	244
5.5.8.3	Análisis de flujos de conocimiento del clúster aeroespacial de Nuevo León 245	
5.5.8.4	Indicadores del análisis de redes sociales del clúster aeroespacial de Nuevo León	247
5.5.9	Análisis del clúster aeroespacial de Querétaro	251
5.5.9.1	Número de vinculaciones por empresa y modalidad de vinculación.....	251
5.5.9.2	Número de vinculaciones por empresa e IES y/o CI	252
5.5.9.3	Análisis de flujos de conocimiento del clúster aeroespacial de Querétaro	253
5.5.9.4	Indicadores del análisis de redes sociales del clúster aeroespacial de Querétaro	255
5.5.10	Análisis del clúster aeroespacial de Sonora.....	259
5.5.10.1	Número de vinculaciones por empresa y modalidad de vinculación....	259
5.5.10.2	Número de vinculaciones por empresa e IES y/o CI	260
5.5.10.3	Análisis de flujos de conocimiento del clúster aeroespacial de Sonora	261
5.5.10.4	Indicadores del análisis de redes sociales del clúster aeroespacial de Sonora	262
5.5.11	Análisis de la red formada por los principales clústeres aeroespaciales mexicanos.....	265
5.5.11.1	Número de vinculaciones por empresa y modalidad de vinculación....	266
5.5.11.2	Análisis de flujos de conocimiento de la red formada por los principales clústeres aeroespaciales mexicanos	268

5.5.11.3	Indicadores del análisis de redes sociales de la red formada por los principales clústeres aeroespaciales mexicanos	270
5.6	Análisis factorial del clúster aeroespacial de Baja California.	274
5.6.1	El modelo factorial	274
5.6.2	Descripción del procedimiento para aplicar el análisis factorial	275
5.6.2.1	Datos sujetos al análisis factorial.....	276
5.6.2.2	Diagnósticos de pertinencia del análisis factorial.....	276
5.6.2.2.1	Matriz de correlaciones	276
5.6.2.2.2	Determinante de la matriz de correlaciones	276
5.6.2.2.3	Prueba de esfericidad de Bartlett.....	277
5.6.2.2.4	Índice Kaiser-Meyer-Olkin (KMO)	277
5.6.2.2.5	Matriz de correlación anti-imagen	277
5.6.2.2.6	Comunalidades	278
5.6.2.3	La estructura factorial	278
5.6.2.3.1	Varianza total explicada	279
5.6.2.3.2	Gráfico de sedimentación.....	279
5.6.2.4	Extracción de factores.....	279
5.6.2.4.1	Matriz de componente.....	280
5.6.2.4.2	Matriz de componente rotado.....	280
5.6.2.4.3	Gráfico de componentes en espacio rotado.....	281
5.6.3	Aplicación del Análisis Factorial	281
5.6.3.1	Se identifican las variables y se genera la base de datos	281
5.6.3.2	Diagnósticos de pertinencia del análisis factorial.....	284
5.6.3.2.1	Matriz de correlaciones	284
5.6.3.2.2	Determinante de la matriz de correlaciones	285
5.6.3.2.3	Prueba de esfericidad de Bartlett.....	285
5.6.3.2.4	Índice Kaiser-Meyer-Olkin (KMO)	286
5.6.3.2.5	Matriz de correlación anti-imagen	286
5.6.3.2.6	Comunalidades	287
5.6.3.3	La estructura factorial	287
5.6.3.3.1	Varianza total explicada	287
5.6.3.3.2	Gráfico de sedimentación.....	288

5.6.3.4 Extracción de factores.....	289
5.6.3.4.1 Matriz de componente.....	289
5.6.3.4.2 Matriz de componente rotado.....	290
5.6.3.4.3 Gráfico de componentes en espacio rotado.....	290
Capítulo 6 Conclusiones y recomendaciones.	293
Referencias:	301

INDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Diferencias entre Spin-off y Start-up	54
Tabla 3.1 Agregado de actividades económicas.....	69
Tabla 3.2 Evolución del número de empresas y empleos en la industria aeroespacial mexicana.....	92
Tabla 3.3 Centros públicos Conacyt y sedes	100
Tabla 3.4 Centros de investigación y posgrado del IPN y sedes	101
Tabla 3.5 Sección de Estudios de Posgrado e Investigación (SEPI)	101
Tabla 3.6 Unidades de investigación del Cinvestav	102
Tabla 3.7 Centros e institutos de la UNAM	102
Tabla 3.8 Egresados con nivel técnico y de licenciatura por ciclo escolar y clúster aeroespacial	127
Tabla 3.9 Egresados con nivel de posgrado por clúster aeroespacial.....	129
Tabla 3.10 Patentes de nacionales por entidad federativa según la clasificación B64 durante el periodo 1975-2018.....	138
Tabla 3.11 Patentes por país según la clasificación B64* durante el periodo 1975-2019 .	139
Tabla 3.12 Patentes por país, otorgadas por la oficina de patentes americana según la clase B64 durante el periodo 1976-2020	140
Tabla 3.13 Análisis FODA del clúster aeroespacial de Baja California	147
Tabla 5.1 Flujos de IED en clústeres aeroespaciales, 1999-2020 (millones de dólares)....	171
Tabla 5.2 Empresas por clúster aeroespacial a nivel de subrama 33641 Fabricación de equipo aeroespacial.....	173
Tabla 5.3 Empresas por clúster aeroespacial, 2007-2020	176
Tabla 5.4 Personal ocupado en los principales clústeres aeroespaciales a nivel de subrama 33641 Fabricación de equipo aeroespacial	178
Tabla 5.5 Personal ocupado en los principales clústeres aeroespaciales a nivel de subsector 336 Fabricación de equipo de transporte.....	179
Tabla 5.6 Egresados con nivel técnico y de licenciatura por ciclo escolar y clúster aeroespacial	182
Tabla 5.7 Egresados con nivel de posgrado por clúster aeroespacial.....	184

Tabla 5.8 Investigadores SIN nivel 3 en los estados asociados a los clústeres aeroespaciales	185
Tabla 5.9 Investigadores SNI nivel 2 en los estados asociados a los clústeres aeroespaciales.	186
Tabla 5.10 Investigadores SNI nivel 1 en los estados asociados a los clústeres aeroespaciales.	188
Tabla 5.11 Investigadores SNI nivel C en los estados asociados a los clústeres aeroespaciales	189
Tabla 5.12 Valor agregado censal bruto (millones de pesos).....	191
Tabla 5.13 Valor agregado en promedio por persona ocupada (Pesos)	193
Tabla 5.14 Solicitudes de patentes de residentes de los estados asociados a los clústeres aeroespaciales nacionales, 1997-2019.....	198
Tabla 5.15 Patentes de nacionales por entidad federativa según la clasificación B64* durante el periodo 1975-2018.....	200
Tabla 5.16 Patentes por país según la clasificación B64* durante el periodo 1975-2019 .	201
Tabla 5.17 Porcentaje de apoyo respecto al gasto elegible del proyecto en el ejercicio fiscal 2018.	204
Tabla 5.18 Proyectos a nivel nacional apoyados por el PEI en el periodo 2009 – 2018....	205
Tabla 5.19 Proyectos a nivel nacional apoyados por el PEI en el área industrial aeroespacial para el periodo 2009 – 2018	206
Tabla 5.20 Proyectos PEI por modalidad, principales clústeres aeroespaciales durante el periodo 2009-2018.....	208
Tabla 5.21 Proyectos PEI por tamaño de empresa, principales clústeres aeroespaciales durante el periodo 2009-2018.....	209
Tabla 5.22 Proyectos PEI por tipo de acompañamiento, principales clústeres aeroespaciales durante el periodo 2009-2018.....	209
Tabla 5.23 Número de empresas apoyadas, principales clústeres aeroespaciales durante el periodo 2009-2018.....	210
Tabla 5.24 Proyectos PEI por empresa, principales clústeres aeroespaciales durante el periodo 2009-2018.....	212

Tabla 5.25 Vinculaciones por empresa con Institución de Educación Superior/Centro de Investigación en proyectos PEI, principales clústeres aeroespaciales durante el periodo 2009-2018	214
Tabla 5.26 Vinculaciones de Institución de Educación Superior/Centros de Investigación en proyectos PEI, principales clústeres aeroespaciales durante el periodo 2009-2018.....	215
Tabla 5.27 Proyectos PEI por convocatoria, área industrial aeroespacial, principales clústeres aeroespaciales durante el periodo 2009-2018.....	217
Tabla 5.28 Monto del apoyo por convocatoria a los proyectos PEI, todas las áreas industriales, principales clústeres aeroespaciales durante el periodo 2009-2018.....	218
Tabla 5.29 Monto del apoyo por convocatoria a los proyectos PEI, área industrial aeroespacial, principales clústeres aeroespaciales durante el periodo 2009-2018	219
Tabla 5.30 Porcentaje de apoyo para el área industrial etiquetada como aeroespacial, respecto al total por convocatoria, principales clústeres aeroespaciales durante el periodo 2009-2018. (Porcentaje)	220
Tabla 5.31 Montos y proyectos aeroespaciales apoyados a Baja California vía las convocatorias del PEI	227
Tabla 5.32 Datos referentes a la vinculación en proyectos PEI asociados al clúster aeroespacial de Baja California	229
Tabla 5.33 Instituciones de Educación Superior/Centros de Investigación vinculadas a empresas en los proyectos PEI asociados al clúster aeroespacial de Baja California	229
Tabla 5.34 Resultados del análisis de flujo de conocimiento en el clúster aeroespacial de Baja California.....	233
Tabla 5.35 Datos referentes a la vinculación en proyectos PEI asociados al clúster aeroespacial de Chihuahua	236
Tabla 5.36 Instituciones de Educación Superior/Centros de Investigación vinculadas a empresas en los proyectos PEI asociados al clúster aeroespacial de Chihuahua	237
Tabla 5.37 Análisis de flujo de conocimiento en el clúster aeroespacial de Chihuahua....	240
Tabla 5.38 Datos referentes a la vinculación en proyectos PEI asociados al clúster aeroespacial de Nuevo León.....	244
Tabla 5.39 Instituciones de Educación Superior/Centros de Investigación vinculadas a empresas en los proyectos PEI asociados al clúster aeroespacial de Nuevo León.....	245

Tabla 5.40 Resultados análisis de flujo de conocimiento en el clúster aeroespacial de Nuevo León	249
Tabla 5.41 Datos referentes a la vinculación en proyectos PEI asociados al clúster aeroespacial de Querétaro.....	252
Tabla 5.42 Instituciones de Educación Superior/Centros de Investigación vinculadas a empresas en los proyectos PEI asociados al clúster aeroespacial de Querétaro.....	253
Tabla 5.43 Resultados del análisis de flujo de conocimiento en el clúster aeroespacial de Querétaro	257
Tabla 5.44 Datos referentes a la vinculación en proyectos PEI asociados al clúster aeroespacial de Sonora	260
Tabla 5.45 Institución de Educación Superior/Centros de Investigación vinculadas a empresas en los proyectos PEI asociados al clúster aeroespacial de Sonora	260
Tabla 5.46 Resultados del análisis de flujo de conocimiento en el clúster aeroespacial de Sonora	263
Tabla 5.47 Datos referentes a la vinculación en proyectos PEI asociados a los principales clústeres aeroespacial mexicanos	267
Tabla 5.48 Resultados del análisis de flujo de conocimiento de los principales clústeres aeroespaciales mexicanos	271
Tabla 5.49 Variables sometidas al análisis factorial.....	281
Tabla 5.50 Relación de variables empleadas para el Análisis Factorial.....	283
Tabla 5.51 Matriz de correlaciones ^a	285
Tabla 5.52 Prueba de KMO y Bartlett.....	285
Tabla 5.53 Matrices anti-imagen	286
Tabla 5.54 Comunalidades	287
Tabla 5.55 Varianza total explicada	288
Tabla 5.56 Matriz de componente ^a	289
Tabla 5.57 Matriz de componente rotado ^a	290

INDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Taxonomía de organizaciones intermedias presentes en la actividad innovadora	30
Figura 2.2 Taxonomía y funciones de intermediación de las organizaciones intermedias ..	31
Figura 2.3 Formas posibles de formación de nuevas empresas.....	52
Figura 3.1 Proveedores TIER 1 del proyecto 787.	67
Figura 3.2 Presupuestos espaciales en PPP y per cápita para países seleccionados.....	73
Figura 3.3 Satélites en misión ambiental en la órbita baja de la tierra	77
Figura 3.4 Principales países productores, 2015 (miles de millones de dólares).	91
Figura 3.5 Inversión de la industria aeroespacial en actividades manufactureras de 2009 (MUSD).....	93
Figura 3.6 Flujos de IED Aeroespacial (millones de dólares).....	94
Figura 3.7 Inversión extranjera directa en la industria aeroespacial (porcentajes).	95
Figura 3.8 Presencia aeronáutica en el México	96
Figura 3.9 Importaciones y exportaciones aeronáuticas 2016.....	97
Figura 3.10 Balanza comercial Aeronáutica.....	97
Figura 3.11 Partes y componentes de aeronaves fabricadas en México.....	98
Figura 3.12 Partes y componentes de aeronaves fabricadas en México (continuación)	99
Figura 3.13 Egresados de licenciatura y nivel técnico superior.	103
Figura 3.14 Oferta educativa para la industria aeroespacial, ciclo 2016-2017.....	105
Figura 3.15 Principales clústeres aeroespaciales en México.....	107
Figura 3.16 Flujos de IED en clústeres aeroespaciales, agregado 1999-2020 (millones de dólares)	116
Figura 3.17 Flujos de IED en clústeres aeroespaciales, por año 1999-2020 (millones de dólares)	117
Figura 3.18 Empresas por clúster aeroespacial a nivel de subrama 33641 Fabricación de equipo aeroespacial.....	118
Figura 3.19 Empresas por clúster aeroespacial, 2007-2020	119
Figura 3.20 Exportaciones anuales por estado a nivel de subsector, 2007-2019 (en miles de dólares)	121

Figura 3.21 Personal ocupado en los principales clústeres aeroespaciales a nivel de subrama 33641 Fabricación de equipo aeroespacial.....	122
Figura 3.22 Personal ocupado en los principales clústeres aeroespaciales a nivel de subsector 336 Fabricación de equipo de transporte.....	124
Figura 3.23 Egresados con nivel técnico y de licenciatura por ciclo escolar y clúster aeroespacial	126
Figura 3.24 Egresados con nivel de posgrado por clúster aeroespacial	128
Figura 3.25 Investigadores SNI nivel 3 en los estados asociados a los clústeres aeroespaciales	131
Figura 3.26 Investigadores SNI nivel 2 en los estados asociados a los clústeres aeroespaciales	132
Figura 3.27 Investigadores SNI nivel 1 en los estados asociados a los clústeres aeroespaciales	133
Figura 3.28 Investigadores SNI nivel C en los estados asociados a los clústeres aeroespaciales.	134
Figura 3.29 Solicitudes de patentes de residentes de los estados asociados a los clústeres aeroespaciales nacionales, 1997-2019.....	136
Figura 3.30 Patentes de nacionales por entidad federativa según la clasificación B64* durante el periodo 1975-2018.....	137
Figura 5.1 Flujos de IED en clústeres aeroespaciales, agregado 1999-2020 (millones de dólares)	169
Figura 5.2 Flujos de IED en clústeres aeroespaciales, por año 1999-2020 (millones de dólares)	170
Figura 5.3 Empresas por clúster aeroespacial a nivel de subrama 33641 Fabricación de equipo aeroespacial.....	174
Figura 5.4 Empresas por clúster aeroespacial, 2007-2020	175
Figura 5.5 Personal ocupado en los principales clústeres aeroespaciales a nivel de subrama 33641 Fabricación de equipo aeroespacial.	177
Figura 5.6 Personal ocupado en los principales clústeres aeroespaciales a nivel de subsector 336 Fabricación de equipo de transporte.....	180

Figura 5.7 Egresados con nivel técnico y de licenciatura por ciclo escolar y clúster aeroespacial	181
Figura 5.8 Egresados con nivel de posgrado por clúster aeroespacial	183
Figura 5.9 Investigadores SNI nivel 3 en los estados asociados a los clústeres aeroespaciales.	185
Figura 5.10 Investigadores SNI nivel 2 en los estados asociados a los clústeres aeroespaciales.	187
Figura 5.11 Investigadores SNI nivel 1 en los estados asociados a los clústeres aeroespaciales.	188
Figura 5.12 Investigadores SNI nivel C en los estados asociados a los clústeres aeroespaciales	190
Figura 5.13 Valor agregado censal bruto (millones de pesos)	192
Figura 5.14 Valor agregado en promedio por persona ocupada (Pesos)	194
Figura 5.15 Solicitudes de patentes de residentes de los estados asociados a los clústeres aeroespaciales nacionales, 1997-2019.....	197
Figura 5.16 Patentes de nacionales por entidad federativa según la clasificación B64* durante el periodo 1975-2018.....	199
Figura 5.17 Análisis de flujos de conocimiento en el clúster aeroespacial de Baja California	231
Figura 5.18 Análisis de flujos de conocimiento en el clúster aeroespacial de Chihuahua.	238
Figura 5.19 Análisis de flujos de conocimiento en el clúster aeroespacial de Nuevo León	247
Figura 5.20 Análisis de flujos de conocimiento en el clúster aeroespacial de Querétaro. .	255
Figura 5.21 Análisis de flujos de conocimiento en el clúster aeroespacial de Sonora	262
Figura 5.22 Análisis de flujos de conocimiento en los principales clústeres aeroespaciales mexicanos	268
Figura 5.23 Gráfico de sedimentación.....	289
Figura 5.24 Gráfico de componente en espacio rotado.	291

Introducción

La actividad industrial juega un papel importante en el desarrollo de los países, sin embargo, hay industrias dentro de cada país que son clave para el desarrollo de sus regiones. Las industrias más desarrolladas en términos de ser más especializadas técnica y científicamente son aquellas que más derrama y valor agregado aportan. Dentro de estas industrias está la aeroespacial. Si bien es una industria como cualquier otra, parece no estar al alcance de todos los países por causas relacionadas con las capacidades tecnológicas de asimilación, derivadas de la falta de elementos para una adecuada gestión del conocimiento.

En estas industrias de alta especialización, la gestión del conocimiento es fundamental para su desarrollo, entonces se vuelve relevante el estudio y monitoreo de aquellos factores que miden su desarrollo y estar así, en condiciones de tomar decisiones apropiadas y oportunas para mejorar o mantener una posición frente a riesgos eventuales que la afecten. Las prácticas de gestión del conocimiento tienen una estrecha relación con los modelos de innovación, que también debido a presiones de mercado han estado evolucionando, en donde hoy en día, la tendencia es no solo beneficiarse de la investigación y desarrollo interno sino también de lo que se está generando en el exterior, a fin de mejorar o defender una participación en el mercado.

Es entonces, bajo esta situación de oportunidad que surge la pregunta ¿cómo se ve favorecido el clúster aeroespacial de Baja California por la actividad de gestión del conocimiento que realizan las empresas integrantes en un ambiente de innovación abierta? Cabe mencionar que el sector en México se encuentra integrado en clústeres, entre los que existen presiones de mercado, por tal motivo, el estudio del desarrollo del clúster aeroespacial de Baja California tendría que considerar lo que sucede en los principales clústeres aeroespaciales mexicanos, para tener una medida en dos dimensiones, en lo local como clúster y frente al resto de los clústeres, es por eso que buena parte del análisis se realiza en comparación con los principales clústeres aeroespaciales mexicanos Chihuahua, Nuevo León, Querétaro y Sonora.

Por esta razón, el presente documento busca identificar, mediante el uso de metodologías cuantitativas en aquellos indicadores relevantes para el desarrollo del sector, cómo se ve favorecido el desarrollo del clúster aeroespacial de Baja California por la

actividad de gestión del conocimiento que realizan las empresas en un entorno de innovación abierta. Para alcanzar dicho objetivo se apoya de un enfoque ecléctico de aproximación, integrado por cuatro metodologías cuantitativas, para analizar subconjuntos de variables durante un periodo de tiempo determinado, y apreciar así, como se han movido los límites del clúster en las dimensiones analizadas evidenciando así, el desarrollo del clúster aeroespacial de Baja California.

Para estructurar una respuesta a la pregunta de investigación y alcanzar el objetivo, el trabajo está integrado en seis capítulos. En el primero se construye el objeto de estudio, con el que se aborda la pregunta de investigación, el objetivo y la hipótesis. Con el segundo, se hace una revisión teórica de los principales conceptos asociados a las variables que integran la hipótesis de la investigación contextualizando estas variables con otros conceptos implícitos en las variables de estudio. En el tercero, se hace un resumen histórico sobre la evolución de la industria aeroespacial mexicana y se presenta una caracterización de la industria aeroespacial en México, al final se enfoca en describir diversos componentes que conforman el clúster aeroespacial de Baja California. El cuarto, hace un resumen teórico de referencia con el que se hace énfasis en aspectos clave relacionados con las variables utilizadas a manera de indicadores de desarrollo. La metodología se aborda en el quinto capítulo, que bajo el enfoque ecléctico de aproximación queda integrada por cuatro metodologías cuantitativas para el análisis de variables específicas, indicadores de desarrollo, a saber, análisis de series de tiempo, análisis de actividad inventiva, análisis de redes sociales y análisis factorial. Como sexto capítulo, se presentan las conclusiones y recomendaciones.

Capítulo 1 Construcción del objeto de estudio

1.1. Planteamiento del problema

Una economía que se apoya en el conocimiento es aquella en donde se reconoce la importancia del conocimiento, la tecnología y la innovación en el crecimiento y desarrollo económico de una organización, región o país. En este sentido, uno de los retos es el aprovechamiento del conocimiento que se origina dentro y fuera del sistema para generar nuevo conocimiento, tecnología e innovación de utilidad para la sociedad. El aprovechamiento está íntimamente ligado a la manera de cómo se gestiona dicho conocimiento, qué sinergias se originan en ambas direcciones del sistema y cómo se orientan los esfuerzos para desencadenar procesos sustentables de desarrollo.

La economía de un país está integrada por la relación de los diversos elementos que conforman su estructura, entre los que se encuentran los factores productivos, los actores, los agentes, los sectores económicos, y las actividades productivas que interactúan para atender las necesidades de bienes y servicios de la sociedad. Dentro de los sectores económicos se describen el primario (materias primas), el secundario (transformación) y el terciario (servicios). En el de transformación se encuentran las industrias manufactureras y entre éstas se ubica la fabricación de equipo aeroespacial, también denominada como industria aeroespacial. En ésta última es donde se circunscribe el problema de la investigación que se va a abordar.

La industria aeroespacial es una industria que se denomina como de alta especialidad, intensiva en conocimiento, en tecnología y en innovación por los altos estándares que se requieren para brindar la seguridad requerida, por las condiciones extremas a las que se someten los productos aeroespaciales y los grandes retos de exploración que se tienen como humanidad. Es una industria que emplea la mayor cantidad de personas especializadas en países desarrollados realizando actividades de alto valor agregado. Beneficiarse de esta característica de la industria, plantea el reto de contar con una planeación estratégica de gestión del conocimiento para fomentar las interacciones que deriven en una integración y desarrollo del sector.

La industria aeroespacial es global porque en las actividades, que conforman la cadena de valor desde, la investigación, el diseño, las pruebas, la manufactura y el ensamble, pueden participar empresas de distintos países y continentes del mundo. Se divide en niveles de acuerdo a la escala y complejidad de las actividades. Está integrada por empresas Manufactureras de Equipo Original o Prime (OEM) y empresas de Nivel 1, Nivel 2, Nivel 3 y Nivel 4. Las empresas se encuentran agrupadas en clústeres y se originan a partir del establecimiento de una o más empresas manufactureras de equipo original OEMs o Nivel 1 o Nivel 2 y se consideran motores del crecimiento económico regional.

De acuerdo con lo antes expuesto, surge la pregunta: Si el clúster aeroespacial de Baja California se está desarrollando, ¿cómo se ve favorecido por la actividad de gestión del conocimiento que realizan las empresas integrantes en un ambiente de innovación abierta? Como referencia, y en el entendido de que las empresas se agrupan en clústeres, el trabajo se enfocará en el clúster de Baja California, el cual se ha abordado por trabajos previos desde diferentes aristas, que van desde su caracterización, cadenas de valor, aspectos organizacionales y laborales, pero no en cómo contribuye la gestión del conocimiento en el desarrollo del clúster con un enfoque de innovación abierta.

Un clúster aeroespacial en Baja California que no se desarrolle y no canalice el potencial de los flujos de conocimiento entre sus actores se vuelve un problema, por no aprovechar plenamente las oportunidades que representa el anclarse con actividades de mayor valor agregado como el diseño, pruebas y ensamblado de sistemas, como una contribución al desarrollo económico local. Se han brindado algunos aspectos que dejan ver que contar con un sector aeroespacial fortalecido no sólo como país sino como región es importante para contribuir a trascender de un clúster intensivo en mano de obra a intensivo en conocimiento y generar así un desarrollo económico sustentable.

Cuando se hace referencia al concepto de innovación abierta, nos referimos a la asimilación, absorción, generación y difusión del conocimiento generado tanto en el interior como en el exterior de la empresa, se invoca a la idea acerca de que la frontera entre una empresa y el ambiente que la rodea es porosa, facilitando el intercambio de conocimiento y de innovación en ambas direcciones (Chesbrough, 2003a y 2003b). Un componente central hacia la innovación o interacción abierta es el cambio en la forma en

que las empresas buscan nuevas ideas y tecnologías para la innovación (Laursen and Salter, 2006).

Dicho en forma breve, una organización no puede aislarse, debe encontrar fuentes de variedad, que les permitan crear nuevas combinaciones de tecnologías y de conocimiento (Nelson and Winter, 1982), así como vincularse con diferentes fuentes para adquirir ideas y recursos de fuentes externas de frente a la competencia (Chesbrough, 2003; Laursen and Salter, 2006; Dahlander and Gannb, 2010). Exponerse a nuevas fuentes o estrategias externas para adquirir conocimiento de utilidad y poderlo digerir e incorporarlo en tecnología, no es una tarea fácil, se debe invertir en I&D interno con el propósito de ser capaces de utilizar tecnología externa, habilidades que Cohen and Levinthal (1989 y 1990), denominaron aprendizaje de la empresa o capacidades de absorción, para identificar, imitar, explotar el conocimiento externo, crear nuevo conocimiento y beneficiarse de los *spillovers*.

1.2. Formulación del problema de investigación

Tomando en cuenta la oportunidad que representa que el clúster aeroespacial de Baja California se desarrolle frente al riesgo de perder competitividad ante los principales clústeres aeroespaciales mexicanos, se hace prioritaria la canalización de flujos de conocimiento, y aprovechar así, las oportunidades que representa el anclarse con actividades de mayor valor agregado que contribuyan a pasar de un clúster intensivo en mano de obra a uno intensivo en conocimiento y generar así un desarrollo económico sustentable. Para esto es necesario evaluar la forma en que se gestiona el conocimiento en una forma abierta, y cómo este contribuye al desarrollo del clúster aeroespacial de Baja California.

El procedimiento para aproximarse a explicar las problemáticas planteadas anteriormente y estar en condiciones de plantear alternativas se presenta a continuación:

1.2.1. Pregunta principal

¿Cómo se ve favorecido el desarrollo del clúster aeroespacial de Baja California por la actividad de gestión del conocimiento que realizan las empresas en un ambiente de innovación abierta?

1.2.2. Sistematización del problema de investigación

Considerando que el problema que se aborda está asociado con conocer la manera como se está desarrollando el clúster aeroespacial de Baja California, situación que por su naturaleza es multifactorial, la presente investigación se enfoca a evaluar únicamente la contribución de actividades específicas reconocidas como prácticas de gestión del conocimiento en un entorno de innovación abierta.

En este sentido, como desde nuestro enfoque el desarrollo del clúster aeroespacial de Baja California depende de las contribuciones que hacen las actividades de gestión del conocimiento de las empresas en un entorno de innovación abierta, el arreglo de variables quedaría de la siguiente forma:

Variable dependiente: Desarrollo del clúster aeroespacial de Baja California.

Variable independiente: Contribuciones acumuladas de las actividades de gestión del conocimiento.

Variable interviniente: Entorno de innovación abierta.

1.2.3. Preguntas secundarias

- 1) ¿Cómo se refleja el desarrollo del clúster aeroespacial de Baja California?
- 2) ¿Cuáles son los elementos de la gestión del conocimiento a considerar como promotores de desarrollo del clúster aeroespacial de Baja California?
- 3) ¿Cómo interviene la innovación abierta en el desarrollo del clúster aeroespacial de Baja California?
- 4) ¿Cómo el entorno propicia la interacción entre los actores del clúster aeroespacial en Baja California?

1.3. Justificación

Diferentes modelos de innovación coinciden en que para generar nuevos conocimientos, tecnología e innovación es necesaria una interacción más compleja en la que se ven involucrados más agentes locales y globales, al mismo tiempo que se vuelve más especializada e intensiva en conocimiento, donde se requiere de personas que posean saberes más profundos sobre aspectos de nuestra realidad, donde los poseedores del conocimiento son cada vez más escasos.

El proyecto de investigación es conveniente porque permitirá evaluar si hay cambios en los límites del clúster, así como identificar aquellos aspectos que representan una oportunidad para el clúster aeroespacial de Baja California. Esto permitirá identificar aspectos del ecosistema que podrán ser analizados para plantear una propuesta de política pública que impulse las actividades del clúster aeroespacial de Baja California.

La relevancia social de los resultados del proyecto de investigación propuesto es alta porque si bien no hay un beneficio económico o material directo hacia la sociedad, la aportación es intangible, es decir, es un saber que permitirá conocer con mayor detalle cómo se desarrolla el clúster y los patrones de gestión de conocimiento que siguen los actores para el desarrollo de tecnologías o atender necesidades tecnológicas en el clúster aeroespacial en Baja California, lo cual interesará a estudiantes o investigadores del sector aeroespacial como un referente y a las organizaciones del sector como una opinión para revalorar sus estrategias de gestión del conocimiento e innovación.

En la vida laboral de los tomadores de decisiones y de los responsables de la planeación estratégica de las organizaciones, el trabajo será de utilidad como una herramienta que coadyuve con información a entender un fenómeno para una decisión sustentada en aspectos documentados. Asimismo, la investigación contribuirá con información de relevancia y a conocer con mayor profundidad la intensidad de las relaciones entre los actores del clúster aeroespacial de Baja California, lo cual es una aportación al estado del arte en el tema.

Un factor adicional que hace pertinente el proyecto de investigación propuesto consiste en que el sector aeroespacial es un sector global, principalmente concentrado en Baja California, donde se encuentra la mayor actividad a nivel nacional. Asimismo, de acuerdo a la OECD, es uno de los sectores en los que se espera un alto crecimiento en los próximos años, motivado por el crecimiento económico de países como China e India. Por tal motivo es importante consolidar al sector y los clústeres que lo conforman iniciando por identificar los puntos de oportunidad.

Por otro lado, como una aportación se tendrá el modelo metodológico que se desarrolle para hacer la evaluación del desarrollo del clúster aeroespacial en Baja California, el cual podrá ser utilizado para evaluar otros clústeres del país como Querétaro, Nuevo León, Chihuahua y Sonora.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Identificar, mediante el uso de metodologías cuantitativas en aquellos indicadores relevantes para el desarrollo del sector, cómo se ve favorecido el desarrollo del clúster aeroespacial de Baja California por la actividad de gestión del conocimiento que realizan las empresas en un entorno de innovación abierta.

1.4.2. Objetivos específicos

1. Identificar aquellos temas que reflejan desarrollo en el clúster aeroespacial de Baja California.
2. Identificar los elementos de la gestión del conocimiento que se consideran como promotores de desarrollo del clúster aeroespacial de Baja California.
3. Identificar cómo interviene la innovación abierta en el desarrollo del clúster aeroespacial de Baja California.
4. Identificar los elementos que propician la interacción entre los actores del clúster aeroespacial en Baja California.

1.4.3. Hipótesis

La hipótesis se sustenta en que el desarrollo del clúster aeroespacial de Baja California se ve favorecido por procesos de gestión del conocimiento que realizan las empresas bajo un ambiente de innovación abierta. Se consideran factores clave en la gestión del conocimiento las estrategias de gestión del conocimiento, los recursos humanos en sus distintos niveles, las tecnologías de producción y las nuevas inversiones en estos factores. Asimismo, se considera a las patentes gestionadas, la participación en convocatorias con proyectos vinculados y las nuevas inversiones como estrategias de gestión del conocimiento bajo el paraguas de la innovación abierta.

Capítulo 2 Revisión de la literatura

2.1. Marco Teórico referencial

2.1.1. El clúster como concepto teórico

Este apartado tiene como propósito destacar algunas aportaciones de trabajos previos acerca de la construcción y desarrollo en torno al concepto de clúster como paradigma teórico. A este respecto, uno de los trabajos más destacados es el propuesto por Porter (1998), al desarrollar en forma amplia una teoría acerca de lo que se debe entender sobre el concepto de clúster y sus implicaciones, la cual es un referente importante, con el que se discute en otros trabajos sobre las fortalezas y debilidades de ese paradigma teórico. Un clúster puede referirse a grupos de empresas que producen productos similares en una etapa de producción o pueden referirse a empresas distribuidas en redes de suministro horizontales o verticales, también puede referirse a situaciones en las que la infraestructura del conocimiento (universidades y laboratorios públicos de investigación) se ubican conjuntamente con las ramas relevantes de la industria, en otras palabras, el clúster se ha convertido en el término más utilizado para designar una combinación de geografía y énfasis sectorial (Wixted, 2009).

En ese contexto, Porter (1998, 1998b) concibe a un clúster como la concentración geográfica de empresas interconectadas, de proveedores de servicios especializados, de empresas relacionadas con otras industrias e instituciones asociadas como: universidades, agencias de estándares y asociaciones comerciales, en campos particulares, que compiten, pero también cooperan, vinculadas por elementos comunes y complementarios. Abundando un poco más, agrega que los clústeres incluyen proveedores de insumos especializados, como componentes, maquinaria y servicios, y proveedores de infraestructura especializada, que se extienden aguas abajo a canales y clientes, y lateralmente a fabricantes de productos complementarios y a empresas en industrias relacionadas por habilidades, tecnologías o insumos comunes. Los clústeres son una combinación de instituciones de producción y conocimiento (van den Berg, Braun and van Winder, 2001).

Destacan dos aspectos importantes que amplían el alcance y ámbito de estudio sobre el concepto de clúster, el primero parte de la idea de que éste es definido como una concentración geográfica de agentes interrelacionados por coincidencias diversas, en contraste con la competencia y la influencia de la ubicación en la economía global, lo que plantea nuevas formas de pensar sobre las economías nacionales, estatales y municipales, destacando los nuevos roles para las empresas, gobiernos y otras instituciones que luchan por mejorar la competitividad. Segundo, el clúster representa una forma alternativa de organizar la cadena de valor. De una forma más general, los clústeres representan una nueva forma de concebir la ubicación, desafiando gran parte del entendimiento convencional sobre cómo deberían configurarse las empresas, cómo las instituciones y las universidades pueden contribuir al éxito competitivo y cómo los gobiernos pueden promover el desarrollo económico y la prosperidad (Porter 1998, 1998b).

2.1.2. Desarrollo de los clústeres

Si partimos de la definición de clúster, en la cual se argumenta que es el resultado de la integración de diversos elementos que en forma genérica, es posible particularizar, con base en las características de los elementos que lo conforman, y decir que se pueden clasificar por categorías y encontrar clústeres según el tipo de industria, el tamaño o número de organizaciones asociadas, el nivel tecnológico, las competencias de los recursos humanos, la inversión y por su aportación a la economía por mencionar algunos, como pueden ser negocios locales que pueden ir desde productos artesanales hasta zonas gastronómicas, concesionarios de automóviles, tiendas departamentales o a nivel industria como la del zapato, la del diseño, la de confección, la automotriz y hasta la aeroespacial.

A medida que un clúster crece y se desarrolla, aumenta su influencia no sólo sobre lo que hacen otras empresas sino también sobre las instituciones y organizaciones públicas y privadas, así como en las políticas públicas de crecimiento y desarrollo. Un indicador de este desarrollo y crecimiento se puede apreciar a partir del surgimiento de subespecializaciones, que pueden estar enfocadas en la atención de necesidades técnicas, administrativas y normativas de las empresas o de segmentos específicos, como parte de los insumos para la manufactura o ensamble de productos para la misma u otras industrias.

De modo semejante, otra señal del desarrollo de un clúster es el incremento de participantes en el tiempo, tanto de organizaciones como de personas calificadas,

provenientes de otros estados o países, que fomentan la competencia no sólo en lo local sino también en lo global, y contribuyen no sólo con productos alternativos sino también con conocimientos e ideas que abren oportunidades que plantean nuevos retos de desarrollo. Los clústeres son una característica de las economías nacionales, regionales, estatales e incluso metropolitanas, especialmente en las naciones económicamente más avanzadas (Porter 1998, 1998b).

2.1.3. Límites del clúster

Anteriormente se mencionó que los clústeres pueden ser muy diversos entre ellos de acuerdo con la categoría con la que se clasifiquen, y en este sentido sus particularidades, dimensiones, tamaños o límites no se ajustan a las consideradas en la concepción de lo que es una industria, al no capturar todas las características y los actores participantes, así como los vínculos con otras industrias. Los límites de un clúster están marcados por los vínculos y complementariedades entre industrias e instituciones, aunque a menudo coinciden dentro de las fronteras políticas con las industrias, pero estos pueden ir más allá.

Los límites de los clústeres evolucionan continuamente a medida que se incorporan nuevas empresas e industrias, o cuando las industrias establecidas se ven disminuidas, o las instituciones locales se desarrollan o cambian. El desarrollo de nuevas tecnologías y su introducción al mercado generan nuevas industrias, con las que se crean nuevos vínculos o se alteran los mercados atendidos desplazando los límites. Los cambios normativos también contribuyen a cambiar los límites, como se ha demostrado, por ejemplo, en los clústeres de telecomunicaciones y transportes (Porter, 1998b).

Los clústeres también varían en tamaño, amplitud, y estado de desarrollo, moviendo los límites no en un sentido geográfico sino en uno participativo. Algunos clústeres se centran en la investigación con universidades mientras que otros no tienen vínculos importantes con ellas. Clústeres más desarrollados cuentan con una base más amplia y profunda de proveedores especializados, mayor relación con otras industrias y un apoyo institucional más extensivo. Una mayor amplitud y profundidad se asocia con la capacidad de innovar en un ambiente abierto, donde la amplitud representa el número de vínculos con otras organizaciones y la profundidad la intensidad de la colaboración o participación. La actualización del clúster es un proceso de largo plazo que implica eliminar obstáculos, relajar las restricciones y eliminar las ineficiencias que impiden la productividad e

innovación. Requiere la institucionalización de conceptos, relaciones y vínculos entre las circunscripciones (Porter, 1998).

2.1.4. La ubicación y el entorno del clúster

Otro aspecto interesante que se ha analizado con respecto a los clústeres es la ubicación geográfica y cómo ésta influye en temas como la competitividad, productividad, competencia, subcontratación, costos, abastecimiento, proveeduría, disponibilidad de recursos humanos y la política pública entre otros aspectos. Para el sano funcionamiento del clúster, Porter (1998) destaca tres áreas particulares que merecen especial atención: la intensidad de la competencia local, el entorno general de la ubicación para la formación de nuevos negocios y la eficacia de los mecanismos formales e informales para reunir a los participantes del grupo.

Formar parte de un clúster facilita algunas tareas y actividades, sobre todo aquellas que se asocian a una reducción de costos, como la subcontratación local que contribuye a disminuir la necesidad de tener grandes inventarios, además de evitar incurrir en costos adicionales y demoras al sustituir insumos de importación por locales o regionales. El aprovisionamiento dentro del clúster facilita la comunicación y la oferta de servicios auxiliares o de soporte, como instalación, depuración, capacitación, solución de problemas y reparación oportuna. Las relaciones cercanas entre las empresas y organizaciones pueden ofrecer entregas más eficientes y superiores. Reduce el comportamiento oportunista de los proveedores para sobrevalorar o incumplir los compromisos debido a la continua relación locales y el efecto adverso que el bajo rendimiento tendrá en su reputación con otros participantes del clúster (Porter, 1998).

Debido a la dinámica propia de los clústeres, independientemente de si ésta es local, regional o global, la necesidad de disponer de personal en todos sus niveles, desde los trabajos más operativos como estar en la línea de producción hasta trabajos técnicamente más complejos como estar en áreas de investigación y desarrollo, es una característica que atrae al clúster, a recursos humanos de diferentes regiones, con distintas habilidades y competencias, que se ponen a disponibilidad en beneficio de las organizaciones que conforma el clúster, todo esto derivado de la localización, y que se va incorporando como parte del entorno del mismo clúster.

2.1.5. Elementos que inhiben el desarrollo del clúster

Así como existen eventos que impulsan y hacen que los clústeres se desarrollen y crezcan, también se encuentran situaciones que los deprimen u obstaculizan su desarrollo y crecimiento. A este respecto, Porter (1998) las agrupa en dos categorías, las endógenas, o derivadas de la ubicación misma, y las exógenas, o debido a desarrollos o discontinuidades en el entorno externo. Por mencionar algunas, las leyes laborales y sindicales restrictivas o la inflexibilidad regulatoria pueden inhibir la productividad. La sobreconsolidación, el entendimiento mutuo, los carteles u otras barreras a la competencia pueden socavar la rivalidad local. La rigidez institucional tanto de escuelas de educación como de investigación hace que sus labores estén desvinculadas de las necesidades del clúster.

Con el tiempo, un clúster que no logra acumular una masa crítica asociada a las nuevas tecnologías o en satisfacer una nueva necesidad importante, disminuirá sus operaciones de innovación. Esto significa mantener las unidades menos productivas y las mejor calificadas sean trasladadas a otros lugares, en detrimento de la dinámica del clúster y de su tasa de innovación. De igual manera, la congestión, los cuellos de botella y la inflexibilidad del entorno conducen a altos costos administrativos y grandes ineficiencias, asociadas a una disminución de la calidad.

Las alianzas formales con proveedores distantes pueden mitigar algunas de las desventajas del *outsourcing*. Sin embargo, formar alianzas formales con empresas distantes o cercanas introduce problemas complejos de negociación y gobierno que pueden inhibir la flexibilidad de una empresa. Un cambio en las necesidades del mercado, que crea una divergencia entre las capacidades locales y las necesidades de este en la región o en otro país, constituye otra amenaza externa para la productividad y la innovación del clúster. Para mejorar las ganancias y el nivel de vida, el desafío con el tiempo es aumentar la productividad y aumentar el valor del producto. La tendencia natural de que los costos locales aumenten con el tiempo no se puede contrarrestar, y otras ubicaciones con costos de factores más bajos u ofreciendo mayores subsidios serán más atractivos para la inversión y la producción.

2.1.6. Ventajas competitivas del clúster

Los diferentes niveles de agrupación de empresas y organizaciones se caracterizan por poseer atributos que les proveen de ventajas competitivas. Lo que sucede dentro de las empresas y organizaciones es importante, pero existe evidencia que revela que también el entorno inmediato fuera de ellas juega un papel vital en la tasa de innovación y competitividad de estas empresas, así como de los clústeres. De esta manera, en cuanto a las ventajas competitivas en una economía global, paradójicamente, Porter (1998b) menciona que dichas ventajas están basadas en aspectos locales que los rivales distantes no pueden igualar como: el conocimiento altamente especializado, las relaciones, las motivaciones, instituciones, negocios relacionados y clientes sofisticados en una nación o región en particular.

Aunque la ubicación sigue siendo fundamental para la competencia, para algunos clústeres, principalmente los intensivos en innovación, su relevancia difiere enormemente. Lo anterior porque estos están vinculados no solo con lo local sino también con el contexto global, donde los costos de trasladar los productos son poco significativos para el valor del producto final como lo es en el sector aeroespacial. Los recursos, el capital y otros insumos también pueden obtenerse de manera eficiente en los mercados mundiales o acceder a través de redes de distribución. Sin embargo, todo lo que pueda obtenerse de manera eficiente a distancia, queda neutralizado como una ventaja competitiva en las economías avanzadas, por considerarse buena parte de estos insumos como productos locales.

Si bien el abastecimiento global y la comunicación no crean ventajas en economías desarrolladas, es normalmente una segunda mejor solución en clústeres menos competitivos, tanto en términos de productividad total como de innovación. Sin duda, la ubicación geográfica y el entorno afectan la ventaja competitiva a través de su influencia en el crecimiento de la productividad, que es el valor creado por día de trabajo y unidad de capital o recursos físicos empleados. La sofisticación con la que las empresas compiten en un lugar está fuertemente influenciada por la calidad del entorno empresarial e institucional.

2.1.7. Clústeres en economías avanzadas y en desarrollo

De acuerdo a Porter (1998), los clústeres en las economías desarrolladas, cuentan con bases de proveedores más profundas y especializadas, una gama de industrias relacionadas e instituciones de apoyo más amplias. Donde las relaciones y vínculos se llevan a cabo con mayor profundidad y amplitud no sólo dentro del clúster sino también con agentes de otras regiones, clústeres de la región incluso hasta de otros países. No se debe olvidar que el componente de recursos humanos, es un factor clave y determinante para que el sistema funcione. El conjunto de estas organizaciones forma parte del contexto que acompaña a las empresas y al clúster, y que determina su éxito y contribución al desarrollo económico.

A medida que los clústeres se desarrollan, también lo hacen las economías. Esto significa que el número de organizaciones y empresas establecidas, y aquellas con las que se vinculan tiende a aumentar, no sólo en número y tamaño sino también en sofisticación y complejidad. Esta forma de organización especializada al interior y con el exterior de todos los actores del clúster, localizada geográficamente, caracteriza a los estados y naciones más desarrollados. Constituye una fuente importante de crecimiento económico y prosperidad a largo plazo, brindando la posibilidad de pasar de una economía en desarrollo a otra más avanzada.

En países como Estados Unidos, Canadá, Italia, Suiza y Alemania, la especialización interna, el comercio y la inversión contribuyen significativamente a la productividad y su crecimiento. En muchas economías en desarrollo, las industrias se aglomeran y se realiza poca o ninguna actividad en áreas periféricas, aparte de la agricultura y la producción de recursos. Una geografía económica caracterizada por una serie de áreas metropolitanas, cada una especializada en diferentes actividades económicas, parece ser una organización industrial mucho más productiva que una basada en una o dos ciudades enormes y diversificadas (Porter, 1998).

2.1.8. Particularidades de un clúster que coadyuvan a la innovación

El liderazgo de un clúster, suele llamar la atención de nuevos participantes y competidores, cuyo establecimiento les permitirá capturar las ventajas de la ubicación, como el acceso a habilidades especializadas, servicios, tecnología e información y otras oportunidades que a menudo se asocian con una disminución de costos y el acceso a

instituciones especializadas que potencian sus capacidades para innovar, en contraste con ubicaciones que se distinguen por contar con salarios e impuestos más bajos, que se caracterizan porque carecen de infraestructura eficiente, proveedores disponibles, mantenimiento oportuno y otras condiciones que ofrecen los clústeres mejor consolidados.

En un clúster mejor consolidado, las barreras de entrada suelen ser más altas debido a la elevada especialización y competencia, en contraste con las barreras de salida que son más bajas a causa de una menor necesidad de especialistas y proveedores. Cualquier aumento en la competencia dentro del clúster, repercute en una mayor productividad, flexibilidad e innovación. La mejora de las condiciones de los factores lleva emparejado un suministro de personal más especializado y capacitado, la calidad y la idoneidad de las actividades de investigación de la universidad local, la creación de infraestructura física especializada y el suministro de información específica hacia los miembros del clúster.

Las empresas ubicadas en los mayores niveles de producción (Prime, Tier 1, Tier 2), a menudo establecen filiales en clústeres, buscando los beneficios de productividad y las ventajas de innovación discutidas anteriormente. Las empresas más grandes en un clúster desarrollan relaciones cercanas con otras innovadoras más pequeñas, ayudando en su establecimiento y adquiriéndolas si tienen éxito. Muchas de las ventajas competitivas de los clústeres dependen del libre flujo de información, de los intercambios o transacciones de valor agregado, de la voluntad de alinear las agendas y trabajar con todas las organizaciones, y de una fuerte motivación para mejorar (Porter, 1998). Las relaciones y las redes comprenden lo que es el valor social de los clústeres.

Una de las finalidades de toda empresa o agrupación como los clústeres es pasar de la imitación a la innovación, sin embargo, alcanzar este objetivo no es sencillo, se requiere de sumar esfuerzos que agreguen y contribuyan a que se den las condiciones que lo permitan. Algunos aspectos que coadyuvan son los vínculos con compradores, proveedores e instituciones de investigación. Otros aspectos que fomentan la productividad y la innovación son la presión de la competencia, la rivalidad y la concentración o proximidad geográfica de las empresas y clústeres.

La mayor profundidad y especialización de los proveedores dentro de los clústeres surge del reconocimiento de las oportunidades de mercado y de la reducción del riesgo debido a la presencia de múltiples clientes locales. Las empresas dentro de un clúster a menudo

pueden percibir de manera más clara y rápida las necesidades de nuevos compradores. Las interacciones repetidas y los contratos informales dentro de una estructura de clúster, resultan de vivir y trabajar en un área geográfica circunscrita, fomentan la confianza, la comunicación abierta y reducen los costos de cortar y recombinar las relaciones de mercado. Esto, facilita el intercambio de información interna, facilita y difunde la innovación, crea una masa crítica para respaldar la infraestructura y las instalaciones de las empresas, y extiende raíces más profundas a los clústeres locales que aumentan la capacidad de capturar externalidades y efectos indirectos (Porter, 1998), que se traducen en innovación.

Debido a las interacciones repetidas, la facilidad con la que se propaga la información, la difusión de la reputación y el deseo de mantener una posición en la comunidad local, los participantes del clúster generalmente luchan por interacciones constructivas que afecten positivamente sus intereses a largo plazo. Los clústeres a menudo combinan alta tecnología, baja tecnología, fabricación y servicios. El marketing proporciona otra forma de complementariedad dentro del clúster. La presencia de un grupo de empresas e industrias relacionadas en una ubicación ofrece eficiencias en el marketing por referencias de empresas, ferias comerciales, revistas comerciales y delegaciones de marketing de mercado.

2.1.9. La relevancia del rol del gobierno en un clúster

En la industria aeroespacial destaca el papel fundamental de los gobiernos y de los estados, tendencia que sucesivamente se ha ido presentando desde la segunda mitad del siglo XIX. Este papel se manifiesta a través del control público directo, o a través de su influencia indirecta con las políticas de defensa. También, es un hecho que la presencia directa del Estado ha ido disminuyendo incluso en países como Francia y EEUU, de gran tradición intervencionista, donde desde mediados de los años ochenta se han ido privatizando las empresas públicas más importantes y han surgido otras privadas. Este hecho genera un proceso de equilibrio entre el papel de mercado y Estado que se complementan o se suplen. Históricamente, cuando el Estado disminuye sus gastos en defensa la industria crece en lo civil comercial, y cuando decae ésta, el Estado aumenta su protagonismo, sin dejar de estar presente desde los procesos de investigación hasta la

fabricación y compra, principalmente con fines de defensa, seguridad o posicionamiento estratégico militar (Hualde y Carrillo, 2007).

El papel del gobierno en el desarrollo de un clúster es fundamental porque es quien regula las interacciones a través del establecimiento de instituciones estables, un marco económico básico consistente y políticas macroeconómicas sólidas, que incluyen finanzas gubernamentales prudentes y baja inflación. El segundo rol del gobierno es mejorar la capacidad microeconómica de la economía al mejorar la eficiencia y la calidad de los insumos de propósito general para las empresas como la fuerza laboral, infraestructura física apropiada e información económica precisa y oportuna, así como las instituciones que las proporcionan.

Un tercer rol del gobierno en la economía es desarrollar e implementar acciones que propicien cambios positivos y de largo plazo que promuevan la interacción entre el gobierno, las empresas, las instituciones y los ciudadanos para mejorar el entorno general. Otras funciones más puntuales consisten en recopilar y compilar información específica del clúster, establecer políticas en educación que alienten a las universidades y escuelas públicas, a responder a las necesidades locales, políticas laborales que incentiven el desarrollo de la fuerza laboral, leyes de propiedad intelectual que fomentan la inversión, un sistema legal justo y eficiente, leyes que proporcionan recursos al consumidor, y un marco normativo que promueve la innovación.

De acuerdo a Porter (1998), el gobierno debe apuntar a reforzar el desarrollo y la mejora de todos los grupos empresariales, no elegir entre ellos y adoptar un pensamiento en beneficio de los clústeres. Este enfoque consiste en eliminar aquellos obstáculos y restricciones que inhiben el desarrollo de los clústeres. Agrega que, si bien este acompañamiento es un proceso a largo plazo, debe estar determinado por las fuerzas del mercado, no por decisiones gubernamentales. El gobierno debería reforzar y construir sobre grupos establecidos y emergentes, en lugar de intentar crear grupos completamente nuevos.

En una economía global, la calidad de la demanda local es mucho más importante que su tamaño. En donde las empresas extranjeras juegan un papel relevante debido a que en algunos lugares el clúster se constituye en torno a ellas y en otras éstas contribuyen en buena medida a mejorar la productividad del clúster, además de impactar directamente en el empleo y la inversión local. En economías en desarrollo, la promoción de la inversión

extranjera, las zonas de libre comercio y los parques industriales también actúan como palancas de políticas que favorecen el crecimiento del clúster y la innovación.

2.1.10. Efectos de los vínculos en el clúster

Un factor importante que se ha abordado en trabajos previos es el de la vinculación e interacción entre empresas e instituciones de investigación y gobierno. Otros trabajos han agregado en este proceso de interacción a organismos intermedios y a la sociedad. Por su relevancia, el tema se ha abordado desde diferentes enfoques como el de Triple Hélice, el de Sistema de Innovación, o el de Innovación Abierta, con el objeto de destacar su peso en el proceso de innovación. Asimismo, bajo el enfoque de clúster como paradigma teórico, también se valora esta contribución.

Por su lado, los organismos intermedios como las cámaras de comercio o cámaras industrial u otras agrupaciones que representan a una parte o a la mayoría de los participantes de un clúster, contribuyen a institucionalizar los vínculos entre los diversos agentes que lo conforman, mediante la participación en diversos foros bajo formatos muy variados, en los que discuten en torno a temas que pueden contribuir a identificar mejor las oportunidades, los obstáculos, las limitaciones, así como establecer recomendaciones de política pública en el afán de mejorar el desempeño y contribución del clúster al desarrollo económico de las localidades.

A este respecto, Hoen (2002) presenta un trabajo en donde a partir de la perspectiva del clúster analiza la fortaleza de las interacciones. Comienza discutiendo sobre la importancia de los vínculos utilizando un marco de entradas y salidas, después de lo cual, indica por qué los grupos son importantes y cómo el análisis de clústeres puede ser útil al momento de analizar qué sectores están fuertemente conectados entre sí. Finalmente ratifica lo que otros análisis y estudios empíricos han mostrado acerca de que un sector no puede estar solo. Respecto del análisis a partir de la matriz de entradas y salidas, Hoen hace una diferenciación entre mini y mega clúster tomando como referente el número de sectores vinculados al clúster. Así, un mini clúster consta de sólo dos sectores. Un mega clúster consta de una gran cantidad de sectores que no tienen una relación clara.

Como ejemplos de los efectos positivos de los vínculos dentro y hacia el exterior de un clúster, están las conexiones cercanas entre un proveedor y un comprador que pueden garantizar la entrega puntual y la calidad de los insumos; la difusión relativamente rápida

del conocimiento y las nuevas tecnologías (Forni y Paba, 2001); la relación positiva entre la diversidad de la estructura de la industria local y la cantidad de innovaciones desarrolladas por estas industrias (Audretsch y Feldman, 1994). Participar en un clúster permite la explotación de economías de escala, lo que contribuye a reducir costos, incertidumbres y riesgos (Krugman, 1991; Krugman y Venables, 1996; Porter, 1998; Antonelli, 1999); además, aumenta los efectos indirectos de las nuevas tecnologías, el conocimiento y las innovaciones.

2.1.11. Otros clústeres aeroespaciales en el mundo

En este apartado se mencionarán los principales clústeres y empresas del sector aeroespacial en el mundo. Se hace una síntesis con base en el trabajo de Morante y López (2018), acerca de aspectos distintivos de los principales clústeres del mundo, lo cual contribuye primero a presentar mayor información sobre los clústeres y segundo a entender con mayor profundidad al sector aeroespacial, a fin de direccionar el diseño de la investigación del presente trabajo.

De acuerdo a Morante y López (2018), los clústeres aeroespaciales buscan potenciar económica e industrialmente a los países en donde se desarrollan. Por contar con el calificativo de ser un sector de alta tecnología, contribuyen al avance tecnológico del mundo con la creación de nuevos procesos y componentes para aeronaves. Las empresas del sector se caracterizan por aplicar modelos de gestión que les inserta en una dinámica de innovación y la mejora continua debido a las presiones del mercado.

Existen agrupaciones como la Asociación Europea de Clústeres Aeronáuticos que cuenta con 38 clústeres miembros de 13 países europeos, que fomentan el intercambio de información y conocimientos entre todos los asociados, el desarrollo y la realización de medidas concretas para la cooperación transnacional a largo plazo entre las agrupaciones y empresas, con el fin de tener una posición europea más fuerte y más competitiva en los mercados mundiales aeroespaciales. Este esquema de organización también se puede encontrar a nivel de región o de país.

Existen algunos trabajos que destacan el papel de los clústeres aeroespaciales en diversos países de Europa, por su contribución al incremento de las actividades económicas, como los españoles: Hegan, Hélice, Clúster Aeroespacial de Madrid y Clúster Aeroespacial. Existen otros organismos internacionales, como la Asociación Internacional

de Transporte Aéreo (IATA), el Consejo Internacional de Negoción de Aviación (IBAC) y la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) que contribuyen con recomendaciones y buenas prácticas a las empresas e instituciones vinculadas al sector.

Estados Unidos está considerado como uno de los países líderes en el desarrollo e innovación en la industria aeroespacial, con el gasto gubernamental militar más alto del mundo, concentra su desarrollo aeroespacial en los clústeres de los Los Ángeles, Seattle, Washington, Wichita y New York (Hualde y Carrillo, 2007). El estado de Washington posee el mayor clúster aeroespacial del mundo, empleando a más de 131,000 personas con unas 1,250 empresas del sector (Partnership Washington Aerospace, 2013). En Washington la industria aeroespacial se divide en cuatro regiones que son: Puget Sound, junto con bases aéreas como la Lewis-McChord, la región noroeste de Washington, la región suroeste de Washington y la zona centro/este del estado.

La ciudad de Wichita concentra buena parte de la actividad económica en la industria aeroespacial, se le conoce como la capital mundial del aire debido a que Boeing participó con la construcción de bombarderos durante la Segunda Guerra Mundial y las compañías Clyde Cessna, Walter Haya y Bill Lear abrieron fábricas allí. También en Los Ángeles se pueden encontrar representaciones de las empresas aeroespaciales más representativas de EE.UU, tales como Northrop Grumman, Boeing, Lockheed, Raytheon, entre otras. La NASA también opera desde este condado.

Algunos de los principales clústeres en el mundo son: Aeromontreal, Southern Ontario, Greater Vancouver, Nova Scotia, Northwest Florida, Southern California, Hartford-Bridgeport, Wichita, Dallas-Fort Worth-Killeen, Boston area, Central / Eastern Washington, Washington, DC– West Virginia, Suroeste de Ohio, Sur de Arizona, Metro Denver y Norte de Colorado, área de Little Rock, Baltimore-Salisbury, Vermont Aeroespacial y Aviación (VAAA), Georgia, Maine Aerospace Alliance (MEAA), Manchester-Concord, Alabama Norte, Ogden-Salt Lake City, Querétaro, Chihuahua, Sonora Noroeste, Jalisco, Baja California, Estado de México, Hegan Basque, BavAIRia cluster, Lombardía, Madrid, Andalucía, Campaniaaerospace, Rhone-Alps, ASTech París, Suiza, Skywin, Valle Aeroespacial, Pole-Pegase , Valle de la aviación, HAG, Izmir, FLAG, Transilvania, Siberia, Noroeste, Hamburgo, BBA A, Belfast, Seattle, Nantes and St Nazaire, Toulouse (FRA), Breme, Hamburg, Munich y Stade (Germany)(GER), Chester (UK), Madrid and

Seville (Spain), Amsterdam (Netherlands), Gosselles (Belgium), Cincinnati, Ohio, Lynn, Massachusetts, Fort Worth, Texas, Connecticut, Long Beach (CA, USA), Everett (WA, USA), Aerospace Valley (Polonia), São José dos Campos, en Brasil (Niosi and Zhegu, 2005; Martínez, 2011; Morán y Mayo, 2013; Turkina, Assche and Kali, 2016).

2.1.12. La fragmentación de la producción y el clúster

En la literatura, las agrupaciones se han abordado desde diferentes perspectivas teóricas y niveles de análisis. Este concepto de agrupación, se ha analizado desde una perspectiva sistémica en diferentes categorías como sistema nacional, sistema regional o sistema sectorial de innovación; perspectiva que se encuentra delimitada por las fronteras nacionales de una economía. La agrupación o interacción global se ha abordado poco como sistema, y se ha analizado a través de otros conceptos como economía global, cadenas globales o redes globales.

A ésta respecto, el trabajo de Wixted (2009) plantea los conceptos de agrupamiento y fragmentación, que en primera instancia pueden parecer procesos diametralmente opuestos, pero que pueden ocurrir simultáneamente. En clústeres donde la producción tiene el carácter de global, como los son el automotriz, la electrónica y el aeroespacial, la fragmentación de la producción es una constante, es decir, las empresas e instituciones se aglomeran en clústeres en regiones o países específicos para satisfacer los requerimientos de manufactura, diseño, ensamble o los que requiera el subsistema, pero que al final, si bien la producción está fragmentada, los clústeres están agrupados por el producto final, al producir en su conjunto todos los elementos necesarios para producir un producto final, puesto en el mercado.

Así, el enfoque de fragmentación es un área de investigación que se enfoca en el proceso por el cual la producción se fragmenta con un número creciente de etapas de procesamiento, en particular, cuando se organiza a través de más de una ubicación. Lo relevante de esta perspectiva, es el abanico de temas que se abordan para su análisis; uno de los fenómenos de mayor estudio es el elemento *off-shore* en la subcontratación y el papel cada vez mayor de los países con salarios bajos y en desarrollo. Lo que ha hecho posible este crecimiento ha sido la reciente revolución en las comunicaciones y tecnologías relacionadas y una fuerte reducción en los costos de coordinación donde la distancia deja de ser una barrera. Pese a este panorama, existe poca evidencia sobre los grados en que

diferentes industrias dependen de las importaciones, ni diferenciación entre reubicación y fragmentación (Wixted, 2009).

Actualmente, el armado de productos finales integra cada vez más componentes fabricados o diseñados en muchas partes del mundo. Derivado de esto, se destaca la relevancia de los clústeres sobre todo por su importancia económica en los lugares donde se establecen, sin embargo, otro elemento no menos importante es la generación y acumulación de conocimiento que estas aglomeraciones generan, brindando una ventaja a las empresas establecidas, toda vez que el proceso de transmisión y asimilación de este conocimiento es más lento a la distancia. Esta concentración de conocimiento, incrementa la probabilidad de que las empresas sean más innovadoras si se ubican junto a otras empresas innovadoras.

Cabe señalar que la intensidad de importación de la producción manufacturera generalmente está aumentando, lo que indica que se necesitan cada vez más componentes fabricados fuera del lugar donde se ensamblan los productos. Un ejemplo podría ser el Airbus A380 que se construye en múltiples ubicaciones en Europa y se ensambla en Francia. Ante esta situación, en la literatura también se destaca la importancia de la escala de los vínculos extra-clúster y, en particular, la estructura espacial de las relaciones como lo hace Turkina, Assche, and Kali (2016), que hacen un análisis a partir de generar un mapa de redes entre clústeres de Europa y América del Norte.

La fabricación de productos tecnológicamente complejos se caracteriza porque el diseño y la manufactura se han estado trasladando cada vez a países recientemente industrializados o en desarrollo. En el caso del sector aeroespacial, Airbus y Boeing como actores dominantes en su sector, parecen necesitar importar la experiencia de otros países en forma de productos particulares, en donde en ese país no hay mercado para esos productos que se fabrican. Ante esta situación, no se requiere una demanda local para el establecimiento de un clúster. La industria aeroespacial es un ejemplo de un sistema de producción estructurado globalmente.

2.2. Localización espacial

El entendimiento del fenómeno de la localización y la concentración espacial de las diferentes actividades económicas, es un tema que se ha estudiado de tiempo atrás y que aún se mantiene vigente dentro del ámbito de la economía regional. Es una práctica que

surge al tratar de explicar la relación que existe entre la ubicación geográfica de los productores con relación al mercado y la dinámica que resulta de producir e introducir tales productos en los mercados. Para entender estos fenómenos, existen trabajos en los que se proponen modelos con los cuales se explica el fenómeno de la localización.

Uno de estos trabajos es el modelo de Von Thünen (1826), con el que analiza la distribución y el grado de intensidad de los cultivos en torno de un mercado urbano en contraste con la variación del costo de transporte derivado de la distancia entre el producto y el mercado, dejando el resto de las variables con un valor constante (*Ceteris paribus*). Supone una comunidad aislada que produce todos los bienes y productos agrícolas necesarios, que consiste de un mercado ubicado en el centro de una gran llanura sin vías de comunicación, donde cada parcela en torno a la zona urbana cuenta con una idéntica calidad y fertilidad del suelo, se da el cultivo más rentable y hay un excedente de producción. Como los costos dependen de la distancia, el modelo consiste en una serie de círculos concéntricos en donde el mercado se encuentra en el centro, de esta manera, las rentas más bajas de la tierra estarán en los círculos más alejados, así como las rentas serán más caras a medida que los círculos se acercan al centro, es decir, serán actividades más intensivas en transporte, que es lo que hace la diferencia.

Otra aportación importante que propone una explicación sobre la localización, pero más enfocada en la industria, es la de Weber (1929), quien para explicar las causas que hacen que una industria se ubique en un lugar determinado, propuso en 1909 su teoría que denominó Teoría General de Localización Industrial. Su planteamiento inicia considerando que se deben tener dos cosas presentes: primero, las fuerzas que operan como causas económicas de la localización, los factores de localización, que representan una ventaja (reducción o ahorro de costos) que se gana cuando una actividad económica toma lugar en un punto en particular o en varios. E.g. producir y distribuir un producto a menor precio que en otro lugar. Segundo, los objetos sobre los que actúan esas causas, las unidades de ubicación, que son el conjunto de un mismo producto caracterizado por una calidad, que compite con otros productos similares de diferentes calidades.

Adicionalmente, clasifica a los factores de localización en generales y especiales. Los costos de transportación, de mano de obra y renta los considera factores generales porque impactan de una manera u otra a toda industria. La similitud de la materia prima, el grado

de humedad del aire sobre el proceso de manufactura, dependencia del agua fresca, etc., son factores especiales porque afectan a industrias específicas. Después clasificó a los factores de localización independientemente de si son generales o particulares, según la influencia que ejercen para: 1) distribuir las industrias regionalmente, es decir, contribuyen a dirigir hacia lugares que están dados y determinados geográficamente, para atraer la industria a regiones definidas y así crear una estructura fundamental de localización industrial, 2) aglomerar o desaglomerar industrias dentro de la distribución regional, significa adherirse a un sistema de reglas en cierto punto (e.g. incentivos gubernamentales), indistintamente de donde esté situado geográficamente dicho sistema de reglas, y así motivar las aglomeraciones dentro de ese sistema de reglas, es decir, es una ubicación en donde las empresas reducen los costos de transporte, generando ventajas de aglomeración al concentrarse un número suficiente de empresas.

Con su modelo, Weber propone el triángulo óptimo de localización, con el que explica las decisiones de localización industrial, en el que se encuentra aquel punto, que ofrece la combinación de costos de transporte más favorable en relación con los insumos, el mercado y el lugar de producción o mano de obra. La elección de localización se determina en dos etapas, en la primera, la empresa busca la localización que ofrezca el costo mínimo de transporte entre el lugar de producción, el mercado de bienes finales y de insumos, y en la segunda etapa, la empresa compara las ventajas de aglomeración contra el mayor costo de transporte en que pueda incurrir por elegir otra localización en lugar de aquella con mínimos costos de transporte. Los costos de transporte y mano de obra son los únicos factores de localización que trabajan regionalmente.

2.3. Aglomeración, organización y concentración industrial

2.3.1. Aglomeración y desaglomeración

Weber analiza las fuerzas de aglomeración y desaglomeración, considera a ambas fuerzas como un único factor de aglomeración, que sólo operan dentro de la estructura general formada por los factores regionales (costos de mano de obra y transporte).

2.3.2. Aglomeración

La aglomeración con la cual trata la teoría de Weber (1929) es llamada pura o técnica, en contraste con aglomeraciones que son accidentales o de otras fuerzas. La tendencia a la

aglomeración por razones técnicas puede ser considerada por el efecto que tiene sobre la producción la cual considera únicamente el transporte. La teoría de aglomeración se relaciona con la concentración industrial que surge a causa de que la producción de una unidad de producto en este complejo, es más económica para cierta cantidad definida.

La teoría excluye aquellas concentraciones locales de producción que se originan por otras causas independientemente de si la aglomeración tiene o no ventajas, entre las que se encuentran: las condiciones laborales locales, la cercanía con las materias primas. La teoría de aglomeración sólo tiene que ver con aglomeraciones como una consecuencia necesaria de factores de aglomeración como tal, no como consecuencias fortuitas de otras causas.

Ahora, en la concentración industrial, los factores de aglomeración o desaglomeración deben de resultar en un índice de costos por unidad de producto, que están en función de la concentración; bien se podría utilizar la expresión función de economía de aglomeración. Si hubiera varias etapas de concentración, en donde cada una de ellas contribuye con una reducción de los costos por unidad de producto, la industria tiene una verdadera función de economía. Si una concentración contribuye a reducir costos, pero si las reducciones no aumentan o son constantes lo que se tiene es un índice fijo de la economía de aglomeración.

La aglomeración posibilita ciertos ahorros por la aplicación de una técnica particular (equipo técnico) en la planta. Un mínimo de aglomeración permite organizar de cierta forma la mano de obra en la planta, así como la posibilidad de tener acceso a compras a gran escala y menor precio, y crédito a menor precio. Estos factores de aglomeración combinados crean plantas de gran escala con un tamaño mínimo eficiente para la industria en cuestión.

Los factores de aglomeración con los que se crean escalas mayores de aglomeración social de plantas a gran escala, son los mismos que generan plantas a gran escala, por ejemplo:

- a) El desarrollo de equipo especializado y de máquinas auxiliares establecen un mínimo técnico de aglomeración, y este mínimo técnico, tan pronto como conduce a una concentración de plantas, se extiende más allá del mínimo de plantas previamente consideradas. Así se convierte en un factor de aglomeración.
- b) Un segundo factor de aglomeración que ejerce una influencia similar es la mejor opción para reemplazar y arreglar maquinaria.

- c) Desarrollo de la organización de la mano de obra. La organización de la mano de obra también es considerada en cierto sentido como equipo. También tienden a formar industrias especializadas de apoyo, y por tanto tienden a la aglomeración social.
- d) Factores de comercialización. Las plantas a gran escala son más efectivas que las pequeñas porque pueden comprar y vender a gran escala, eliminando intermediarios. Son una inversión más segura y pueden obtener créditos más baratos. Plantas a gran escala agrupadas ganan posteriores economías, especialmente en la adquisición de materiales y comercialización. Contribuye a reducir los viajes de los hombres de negocios.
- e) Costos generales. La adaptación de una industria al ambiente económico en una etapa posterior se vuelve un factor de aglomeración. La aglomeración hace posible que el uso de los recursos se vuelve más eficiente y barato.

2.3.3. Factores de desaglomeración

Toda aglomeración puede tener el efecto contrario, un incremento en los costos o gastos. El balance entre los factores de aglomeración y las tendencias opuestas resulta del poder efectivo y el tamaño de la aglomeración en un caso dado. Los factores de desaglomeración surgen a partir del incremento del valor de la tierra, la cual es causada por un incremento en la demanda de tierra, la cual es un componente de toda aglomeración. Se puede pensar que los factores de desaglomeración son una debilidad de los factores de aglomeración, que aparecen bajo ciertas circunstancias paralelamente al crecimiento de la aglomeración. Y sólo están conectados con el tamaño de la aglomeración a diferencia de los factores de aglomeración. Un factor de desaglomeración es un abaratamiento de la producción, resultado de la descentralización de la producción (producción en más de un lugar).

2.4. Modelos de gestión del conocimiento

2.4.1. Instituciones y organizaciones

En el mundo existen países con características diferentes entre ellos, que influyen en su desempeño. Estas desigualdades pueden ser de naturaleza ambiental, de recursos minerales, de recursos vegetales, de recursos marinos, de aspectos demográficos, de cultura, de religión, de trayectorias históricas y de situaciones étnicas por mencionar algunas. También existen distinciones en las formas de gobierno, en el crecimiento económico, en el

desarrollo económico, en el desempeño económico y en la manera en que se coordinan y organizan las actividades entre individuos al interior y con el exterior de cada uno de los países.

Adicionalmente a los contrastes antes mencionados, las instituciones como una creación de los seres humanos, en el afán de reducir la incertidumbre en la interacción humana, capturan las preferencias, las restricciones, entre otros aspectos contextuales que mantienen a los individuos viviendo en sociedad, provocando que el desempeño de las economías sea distinto. La conceptualización planteada por North (1990) acerca de que las instituciones son las reglas del juego en una sociedad o, más formalmente, son las restricciones ideadas por el ser humano que dan forma a la interacción humana, es la respuesta por antonomasia a la pregunta de ¿qué son las instituciones? Además, estructuran la interacción política, económica y social (North, 1991).

Se reconocen tres tipos principales de instituciones entre las que se encuentran las instituciones políticas, las instituciones económicas y las instituciones sociales (North, 1991; Yeager, 1999; Acemoglu, Johnson & Robinson, 2005)¹. Esta separación permite simplificar a la complejidad institucional, al agrupar a las instituciones en subconjuntos según su objeto de creación, no obstante, la influencia y los resultados derivados del ejercicio de las instituciones se valoran en su conjunto, en función del desarrollo y desempeño en el ámbito de su jurisdicción. También existen aquellas instituciones cuyo fin es fomentar la actividad científica, tecnológica y de innovación para su aprovechamiento económico y social.

Dentro de la estructura institucional, las organizaciones son grupos de individuos que comparten y se unen para alcanzar objetivos comunes (Yeager, 1999). Al igual que las instituciones, existen las organizaciones políticas, económicas y sociales, así como las organizaciones cuyo objeto es integrar a la tarea económica, gubernamental y social, los productos derivados de la actividad científica, tecnológica y de innovación.

Hoy en día, las organizaciones de apoyo y fomento a la actividad científica, tecnológica y de innovación pueden estar asociadas, parcialmente o completamente, a los fines del interés político, económico o social. Crean programas de fomento, establecen

¹ Las leyes de impuestos se consideran instituciones económicas, las leyes que gobiernan las elecciones presidenciales son instituciones políticas, las leyes que gobiernan los programas sociales y de seguridad son instituciones sociales.

infraestructura, acompañan financieramente, realizan investigación, certifican la conformidad, realizan desarrollo tecnológico, diseñan nuevos productos, innovan, brindan asesoría, forman recursos humanos especializados entre otros, en apoyo a la actividad científica, tecnológica y de innovación.

Dentro de la infraestructura institucional, en la parte formal², existen leyes, reglamentos, lineamientos, términos, reglas, guías, procedimientos, que regulan la actividad de la comunidad científica, tecnológica y de innovación.

En este sentido, el objetivo de las organizaciones es recibir algún tipo de beneficio o colaboración que contribuya a completar tareas específicas dentro de la actividad científica, tecnológica y de innovación, cuyos resultados ofrezcan una ventaja económica, técnica, académica, comercial o social. En muchos casos, la inadecuada gestión del conocimiento por parte de las organizaciones se convierte en una barrera o impedimento para obtener tales beneficios.

2.4.2. Organismos intermedios

Existen trabajos que presentan subconjuntos de las distintas instituciones en función de su naturaleza y objeto de creación, por ejemplo: instituciones que establecen la política en ciencia y tecnología, instituciones científicas y tecnológicas, instituciones puente y organismos intermedios. Indistintamente, las instituciones formales se caracterizan porque emiten lineamientos, términos, reglas, guías, procedimientos a los que la comunidad científica, tecnológica y de innovación se debe apegar.

Las actividades científicas, tecnológicas y de innovación abarcan la ciencia básica, la ciencia aplicada, la técnica y la innovación. Lejos de ser un recorrido simple, es un camino sinuoso, con obstáculos, que incluye riesgos y situaciones imprevistas que cuando se emprende el recorrido, y se combina con la carencia de capacidades y de conocimientos técnicos, administrativos, legales, para sortear las dificultades que se presentan en el camino, se vuelve una barrera difícil de salvar. Algunos autores suelen llamarle el valle de la muerte a esta brecha que separa a las actividades científicas de la innovación.

² Yeager (1999) señala que el marco institucional está compuesto por tres componentes: 1) reglas formales: son las que se encuentran escritas, 2) reglas informales: son las que no se encuentran escritas y 3) mecanismos de aplicación.

Lo anterior hace que el recorrido que se hace de la ciencia a la innovación visto como un proceso, en algunos casos sea discontinuo con múltiples repercusiones que pueden ir desde retrasos cortos a largos de tiempo, hasta la indefinición, privándose así la posibilidad de generar innovaciones. Bajo este panorama, quien pierde es la sociedad, porque para un mercado necesitado de productos innovadores, estos no se producirán.

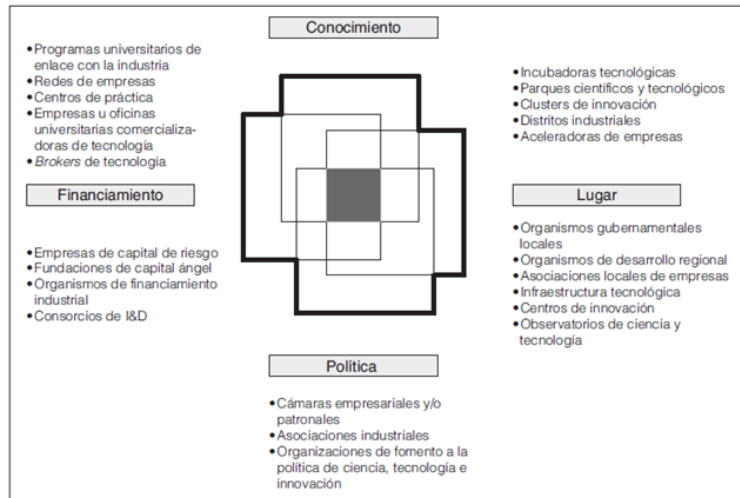
En esta coyuntura, han surgido un conjunto de facilitadores como las Organizaciones Intermedias (Pérez, 2011), que desempeñan diversas tareas en apoyo a los agentes que participan dentro del proceso de innovación, visto como el camino que se debe recorrer de la ciencia básica a la innovación.

Las organizaciones intermedias son agentes, enlaces o *brokers* que facilitan alguna de las actividad dentro del proceso de innovación entre dos o más partes, que coadyuvan al aprendizaje, creatividad y trabajo en red; la heterogeneidad de sus funciones, la flexibilidad organizativa y la escasa burocratización les han llevado a generar capacidades para ofrecer una gama de servicios, asociados a la vinculación de las empresas con los centros de investigación y el sector público; no son empresas, ni gobiernos, ni universidades, ni centros de investigación, aunque coadyuvan a todos ellos a interactuar para efectuar la actividad innovadora (Casalet & González, 2006; Pérez, 2011).

Contribuyen a fortalecer el contexto institucional, con mecanismos de mediación y colaboración entre los actores de la actividad innovadora, es decir, sirven de conexión o puente entre los generadores de conocimiento, los de tecnología e innovación para lo cual asumen una diversidad de funciones que van desde la gestión del conocimiento a la gestión tecnológica, con el propósito de introducir al mercado nuevos productos, procesos y métodos organizacionales o comerciales, no obstante, el elemento común entre ellas es el proceso de intermediación que realizan (Pérez, 2016).

Para formarse un panorama sobre quienes pueden ser y qué tipo de funciones de intermediación realizan las Organizaciones Intermedias (ver Figura 2.1), Pérez en su trabajo del 2016 presenta dos taxonomías, una en donde las clasifica en cuatro dimensiones según su influencia, aquellas relacionadas con el conocimiento, el financiamiento, la política y el lugar.

Figura 2.1 *Taxonomía de organizaciones intermedias presentes en la actividad innovadora*



Fuente: Pérez (2016, pp 165)

Por otra parte, en la segunda taxonomía se describen las funciones de intermediación de las organizaciones intermedias (ver Figura 2.2).

Figura 2.2 *Taxonomía y funciones de intermediación de las organizaciones intermedias*

Taxonomías y funciones de intermediación de las organizaciones intermedias		
<i>Taxonomía de Howells (2006)</i>	<i>Taxonomía de Galli & Teubal (1997)</i>	<i>Taxonomía tradicional</i>
1. Previsión y diagnóstico	<i>Funciones duras o hard functions</i>	Exploración del conocimiento disponible
2. Búsqueda y procesamiento de información	1. I+D	
3. Procesamiento, generación y combinación del conocimiento	2. Oferta de servicios técnicos y científicos	
4. <i>Gatekeeping y brokering</i> (patrocinio y negociación)	<i>Funciones blandas o soft functions</i>	Explotación del conocimiento para la elaboración de productos
5. Prueba, validación y capacitación	1. Difusión de información, conocimiento y tecnología	
6. Acreditación y estándares	2. Difusión y divulgación de la cultura científica	Traducción de necesidades entre los agentes
7. Regulación y arbitraje	3. Toma de decisiones	
8. Protección de resultados de la propiedad intelectual	4. Coordinación profesional a través de academias, asociaciones de profesionales, etcétera.	
9. Comercialización y explotación de los resultados	5. Diseño e implementación de leyes, estándares, certificaciones y regulaciones, entre otros.	
10. Valoración y evaluación		

Fuente: Pérez (2016, pp 169), con base en Galli & Teubal (1997) y Howells (2006).

Si bien en el trabajo se destacan algunos nichos de oportunidad para las organizaciones intermedias como: el patrocinio y la negociación, la comercialización, el financiamiento y la explotación de los resultados, la regulación y el arbitraje, no se hace una determinación de la capacidad de gestión de las organizaciones intermedias y cómo ésta influye en el proceso de innovación. Las taxonomías arriba citadas brindan un panorama de actividades

y organizaciones que intervienen a lo largo del proceso de innovación, sin embargo sólo representan un subconjunto del universo de instituciones que intervienen.

2.4.3. Las instituciones puente

La magnitud de actividades dentro del proceso de innovación es una cantidad a la que no se puede asignar un número particular, debido a que para cada innovación existe un contexto propio de investigación, desarrollo e innovación. Las actividades pueden estar directamente asociadas al proceso de investigación o al técnico de desarrollo incluso al de introducir al mercado la innovación.

La relevancia de las actividades durante el proceso de innovación como la precisión, la exactitud, el aseguramiento de la calidad, la inocuidad, la estandarización, la valuación, la protección del conocimiento, etcétera, requiere de un entramado de instituciones que brinden a las organizaciones el apoyo para adquirir las competencias correspondientes para alcanzar la innovación.

Aunado a las organizaciones intermedias, las instituciones puente comprenden una serie de organismos no lucrativos, tales como asociaciones civiles, fideicomisos públicos, centros especializados administrados por las cámaras empresariales, aunque algunas de ellas se han conformado como organismos consultores de carácter eminentemente privado, mientras otras han adquirido un estatus intermedio (público-privado); de acuerdo con sus funciones, se encuentran organizaciones que apoyan las actividades de investigación y desarrollo de las empresas, organizaciones que están involucradas en la difusión de nuevas tecnologías, organizaciones cuyas actividades incluyen investigación aplicada, procesos de certificación, verificación, medición y estandarización, y servicios de información, consultorías y entrenamiento (Casalet, 2000).

El objeto de estas instituciones puente consiste en brindar asistencia en diversos ámbitos que contribuyan a elevar los niveles de productividad, y competitividad de las empresas; su función ayuda a transformar los inputs innovadores en outputs para las empresas; sus ámbitos de especialización son la modernización tecnológica, la capacitación, promover una cultura de la calidad (Casalet, 2000), fomentar el aseguramiento de la conformidad y la legal apropiación del conocimiento.

Las instituciones puente cumplen un papel central en el fortalecimiento de las relaciones de intercambio entre empresas, y entre éstas y otras organizaciones gubernamentales o

privadas; no constituyen centros de investigación y desarrollo en el sentido tradicional del término, pero desempeñan una función significativa en el mejoramiento de los niveles de competitividad de las empresas a través de la resolución de problemas vinculados a la producción, el marketing, la información, la normalización de criterios de calidad, la exportación y el mejoramiento de la calidad (Casalet, 2000).

Adicionalmente a las organizaciones intermedias, las instituciones puente amplían el subconjunto de organizaciones e instituciones que interviene en algún momento dentro del proceso de innovación. El trabajo presentado por Casalet (2000) hace una descripción de las instituciones puente, así como de su función y su objeto como mediadores en alguna actividad del proceso de innovación sin embargo, no determina la capacidad de gestión de las organizaciones y cómo ésta influye en el proceso de innovación. De igual manera, se hace un manejo de los términos organización e institución al mismo nivel, sin hacer una distinción desde el punto de vista institucional.

2.4.4. Comunidad científica, tecnológica y de innovación

La comunidad científica, tecnológica y de innovación está compuesta por individuos y organizaciones que realizan actividades científicas, tecnológicas y de innovación desde la esfera económica, de gobierno y la social tales como: las universidades e instituciones de educación superior, públicas y particulares, centros de investigación, laboratorios, dependencias de gobierno, empresas públicas y privadas y personas físicas, así como los organismos intermedios y las instituciones puente.

El objetivo de este apartado no es realizar un análisis exhaustivo de los conceptos, pero se hace un paréntesis porque es necesario hacer una breve descripción de éstos, con el propósito de explicar a qué se refiere en el trabajo con la actividad científica, tecnológica y de innovación.

En la literatura asociada con el cambio tecnológico y la economía de la innovación, se utilizan conceptos como innovación, el ciclo de innovación o el proceso de innovación tecnológica, en el sentido que se debe sobreentender que están implícitas la actividad científica, tecnológica y de innovación, pero ¿qué son exactamente? ¿Qué se debe entender por este último conjunto de expresiones? ¿En su conjunto representan lo mismo? ¿O cada una de ellas se refiere a actividades distintas? Si es así ¿Cuál es el ámbito de cada una de

ellas? ¿Cómo se diferencia una respecto de las otras? Y en su conjunto ¿Cuál es el espectro que comprende la actividad científica, tecnológica y de innovación?

Para abordar el tema, partimos de la recuperación de algunas definiciones de los términos en lo individual. El concepto de ciencia, es definido por la Real Academia Española (2018) como el “Conjunto de conocimientos obtenidos mediante la observación y el razonamiento, sistemáticamente estructurados y de los que se deducen principios y leyes generales con capacidad predictiva y comprobables experimentalmente”. Bunge (2000) conceptualiza a la ciencia como un sistema de ideas establecidas provisionalmente, es decir, un conjunto de conocimientos científicos en un espacio y tiempo dado, que por sí mismo no cambian o resuelven algún problema, que se pueden caracterizar como racionales, sistemáticos, exactos, verificables y falibles.

En la literatura y de manera ordinaria es frecuente encontrarse con la división que se hace de la ciencia, al separarla en básica y aplicada, como si fuera algo común el hecho de que todos tienen claro en que consiste dicha diferenciación y el alcance que tiene cada una de ellas. La ciencia básica también se puede encontrar descrita como pura o fundamental para referirse a las disciplinas académicas centrales, como las matemáticas, la física, la astronomía, la química, la biología, la sociología, la física atómica, etc. Para profundizar sobre el debate entre si la ciencia es básica o fundamental y si antes de denominarla básica se le refería como fundamental o pura, Schauz (2014) presenta un trabajo en donde discute algunos antecedentes y diferencias asociadas a la investigación fundamental o la investigación básica en el contexto inglés y estadounidense.

Por otra parte, la ciencia aplicada es definida como el conjunto de las aplicaciones de la ciencia básica. Para delimitar el alcance u ámbito de acción entre la ciencia básica y la ciencia aplicada, se puede decir que la primera se propone comprender la realidad, buscando patrones que se repitan y se puedan reproducir, y que nos conduzcan al descubrimiento de leyes, la segunda tiene como fin controlar ciertos sectores escogidos de la realidad con ayuda de conocimientos de todo tipo, en particular científicos por ejemplo: la óptica de telescopios, la física de semiconductores, la química de contaminantes del agua, la botánica y la zoología de especies de posible utilidad, la sociología del desarrollo (Bunge, 2014), entre muchas otras.

Algo común a la ciencia básica como a la ciencia aplicada es que ambas buscan datos, formulan hipótesis y teorías, y procuran poner a prueba las ideas por medio de la observación, la medición, la experimentación o el ensayo que se estable para esto. Otra característica de la ciencia tomando en cuenta la distinción que se hace, la ciencia básica siempre va un paso adelante en relación a la ciencia aplicada (Schauz, 2014; Bunge, 2014), a las demandas del día (Schultze, 1943), a la técnica y la innovación.

Anteriormente se definió a la ciencia como un sistema de ideas establecidas provisionalmente, como un conjunto de conocimientos científicos en un espacio y tiempo dado, que por sí mismos no cambian o resuelven problema alguno. Ahora, la ciencia vista como una actividad, en la que se busca usar o resolver problemas con el conocimiento, en la que se amplían y producen nuevos conocimientos, se le conoce como investigación científica; mediante la investigación científica, como humanidad se han alcanzado conocimientos en donde la percepción y entendimiento de la realidad es cada vez más amplia, profunda y exacta (Bunge, 2000). La investigación como actividad está asociada a acciones intelectuales y experimentales de modo sistemático con el propósito de aumentar los conocimientos sobre una determinada materia (RAE, 2018).

Hasta ahora la discusión se ha centrado en definir el concepto de ciencia, así como su distinción entre si es básica o aplicada. También se mencionó qué vista como una actividad, es decir, como la actividad científica, implícitamente también se hace referencia a las respectivas actividades de investigación tanto básica como aplicada. Sin embargo, falta aún vincular la ciencia con los productos que se han derivado del avance de la actividad científica. A este respecto, se agrega que en cuanto se utilizan los conocimientos, resultado de la investigación básica como de la aplicada, para el mejoramiento de nuestro medio natural y artificial, para la invención y manufactura de bienes materiales y culturales, la ciencia se convierte en tecnología (Bunge, 2000).

La investigación científica aparte de satisfacer la curiosidad por conocer, brinda independencia intelectual y promueve el desarrollo técnico; la técnica emplea una parte del conocimiento científico y agrega nuevo conocimiento para diseñar artefactos y planear cursos de acción que tengan algún valor práctico para algún grupo social. A diferencia de la ciencia, la técnica no es tal a menos que salga al campo, a la fábrica o a la calle; se relaciona con la producción, transformación, o comercialización de cosas, sean artefactos

animados (máquinas), vivos (plantas animales, hongos o bacterias) o sociales; la relación entre la ciencia y la técnica suele conocerse como “Investigación y Desarrollo (I&D)”, pero cuando tiene utilidad económica o social (valor práctico) también suele denominarse como “Investigación, desarrollo e innovación (I+D+I)” (Bunge, 2014).

Cabe señalar que de acuerdo a la definición de innovación que se caracteriza porque el desarrollo debe tener obligatoriamente una utilidad en forma de producto, de proceso o de uso, hacemos la precisión de que como la técnica se relaciona con la producción, transformación, o comercialización de cosas, sean artefactos animados (máquinas), vivos (plantas animales, hongos o bacterias) o sociales, pero si ésta no se usa o comercializa en el sentido que genere una ventaja competitiva o remuneración al poseedor, se está haciendo referencia a tecnología y no a innovación.

2.4.5. Importancia de las actividades científicas y tecnológicas

Ambas, la ciencia como la técnica se enfocan a entender y resolver problemas en donde la solución es el resultado, principalmente de un conjunto de actividades cognoscitivas para la ciencia y prácticas para la técnica; así, mediante la aplicación de principios, teoremas y leyes derivados de la comprensión de fenómenos de la realidad, en la creación de técnicas y procedimientos, y la fabricación de equipos y artefactos, para resolver necesidades económicas y sociales, es como se da paso al avance tecnológico y la innovación (Bunge, 2014).

Las tecnologías introducidas como innovaciones, puestas en las manos de los consumidores o usuarios finales, es un acto de socialización que mediante su uso repetido e incorporación en la vida cotidiana de las personas pasa a formar parte de la cultura. Como un indicador, podríamos decir que en la medida que una sociedad produce y usa nuevos productos, es la intensidad en que esta sociedad se apoya de la ciencia, la tecnología y la innovación para atender y satisfacer sus necesidades.

Para hacer más evidente la delimitación entre ciencia básica, ciencia aplicada, técnica e innovación, la descripción se inspira en el ejemplo descrito por Bunge (2014).

Ciencia básica: Un investigador que estudia la interacción entre la luz y la materia, se encuentra que las partículas de luz llamadas fotones, impactan con los electrones de la materia haciendo que estos se desprendan. Cuando los electrones libres son capturados, el resultado es una corriente eléctrica que puede ser utilizada como electricidad. Este

fenómeno se explica mediante el efecto fotoeléctrico, principio de la celda fotoeléctrica (o fotovoltaica). Esta persona hace ciencia básica (teórica o experimental), si lo único que se propone es explicar la realidad y enriquecer el conocimiento humano de las interacciones entre la luz y la materia. A este nivel, la ciencia apenas comienza a ser entendida y sus usos comerciales aún están lejos o no se vislumbran.

Ciencia aplicada: En otro laboratorio, otro investigador estudia el efecto fotoeléctrico bajo diferentes condiciones haciendo uso de diversos materiales o sustancias para determinar y controlar la actividad fotoeléctrica asociada a usos y aplicaciones específicas que podrían derivar en la fabricación de celdas fotoeléctricas más eficientes u otros artefactos. Este investigador hace ciencia aplicada (teórica o experimental) porque hace uso de conocimientos obtenidos en la investigación básica para controlar un fenómeno, en este caso el efecto fotoeléctrico.

Técnica: En un laboratorio de Investigación y Desarrollo, otro investigador que estudia las celdas fotoeléctricas, pero ya no tan sólo para saber cómo funcionan sino también para diseñar arreglos, que mediante el ensamble de una celda fotoeléctrica a un inversor y una batería permita proveer de energía eléctrica a una casa o vivienda. Esta persona es un Ingeniero de alto nivel con la mirada puesta sobre artefactos útiles. Para él la ciencia no es un fin sino un medio. El laboratorio industrial (I&D) no produce ciencia sino técnica, es una fábrica de técnicas (Sabato, 1979).

Innovación: Finalmente, cuando se pasa de un laboratorio de I&D a una fábrica que manufactura o ensambla a escala comercial arreglos o paquetes de baterías, de inversores y de celdas fotovoltaicas diseñadas por el ingeniero. La finalidad es diferente a la que animaba al científico y al ingeniero, ahora se trata de obtener ganancias, sea para los accionistas de las empresas o sea para la sociedad. Ahora la meta es obtener beneficios mediante la puesta en operación o comercialización de las técnicas y métodos desarrollados.

Para cerrar este apartado, se destaca la relevancia que tiene la ciencia en el desarrollo de una sociedad, vista como un sistema cuyos subsistemas, el económico, el cultural, el biológico y el político están ligados e interactúan entre sí, de manera que cualquier cambio en uno de los componentes afecta a los otros, y con ello al sistema íntegro (Bunge, 2014).

“La ciencia es un componente de la cultura y ésta un componente de la sociedad, de modo que el adelanto de la ciencia contribuye automáticamente a elevar el nivel cultural. Es decir, la investigación básica, por sí sola e independientemente del valor que pueda alcanzar para la técnica, contribuye a resolver un problema nacional de primera magnitud en los países en desarrollo, a saber, el de su atraso cultural.” (Bunge, 2014, pp. 64). La razón principal para fomentar la investigación básica en los países es por su valor como fuente de mejoramiento intelectual, la utilidad será un subproducto de este mejoramiento intelectual (Roche, 1963).

2.4.6. Economía del conocimiento

Llama la atención que, en la ciencia económica, los recursos escasos son parte del problema de estudio. Es válido proponerlo de esa forma porque en efecto sí existen recursos no renovables y que se encuentran en cantidad limitada, su agotamiento podría derivar en verdaderos problemas técnicos y económicos, algunos ejemplos de elementos escasos son el oro, el grafito y el fosforo entre otros. Buscar una forma de producirlos de manera artificial o encontrar un sustituto con características iguales o mejores, lleva implícito el uso de conocimientos avanzados, que incluso podrían aún no estar al alcance de la humanidad. Es aquí donde el conocimiento se vuelve parte del problema económico porque visto desde una analogía material no se encuentra distribuido equitativamente, mientras que en otros casos se puede decir que es abundante en cierto aspecto, pero escaso por no estar al alcance de todos. Sólo se pondría en discusión dentro de esta analogía la cantidad de algunos recursos que son limitados, es decir, se acaban y no hay más en el mundo, en contraste con el conocimiento el cual está en continua evolución y el que se genera, llega para quedarse y usarse sin limitaciones, sin escases de ese conocimiento en específico. No se quiere decir que el conocimiento llega para quedarse para siempre porque depende de los mecanismos de almacenamiento y de replicación.

Existen vestigios de métodos de construcción en donde nuestras técnicas más avanzadas no pueden explicar las formas en que se obtuvieron obras arquitectónicas o expresiones artísticas de civilizaciones pasadas. Por el momento como humanidad y en el marco de nuestra analogía, se puede decir que ese conocimiento se agotó u olvidó y como tal no hay forma de replicarlo nuevamente hasta hoy. Sin embargo, no podría existir la escasez sobre algo que no se ha inventado, descubierto o que no existe aún.

Al respecto de la economía del conocimiento, la OCDE (1996) hace referencia a que el término economía basada en el conocimiento es el resultado asociado al reconocimiento del papel del conocimiento y la tecnología en el crecimiento económico y que es fundamental para el desarrollo económico, pero sólo en los últimos años se ha reconocido su importancia, toda vez que los países miembros dependen más que nunca de la producción, la distribución y el uso del conocimiento, principalmente en las industrias de alta tecnología, como computadoras, electrónica y aeroespacial.

David y Foray (2002) observan que una economía basada en el conocimiento se desarrolla cuando redes de individuos se incorporan a organizaciones convencionales, en donde la continua relación con otras comunidades también basadas en el conocimiento, representan un activo importante, en donde la ciencia y la tecnología son fundamentales para el desarrollo de los nuevos sectores que impulsan el crecimiento de la economía. Estas comunidades se encuentran íntimamente ligadas a profesiones o proyectos científicos, técnicos o incluso comerciales que se caracterizan por la solidez y capacidad para producir conocimiento, en ambientes de aprendizaje e intercambios públicos o semipúblicos apoyándose de las tecnologías de la información.

La economía del conocimiento es aquella cuyo funcionamiento se sustenta de manera predominante en la producción, distribución y uso del conocimiento y la información, en donde, a diferencia de una economía tradicional, el conocimiento y la información influyen positivamente en el proceso de producción y en la capacidad para transformar los factores en nuevos productos y procesos. En una economía convencional, llega un momento en que a medida que aumentan la inversión en capital, trabajo y materias primas, tienden a disminuir las ganancias por cada nueva inversión, en el caso de las economías, industrias y empresas basadas en el conocimiento y la información ocurre lo contrario, conforme aumenta la inversión en conocimiento los beneficios se incrementan con cada nueva inversión, así, en la medida en que las empresas aumentan sus insumos de conocimiento, se incrementa la demanda de empleados más calificados, se adoptan nuevas tecnologías y se generan, paulatinamente, nuevos conocimientos, susceptibles de incorporarse en el proceso productivo (Fundación Este País, 2005).

La transición exitosa a una economía del conocimiento incluye elementos, como las inversiones a largo plazo en educación, el desarrollo de la capacidad innovadora, la

modernización de la infraestructura de información, y un entorno económico conducente a transacciones de mercado, que forman parte de los cuatro pilares del Índice de Economía del Conocimiento, que de manera resumida son: 1) Incentivo económico y régimen institucional, 2) Innovación y adopción tecnológica, 3) Educación y capacitación y 4) Infraestructura de las tecnologías de la información y la comunicación (Derek y Suh, 2008).

Aunado a los diferentes aspectos que caracterizan a una economía del conocimiento, Kerr y Ó Riain (2009) agregan que en la economía del conocimiento destacan la importancia del contenido informático en bienes y servicios, la dinámica del conocimiento en el proceso de producción, las tendencias hacia la profesionalización de las actividades, la comercialización del conocimiento y el cambio sectorial de una economía basada en la fabricación de bienes por trabajadores de línea a uno basado en el diseño de bienes y servicios por trabajadores especializados.

Una economía basada en el conocimiento y el aprendizaje es un sistema en el cual el motor de creación de valor y/o beneficios es el conocimiento y la capacidad para construirlo por medio del aprendizaje, se centran en la capacidad de innovar y crear valor con base al conocimiento y a su rápida actualización por medio del aprendizaje: lugar de trabajo, laboratorios, centros de investigación, las aulas, etcétera (Peluffo y Catalán, 2002).

Como se aprecia en las distintas formas de percibir a la economía del conocimiento, en todas ellas se reconoce al conocimiento como la unidad de cambio o materia prima que al usarla es capaz de transformar la realidad de las sociedades y de países, abriendo espacio a mayores beneficios de quien produce, distribuye o usa el conocimiento, dando como resultado la generación de nuevos conocimientos, nuevas tecnologías y el desarrollo de sectores de altas tecnologías, pero para esto primero se requiere contar con los instrumentos o programas orientados a ofrecer los incentivos económicos necesarios; fomentar la adopción de nuevas tecnologías, el desarrollo y la modernización de la infraestructura, la formación de trabajadores especializados, redes de conocimiento, desarrollo de nuevos conocimientos e inversiones de largo plazo.

Como se puede advertir, el conocimiento juega un papel muy importante en la economía del conocimiento toda vez que es el equivalente a la monea de cambio de una economía de mercado, y como tal se debe cultivar, cuidar, administrar y gestionar para obtener de él un mayor beneficio.

2.5. La gestión del conocimiento y su relación en los procesos de innovación

2.5.1. Innovación

El concepto de innovación se ha estudiado desde diversos enfoques, existen numerosas contribuciones teóricas, trabajos que documentan casos de éxito asociados a la generación de nuevos productos, de procesos o de usos que permiten que una actividad se realice con mayor eficiencia y productividad representando una ventaja comparativa o competitiva para el innovador, para la organización, pero también es un campo que plantea múltiples retos debido a que es un proceso complejo indistintamente del sector o industria.

En la literatura relacionada con la innovación se reconoce a Joseph Schumpeter como uno de los economistas que introdujo el concepto de innovación y la influencia de ésta en la economía, teniendo de fondo la idea del proceso de destrucción creativa, en donde las nuevas combinaciones suponen la eliminación de las antiguas, proceso en el que se destruye lo viejo y se crea lo nuevo, donde las innovaciones preceden a las nuevas necesidades que no surgen espontáneamente en los consumidores (Shumpeter, 1942; Shumpeter, 1976).

Por otra parte, se aborda la figura del empresario como el responsable de iniciar el cambio económico, educando incluso a los consumidores si fuera necesario, les enseña a necesitar nuevas cosas, o que difieran en algún aspecto de las ya existentes; en este sentido, se plantea que producir significa combinar materiales y fuerzas al alcance del productor y entonces, el desenvolvimiento económico, se define por la puesta en práctica de nuevas combinaciones, en los casos de: la introducción en el mercado de un nuevo bien o una nueva calidad de un bien, la introducción de un nuevo método de producción o una nueva forma de manejar comercialmente una mercancía, la apertura de un nuevo mercado, el uso de nuevas fuentes de materias primas o bienes semimanufacturados, y la creación de una nueva organización en cualquier industria (Shumpeter, 1976).

Otros autores plantean que la innovación es el proceso de integración de la tecnología existente y los inventos para crear o mejorar un producto, un proceso o un sistema. En un sentido económico, consiste en la consolidación de un nuevo producto, proceso o sistema mejorado (Freeman, 1982). En esencia la innovación comprende la búsqueda y el descubrimiento, la experimentación, el desarrollo, la imitación y la adopción de nuevos productos, nuevos procesos de producción y de nuevos marcos organizacionales; aunque la

actividad innovadora sea motivada por el beneficio de los agentes, ésta debe ser algo aun no explotado, técnica o económicamente (Dosi, 1988).

Una innovación es un proceso interactivo, que de manera incierta trae consigo cambios y crecimiento, comprende diferencias cualitativas, nuevas cosas y nuevo conocimiento, (Lundvall, 1992). La innovación y el progreso resultan de la adquisición de activos y la nueva combinación de activos disponibles (Kogut and Zander, 1992). La innovación es el proceso mediante el cual las empresas dominan y entran a la práctica del diseño de productos y de procesos de manufactura que son nuevos, si no en el universo si en la nación (Nelson, 1993). La innovación es un estilo de vida, una manera de hacer empresa y sobre todo de cambiar el código genético empresarial de una vez por todas (Ponti, 2010).

La innovación no se trata únicamente de diseñar nuevos y sorprendentes productos, sino de cambiar comportamientos individuales y colectivos, con indicadores de medición precisos que dan cuenta de que se pueden lograr avances económicos (Montoya, 2016). La mayoría de las innovaciones se debe a las interacciones entre los proveedores y usuarios de productos y servicios, la colaboración y la cooperación son fundamentales para el desarrollo de nuevos productos y servicios, son un requisito previo para la innovación (DeBresson 1999).

Una visión distinta de ver a la innovación es descrita por Chesbrough (2003b y 2003a), en donde la innovación es conceptualizada como un nuevo modelo denominado innovación abierta en contraste al anterior paradigma de innovación cerrada, donde éste último se asocia a la forma en que se organiza la investigación y el desarrollo industrial (I&D), que se caracteriza por tener lugar dentro de la organización, y porque fue el modelo más usado por la mayoría de las empresas en el siglo veinte, el cual les permitió ser los primeros en el mercado y apropiarse de los beneficios mediante el control de la propiedad intelectual, creando así, un círculo virtuoso de innovación muestra de esto, se presenta el caso del Centro de Investigación de Palo Alto de Xerox como un ejemplo emblemático del modelo de innovación cerrada, lugar donde ocurrieron importantes innovaciones de producto como las computadoras personales y otras tecnologías de la comunicación como el Ethernet y la interface gráfica de usuario, que los posicionó como líderes tecnológicos, pero debido a la falta de capacidad para capturar el valor de la investigación y el desarrollo tecnológico no asociado al uso directo en los productos de la empresa, ésta se mantenía en espera de un

mejor momento para ser empleados, generalmente en detrimento de su competitividad y posición de líderes tecnológicos, por los altos costos que esto representaba o terminaba siendo comercializada por otras empresas como el sistema operativo de Macintosh de Apple Computer y el Sistema operativo de Windows de Microsoft.

Dentro de las actividades que asumían las empresas estaba la I&D que generaba empleo a ingenieros y científicos en laboratorios, como una respuesta a los bajos costos de realizarla de forma interna comparado con el costo de adquirir ideas y recursos del mercado (Mowerey, 1983). Esto generó una subutilización del conocimiento porque sólo se empleaba la información de utilidad comercial para la empresa. Esta idea es muy importante porque deja ver que conforme la oferta de servicios se incrementa, los costos de los mismos disminuyen y eso hace que sea más atractivo para las organizaciones insertarse gradualmente en un modelo de innovación abierta.

El desgaste de la ventaja estratégica de la I&D interna entre otros factores se asocia con el incremento de la movilidad de los trabajadores con conocimiento, dificultando a la empresa apropiarse y controlar su inversión en I&D, y el incremento de la disponibilidad de capital de riesgo (Chesbrough, 2003a). Se señala como una de las fallas de la I&D interna, la generación de *spill overs* que no se podían capitalizar al interior, en algunos casos se licenciaban, pero en la mayoría de los casos se quedaban en resguardo de la organización (Chesbrough and Crowther, 2006). Esto generó las condiciones para el surgimiento de nuevas empresas que realizaban poca o nada de investigación básica, que se caracterizaban por buscar fuera de la empresa nuevas tecnologías que comercializar. Esto dio pauta a que las empresas vieran con buenos ojos el conocimiento proveniente del exterior al desbloquear y potenciar su capacidad de innovar y comenzar a tejer redes que les permitieran mejorar su desempeño. Dahlandera and Gannb (2010) señalan que las empresas siempre se han abastecido por fuera. Uno de los ejemplos es el laboratorio de Edison en Menlo Park, que combinó ideas previas apoyándose de inversionistas, científicos e ingenieros externos para desarrollar sus inventos (Hargadon, 2003).

Dicho en forma breve, una organización no puede aislarse, debe encontrar fuentes de variedad, que les permitan crear nuevas combinaciones de tecnologías y de conocimiento (Nelson and Winter, 1982), así como vincularse con diferentes fuentes para adquirir ideas y recursos de fuentes externas de frente a la competencia (Chesbrough, 2003; Laursen and

Salter, 2006; Dahlandera and Gannb, 2010). Exponerse a nuevas fuentes o estrategias externas para adquirir conocimiento de utilidad y poderlo digerir e incorporarlo en tecnología, no es una tarea fácil, se debe invertir en I&D interno con el propósito de ser capaces de utilizar tecnología externa, habilidades que Cohen and Levinthal (1989 y 1990), denominaron aprendizaje de la empresa o capacidades de absorción, para identificar, imitar, explotar el conocimiento externo, crear nuevo conocimiento y beneficiarse de los *spill overs*.

2.5.2. El modelo de la innovación abierta

En el modelo de innovación abierta se defiende la idea acerca de que el conocimiento que se genera en el interior de la organización es tan valioso como el que se obtiene del exterior, en donde la frontera entre una empresa y el ambiente que la rodea es porosa, permitiendo a la innovación moverse fácilmente en ambas direcciones y colocando las ideas externas y los caminos externos al mercado en el mismo nivel de importancia que el reservado en su momento, para las ideas internas y los caminos hacia el mercado en el modelo de innovación cerrada (Chesbrough, 2003a y 2003b). Un componente central hacia la innovación o interacción abierta es el cambio en la forma en que las empresas buscan nuevas ideas y tecnologías para la innovación (Laursen y Salter, 2006).

La innovación abierta debe entenderse como la antítesis del modelo de integración vertical tradicional donde las actividades internas de I&D conducen al desarrollo de productos de forma interna para ser distribuidos por la propia empresa; las ideas que una vez germinaron solo en grandes empresas ahora pueden estar creciendo en una variedad de entornos, desde el inventor individual o la *start up* de alta tecnología, hasta las instalaciones de investigación de las instituciones académicas, al *spin off* de grandes empresas; es el uso deliberado de flujos de conocimiento hacia el interior y exterior de la organización para acelerar la innovación, y expandir el mercado; las empresas pueden y deben usar ideas externas así como ideas internas y caminos internos y externos al mercado, a medida que buscan avanzar en su tecnología; supone que las ideas internas también pueden llevarse al mercado a través de canales externos, fuera de los negocios actuales de la empresa, para generar valor adicional; las ideas valiosas pueden provenir de dentro o fuera de la empresa y pueden ir al mercado desde dentro o fuera de la empresa también (Chesbrough, 2006).

La innovación abierta descansa su ventaja competitiva en aprovechar los descubrimientos de otros y en buscar organizaciones con modelos de negocios compatibles con la comercialización de una tecnología dada (Chesbrough and Crowther, 2006). La innovación abierta cobra relevancia por al menos cuatro razones primero, refleja un cambio social y económico en la forma del trabajo, segundo, la globalización ha permitido la extensión de la división del trabajo, tercero, la propiedad intelectual, el capital de riesgo, y los estándares tecnológicos permiten a las organizaciones comercializar ideas y cuarto, las nuevas tecnologías permiten nuevas formas de colaborar y coordinarse a distancia (Dahlandera and Gannb, 2010).

Algunos elementos que impulsaron a la innovación abierta como paradigma son la proliferación de bases de datos, de revistas científicas y de artículos que, combinados con el Internet, facilitan el acceso al conocimiento especializado a menor costo, además de contribuir a crear comunidades globales de investigación. La disminución del financiamiento público a la ciencia básica también contribuyó, motivando a los investigadores a buscar patrocinios o recursos con proyectos orientados a satisfacer las necesidades de las diferentes industrias. La formación de nuevos investigadores de alto nivel en ciencias por las universidades, ha incrementado la disponibilidad de recursos humanos especializados, quienes son la materia prima para el descubrimiento y el desarrollo, con conocimientos más amplios, junto con la difusión del conocimiento, contribuyeron a descentralizar la I&D de las organizaciones a diferencia del modelo de innovación cerrada.

El gran dinamismo en la innovación abierta también se puede determinar con las solicitudes de patentes de fuentes como la Oficina de Patentes de Estados Unidos o el de la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual o de la Oficina Europea de Patentes en donde su número es cada vez mayor, lo cual es un indicador de la dimensión de la actividad inventiva en los países y el posicionamiento de los titulares de esas patentes en mercados extranjeros. Bajo estas consideraciones, lo que se debe sobreentender del modelo de innovación abierta es que ahora las organizaciones se pueden enfocar en áreas específicas sin tener que hacerlo en todo el proceso de innovación.

Como ejemplos paradigmáticos del modelo de innovación abierta, Chesbrough (2003b), cita a Intel y Merck quienes abrieron su proceso de innovación y ahora realizan casi toda su

investigación fuera de la empresa, al contar con programas de financiamiento a la investigación y a proyectos de universidades. Otro ejemplo de innovación abierta es descrito por Sakkab (2002), donde P&G bajo el modelo de “conectar y desarrollar” confronta el reto de la conexión, que implica como elemento prioritario la vinculación hacia el interior del corporativo para conocer y aprovechar lo que se está desarrollando al interior, en donde para crecer se deben realizar nuevas conexiones que implican la incorporación de nuevos campos tecnológicos para el desarrollo de nuevas oportunidades de negocios. Para P&G el verdadero valor, es su habilidad para acelerar la innovación, apoyándose del exterior mediante comunidades de práctica, emprendedores tecnológicos, desarrollos tecnológicos conjuntos, licenciamiento, fondos gubernamentales, centros de investigación, universidades, ferias de innovación, e inversores de riesgo internos y externos, bajo una política de comercializar cualquier avance generado en sus laboratorios sin importar si es su competencia directa.

Para mostrar el alcance del concepto de innovación abierta, Chesbrough (2003a) contrasta el caso de Lucent y Cisco, donde ambas empresas competían en la misma industria pero sus formas de innovar diferían, Lucent dedicó grandes recursos a explorar el mundo de nuevos materiales y el estado del arte en componentes y sistemas, buscando descubrimientos que dieran impulso a una nueva generación de productos y servicios mientras que Cisco, desplegó una estrategia diferente, cualquier tecnología que requiera la empresa, ésta era traída de fuera, proveniente de aliados estratégicos, o de inversiones en *start ups*. En esta misma idea, existen casos paradigmáticos contrastantes entre grandes empresas como Intel y Microsoft, Motorola y Siemens, y Merck y Pfizer.

En esta nueva visión de innovación abierta, las empresas no sólo deben esperar hacer uso de la investigación, el conocimiento y la tecnología que generan para su propio beneficio, sino deben abrirla y ponerla a disposición de los diferentes mercados, en donde la Propiedad Intelectual (PI) se debe ver en forma estratégica como modelo de negocios para beneficiarse de los competidores y no como una barrera de entrada a la competencia, representa una nueva clase de activos que pueden proporcionar ingresos adicionales al modelo de negocio actual, y abre la posibilidad de entrar en nuevos negocios y nuevos modelos de negocios; una forma de hacerlo es mediante la creación de *start-ups* para el desarrollo y exploración de nuevos mercados, que funcionan como pequeños laboratorios,

una vez validada o demostrada el funcionamiento y aplicación de la innovación se promueven al siguiente nivel marcando tendencias y abriendo oportunidades de mercado; promueven la formación de recursos humanos y fondean proyectos que les permita el acceso al conocimiento en forma temprana (Chesbrough, 2003b y 2006).

Una premisa del modelo de innovación abierta es que no se necesita generar nuevo conocimiento, en lugar se requiere hacer uso del conocimiento interno y externo, combinándolo para crear nuevas formas de hacer las cosas, nuevos productos y servicios. Las presiones de mercado como los costos de desarrollo interno impulsan a las empresas a buscar lo que necesitan tan pronto como lo necesitan ya sea dentro o fuera de la organización. En cuanto al conocimiento que se genera en el laboratorio, se debe buscar su integración en tecnología o utilidad, incluso para los competidores que buscan en invertir en Propiedad Intelectual (PI) que los ayude a llegar al mercado lo antes posible, bajo la lógica de que entre más rápido sale del laboratorio más rápido los investigadores aprenden nuevas formas de aplicarlo.

El capital de riesgo, también ha tenido un papel importante en el modelo de innovación abierta en el sentido de que a la falta de recursos públicos, en combinación con la derrama de recursos humanos hacia el exterior de las empresas (*spill overs*), promueven la generación de organizaciones que desarrollan nuevas propuestas tecnológicas en mercados no aprovechados por las grandes empresas, que marcan tendencias en nuevas aplicaciones y oportunidades de mercados; a fin de coordinar la complejidad, las empresas deben acumular experiencia en muchas áreas, para entender cómo una tecnología realmente trabaja y adaptar sus estrategias rápidamente, y coexistir en un ambiente rodeado de capital de riesgo (*venture capital*) y nuevas empresas (*start ups*) (Chesbrough, 2003b).

Se debe tener una buena gestión del conocimiento y los recursos al interior de la organización, para generar las capacidades que permitan a las empresas entender cómo trabaja la tecnología, reconocer el valor del conocimiento externo, asimilarlo y aplicarlo con fines comerciales (Cohen y Levinthal, 1990) para, simplificar o dividir la complejidad y resolver la ambigüedad, al mismo tiempo que se tiene que guardar un equilibrio entre lo que se vende y lo que se desarrolla, tal vez se están dejando pasar oportunidades para nuevas aplicaciones por estar enfocado en posicionar los nuevos desarrollos.

Después del modelo de innovación abierta, algunos trabajos cambian el enfoque de la investigación y se comienzan a centrar en el resultado de un conjunto de interrelaciones que determinan la innovación, tal es el caso de Laursen and Salter (2006) que abundan en este entendimiento, al explorar cómo diferentes estrategias de investigación y uso de fuentes externas a las empresas influyen en su desempeño innovador, cubriendo de paso el vacío, acerca de que el modelo de innovación abierta no se había examinado empíricamente a una escala, como lo hacen en su trabajo, al contar con una muestra de 2707 empresas manufactureras; para esto, proponen y desarrollan los conceptos de amplitud y de profundidad, como dos dimensiones de estudio, para explicar la relación que existe entre las estrategias de búsqueda fuera de la organización que siguen las empresas, y el desempeño innovador.

Su hallazgo principal consiste en que las empresas que cuentan con estrategias de apertura, y en especial aquellas que profundizan y amplían en las actividades, tienden a ser más innovadoras, no obstante, encontraron que se debe guardar un equilibrio porque a mayor amplitud en sus actividades externas estas se vuelven improductivas al encontrar que si una organización utiliza 11 o más fuentes de conocimiento externo, la actividad innovadora comienza a decrecer; de manera que, entre más radical la innovación: a) es menos efectivo el impacto en el desempeño innovador una búsqueda externa amplia, es decir, con diferentes fuentes de información y b) más efectivo es el impacto en el desempeño innovador una búsqueda externa con profundidad, es decir, un trabajo de colaboración más estrecho, especializado y prolongado.

Un análisis basado en un modelo en el que se clasifica en cuatro tipos a la literatura de la innovación abierta, bajo el argumento de que ésta destaca la importancia y bondades de la innovación abierta pero que no hace mención a qué tipo se refiere; se trata de un modelo de dos dimensiones, en donde por un lado se identifica si la innovación es entrante o saliente contrastada con la condición de pecuniario o no pecuniario; esto les permite a Dahlandera and Gannb (2010) discutir acerca de la innovación entrante, si es pecuniaria, se trata de adquirir y si es no pecuniaria, se trata de abastecerse, así mismo, la innovación saliente, si es pecuniaria, se habla de vender y si es no pecuniaria, se habla de dar a conocer.

Hasta ahora se ha presentado información que contribuye a caracterizar al concepto de innovación abierta. Estas particularidades también se han asociado a organizaciones de

industrias de alta tecnología con empresas como Lucent, 3Com, IBM, Intel, Millenium Pharmaceuticals (Chesbrough and Crowther, 2006), y P&G (Sakkab, 2002). Sin embargo, surge el cuestionamiento sobre si las particularidades que caracterizan al modelo de innovación abierta son consistentes o difieren con respecto a empresas de industrias que no se caracterizan por ser de alta tecnología, sino tradicionales o maduras.

A este respecto, Chesbrough and Crowther (2006) encontraron que la innovación abierta, para las empresas de sectores maduros tiene diferentes connotaciones asociadas con las siguientes ideas: a) incremento de la velocidad de desarrollo de nuevos productos, b) crecimiento del negocio actual y nuevos negocios potenciales, c) búsqueda en el exterior para defender la posición de mercado, reduciendo riesgos en el desarrollo de tecnología, d) vista como un medio para un fin o como una herramienta para alcanzar metas de crecimiento, e) nuevas tecnologías y avances para anticiparse a la siguiente generación.

Otro aspecto a destacar que aceleró el establecimiento de la innovación abierta como modelo dominante, es el surgimiento de nuevas fuentes de financiamiento como el capital de riesgo (*venture capital*), capital ángel, capital de riesgo empresarial, filántropos e inversionistas privados que coadyuvaron a llevar al mercado las ideas de las empresas y universidades, mediante la creación de *start ups*, cuya finalidad es investigar y desarrollar nuevos descubrimientos en etapas tempranas de campos que podrían convertirse en la nueva ola económica de innovación.

Abundando en el entendimiento sobre cómo opera el modelo de innovación abierta, Chesbrough (2003a) desde un enfoque institucional, hace una distinción entre las organizaciones que hacen innovación y las que llevan al mercado las innovaciones; las que generan innovación las clasifica en cuatro tipos: los exploradores, los comerciantes, los arquitectos y los misionarios; 1) los exploradores se especializan en realizar la función de investigación de descubrimiento que anteriormente se realizaba principalmente en laboratorios corporativos de I&D, ahora como *spin offs* de laboratorios que solían estar integrados en grandes corporaciones, 2) los comerciantes, se enfocan a posicionar un reducido número de tecnologías que generalmente cuentan con Propiedad intelectual, donde las regalías les permiten continuar desarrollando según el ritmo de la PI, 3) los arquitectos se especializan en áreas complejas y dinámicas que desfavorecen el hazlo tú mismo, diseñan arquitecturas complejas que permiten a un sinnúmero de empresas proveer

piezas al sistema, e implementan mecanismos para capturar valor de lo que ellos crean para continuar con la siguiente arquitectura, 4) los misioneros son personas u organizaciones que crean tecnologías avanzadas para servir a una causa, a diferencia de los comerciantes y arquitectos, no buscan beneficios financieros.

En tanto a las organizaciones que se enfocan en llevar la innovación al mercado: 1) los mercaderes de la innovación, se caracterizan por poseer la habilidad de identificar ideas de mercado rentables tanto para incorporarlas como venderlas, ya sean propias o las de otros, lo que les permite beneficiarse de innovaciones que no realizaron, 2) los centros de ventanilla (*one-stop centers*), proveen de productos y servicios tecnológicos a sus clientes a precios competitivos, la diferencia con los mercaderes es que forman conexiones con los usuarios finales para adecuar los recursos a sus necesidades o las especificaciones requeridas (Chesbrough, 2003a).

Partiendo de la pregunta de hasta dónde llegará y hasta cuándo durará la innovación abierta, Grassmann, O., Enkel, E. y Chesbrough, H. (2010) comparan y analizan varias líneas del pasado a la actualidad, estas son: 1) Penetración en la industria: desde los pioneros hasta la corriente principal, 2) Intensidad de I&D: desde alta a baja tecnología, 3) Tamaño: de grandes a pequeñas empresas, 4) Procesos: desde diseño dominante hasta investigar y aprendizaje, 5) Estructura: desde mantenerse sólo hasta alianzas, 6) Universidades: de torres de marfil a intermediarios, 7) Procesos: de amateurs a profesionales, 8) Contenido: de productos a servicios, 9) Propiedad intelectual: de protección a un bien comercializable; encontraron que la funcionalidad operacional de la innovación abierta depende de la habilidad de la empresa de manejar el proceso de innovación en forma descentralizada e incluir participantes que no se encuentran en la nómina de la empresa; al mismo tiempo, deducen que grandes empresas internacionalizan su propia I&D por dos motivos: estar más cerca de su mercado, conducir sus clientes y tener acceso al mejor talento del mundo mejorando sus capacidades de absorción.

Uno debe reconocer que la innovación es tres cosas diferentes: es un resultado, es un proceso y es una forma de pensar; la innovación como un resultado incluye nuevos productos, innovación de producto, innovación de proceso, innovación de marketing, innovación de modelos de negocios, innovación en la cadena de proveeduría e innovación organizacional; la innovación como un proceso, atiende la forma de cómo se debe organizar

la innovación para que los resultados puedan dar frutos, y se caracteriza porque debe incluir tres fases: descubrimiento, desarrollo y envío, esta última es la que determina si se ha alcanzado la innovación al poner el producto en las manos del consumidor; como una forma de pensar, aborda la internalización de la innovación por los miembros de la organización donde la innovación es instalada y engranada en la organización con el apoyo de la implementación de una cultura organizacional que permita a la innovación florecer, mediante el desarrollo de habilidades de asociación, cuestionamiento, observación, experimentación y construcción de redes que permitan al individuo y a la organización pensar en forma diferente, lateral y expansivamente (Kahn, 2018).

2.5.3. *Spin-off y start-ups*

El discurso del trabajo se circunscribe en al ámbito de la innovación como tema de fondo, tema que se caracteriza como muchos otros por contar con un lenguaje y conceptos específicos que son utilizados de manera regular en su literatura, en la que se sobreentiende que el lector dispone de conocimiento previo que hará que la lectura sea fluida y fácil de asimilar, no obstante, cada concepto por sí mismo es motivo de un amplio trabajo de investigación y discusión en la misma literatura. Bajo esta perspectiva, con la intensión de entender y conocer el alcance de conceptos como *spin-off*, *start-up* y *spin-out* se profundiza en ellos de manera que, mediante la revisión de literatura previa se pueda generar un panorama sobre el alcance y particularidades que caracterizan a cada uno de estos conceptos, derivado de las distintas definiciones, categorizaciones y tipologías que se han encontrado de estos conceptos, pero sobre todo que sean vistos como una modalidad de gestión del conocimiento.

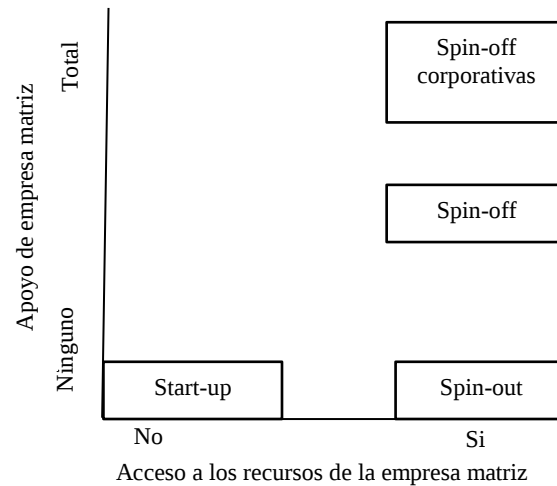
Una situación interesante que se plantea, es el dilema al que se enfrenta el trabajador cuando éste encuentra o deduce mejoras o invenciones que pueden representar una ventaja comparativa o competitiva para la empresa que lo emplea. Esto lo coloca en una posición en la que puede mantener el conocimiento de manera particular y dejar la empresa que lo emplea para formar una nueva (*start-up*) y así competir con ella o transferir el conocimiento a la empresa e intentar ganar una compensación por este conocimiento (*spin-off*) (Anton and Yao, 1995). La manera de cómo decide el empleado explotar económicamente esa mejora o descubrimiento depende de qué panorama le genera mayores utilidades al trabajador, incluso esta situación no es definitiva porque depende de otros

aspectos como la confianza, la seguridad, las habilidades y el tiempo de recuperación de los recursos.

El marco normativo no obliga al trabajador a compartir con el patrón una mejora o descubrimiento realizado durante la relación empleado-empleador, tampoco puede impedir al trabajador dejar la empresa para usar esa mejora o descubrimiento como la base para crear un nuevo producto o una nueva empresa por iniciativa propia, sobre todo cuando no existe propiedad intelectual de por medio. Bajo este panorama, Anton and Yao (1995) consideran que el *spin-off* es el resultado de la relación empleado-empleador cuando una de las opciones del empleado es la competencia directa del empleador, y pueden ser regulados y formalizados mediante la celebración de contratos, previo o posterior a la revelación de la invención. Un contrato después de que se revela la invención viene acompañado con el riesgo de que el empleador expropie la invención y no se formalice el convenio, pero también, cuando la mejora aumenta su complejidad motiva la celebración del contrato después de revelada la invención, esto implica que se debe pagar al empleado lo suficiente para evitar un *start-up* y además dejar suficientes beneficios para el empleador.

El proceso de formación de nuevas empresas es muy heterogéneo; el abanico de modelos de negocios impulsados por la innovación se ve reflejado en las características de creación de estas empresas. Una propuesta basada en los recursos, desde el punto vista de la empresa es la que desarrolla Koster, S. (2004) al identificar cuatro formas posibles de formación de nuevas empresas, utilizando las dimensiones de "compartir recursos" y "apoyo de la empresa matriz", a saber: *start-up*, *spin-off*, *spin-off* corporativo y *spin-out* (ver Figura 2.3).

Figura 2.3 *Formas posibles de formación de nuevas empresas.*



Fuente: (Koster, 2004, pp. 6).

Desde esta visión, los *spin-offs* son nuevas empresas que administran recursos existentes provenientes de una empresa matriz y se inician con influencia externa, mientras que los recursos de un *start-up* tienen otro origen; una *start-up* es la situación en la que, el empresario inicia una nueva empresa sin ninguna influencia externa en los casos en que fue y no fue empleado antes de iniciar la nueva empresa, donde además no fue basada en experiencia o conocimiento de tecnologías específicas de empleos previos; y en el *spin-out*, el empresario inició una nueva empresa sin ninguna influencia externa y fue empleado antes de iniciar la nueva empresa, basada en experiencias o conocimiento de tecnologías específicas de empleos previos; las nuevas empresas que son apoyadas con recursos de empresas matrices están mejor equipadas para identificar los deseos y necesidades de la empresa matriz y actuar en concordancia (Koster, 2004).

En general, los *spin-offs* parecen ser relativamente rápidos en producir productos para la nueva empresa y cuentan con un mayor número de empleados que las *start-ups*, despliegan más esfuerzos de promoción que otros grupos, tienen un producto que vender y por tanto necesitan la promoción, presentan un mejor desempeño que las *start-ups* basado en la capacidad para movilizar los recursos y encontrar su posición dentro de la red de negocios; la clave para el éxito de la *start-up* parece ser el estar cerca entre la empresa madre y su descendencia; los *spin-offs* corporativos se caracterizan porque la nueva empresa cuenta con el apoyo total y tiene acceso a los recursos de la empresa matriz; por definición, los empresarios *spin-out* han establecido una empresa con conocimiento específico de un

producto, lo que garantiza una base sólida sobre la cual construir la empresa (Koster, 2004). El Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología (2007) define a la *start-up* empresarial como una “empresa originada a partir de la identificación de oportunidades de mercado por parte de los miembros de una organización y/o profesionales expertos (...), quienes deciden crear una unidad empresarial para aprovechar la oportunidad de negocio, (...)” (p.13).

Desde una perspectiva universitaria, para hacer una diferenciación entre lo que es una *spin-off* y una *start-up*, Hamano (2011) parte de la relación que existe entre la tecnología y la universidad en función de cuatro dimensiones, es decir, quién es el generador, de quién es la titularidad, quién es el financiador y quién es el administrador de la tecnología (ver Tabla 2.1).

Tabla 2.1 *Diferencias entre Spin-off y Start-up*

	Spin-off	Start-up
Generador	Universidad	Fuera de la Universidad
Titular de la propiedad	Universidad	Licenciada a una start-up por la Universidad
Financiador	Universidad	Patrocinador externo
Administrador	Personal de la Universidad	Personal externo a la Universidad

Fuente: Adaptado de Hamano (2011).

Derivado de las diversas definiciones que se encuentran en la literatura sobre los conceptos de *start-up*, *spin-out*, *spin-off*, *spin-off* corporativa y *spin-off* universitaria, donde por las características de las definiciones, se hace difícil encontrar una definición consensada. En esta tarea, Beraza y Rodríguez (2012) hacen una amplia compilación de definiciones de los conceptos de *spin-off* en su forma general y *spin-off* universitaria, que comparan y analizan encontrando que una *spin-off* de manera general tiene que atender tres condiciones: 1) Debe generarse a partir de una organización existente, cualquiera que sea la forma jurídica, razón social, modo de propiedad o tipo de actividad de la misma. 2) Debe concernir a uno o varios individuos de esta organización, cualquiera que sea su estatus y función dentro de la misma y. 3) Debe suponer la salida efectiva de estos individuos de la organización que les emplea, no para dirigirse a otra organización existente, sino para crear una nueva organización.

La spin-off universitaria debe satisfacer simultáneamente las siguientes dos condiciones o características para denominarse como tal: 1) Es una nueva empresa con personalidad jurídica propia, lo que implica que no es parte integrante de la universidad de la que ha surgido y que, por tanto, dispone de una cierta libertad en cuanto a la elección del modo de organización que mejor se adapta a sus necesidades. 2) La nueva empresa es creada con el fin de explotar conocimientos desarrollados por la actividad de investigación en la universidad y se inscribe en una lógica de transferencia de conocimientos universitarios hacia las empresas sobre una tecnología particular, un expertise o en un saber hacer (Beraza y Rodríguez, 2012). Una *start-up* es una organización humana diseñada para crear un nuevo producto o servicio bajo condiciones de extrema incertidumbre (Ries, 2012). Para Blank, S. y Dorf, B. (2013) una *start-up* es aquella organización temporal en busca de un modelo de negocio rentable, repetible y escalable.

Otro trabajo en el cual se hace una caracterización de nuevas formas organizacionales como los *spin-offs* académicos, *spin-outs* corporativos y *start-ups* internas, en un contexto donde se comparan sus ventajas y desventajas, y se discute su contribución a la transferencia de tecnología entre universidades y empresas es el realizado por Festel (2013), donde el objetivo de los *spin-offs* académicos es transferir tecnología de las universidades y centros de investigación a la industria, mediante la venta de la tecnología o de un servicio, principalmente cuando hacen falta recursos para desarrollar aún más la tecnología, se basan en los hallazgos de los integrantes del grupo académico.

Los *spin-outs* corporativos contribuyen a la transferencia de tecnología entre empresas como una alternativa al cierre de las operaciones en caso de que éstas no sean centrales para la empresa matriz, es decir, el departamento, dirección o división se convierte en un negocio o empresa independiente, que se nutre del personal, activos, propiedad intelectual, tecnología y en algunos casos hasta el equipo de administración de la empresa matriz, y pueden derivarse de la reorganización de la empresa matriz, para ser más flexibles o por capacidad redundante, se busca que sean estructuralmente poco burocráticas; los *spin-offs* como los *spin-outs* pueden integrarse dentro de las actividades de la empresa matriz como empresas independientes proveedoras de servicios; las *start-ups* internas (nuevas empresas internas) se identifican como un nuevo enfoque en la transferencia de tecnología, de los departamentos de investigación a las unidades de negocios que se centran en las

operaciones comerciales y de innovación de las empresas, es una forma más flexible de acelerar y diseminar el conocimiento dentro de la empresa y ayudan a llevar la investigación del laboratorio al mercado, principalmente cuando la I&D es guiada por una unidad de negocios; fundear una *start-up* fuera de la universidad o del centro de investigación representa todo un reto para los emprendedores porque los investigadores no cuentan con la experiencia para comercializar los productos de sus investigaciones o la resistencia de la universidad a comercializar.

Las *start-ups* como empresas jóvenes son consideradas como de alto riesgo en sus primeras etapas para los inversionistas, lo que les previene de invertir en esas empresas aún si la inversión promete beneficios importantes, y se dificulta su valoración cuando estas no cuentan con activos, redes y no se han realizado pruebas de mercado, generalmente cuenta con un coordinador, plan de negocios y estudios de mercado; una variante de los *spin-offs* son los *spin-outs*, que resultan de la independencia de algún departamento de la empresa matriz, con el acceso a parte de la infraestructura, derechos de propiedad intelectual y *know how* (Difass: Transfer of Success, 2014). Por su parte la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico define las *spin-off* como: (a) empresas creadas por investigadores del sector público (personal del staff, profesorado o estudiantes); (b) empresas emergentes que disponen de licencias de explotación de tecnologías creadas en el sector público; (c) empresas emergentes sostenidas por una participación directa de fondos públicos, o que fueron creadas a partir de instituciones públicas de investigación (OECD, 2015).

En la tarea de explicar que los *spin-offs* y las *start-ups* son modelos organizacionales que contribuyen a la transferencia de tecnología y de introducir nuevos productos al mercado, Gómez y Botero (2016) a manera de encontrar un elemento diferenciador hacen una asociación entre el emprendedor que busca beneficiarse de una oportunidad o necesidad identificada en un mercado con la creación de una *start-up* y un investigador o grupo de investigación universitario que espera explotar comercialmente un resultado derivado de una investigación con la creación de una *spin-off* universitaria.

Otro trabajo, que agrega en la tarea de diferenciar las características de una *start-up* y una *spin-off*, entendidas respectivamente como empresa emergente y proceso de surgimiento de una empresa de otra preexistente, es el de Montoya (2016) en donde

presenta a la *start-up* como aquella sociedad que pese a su juventud y a la falta de recursos para su desarrollo, consigue obtener resultados en el mercado y pasar a un siguiente nivel estructural al ser impulsada por ángeles inversionistas o absorbida por empresas ya consolidadas, y se le relaciona con el uso intensivo del conocimiento científico, tecnológico y de innovación o directamente con el mundo de Internet y las TIC, que apoyan el cambio estructural en la economía, al contribuir a introducir nuevos productos y servicios intensivos en conocimiento; al mismo tiempo, contribuyen a sostener la innovación, aportan dinamismo a la productividad del sistema económico y generan oportunidades de empleo de calidad.

Para el caso de un *spin-off*, Montoya (2016) se refiere a un proyecto nacido como extensión de otro anterior; como el proceso por el cual surge una empresa de otra entidad o institución preexistente, desprendiéndose de ésta; como una empresa nacida a partir de otra mediante la separación de una división subsidiaria o un departamento de la empresa para convertirse en una empresa por sí misma; separa la *spin-off* empresarial de la *spin-off* académica; la *spin-off* empresarial se presenta cuando procede de otra empresa previa preexistente, incluyendo a la institución pública, históricamente, ha sido mayoritaria la empresarial y la más relevante, conocida y apoyada por el sector público, con centros de innovación y grupos de intra-emprendedores, generalmente vinculados al lanzamiento de *start-ups*; la *spin-off* académica se tiene cuando procede o nace del seno de un centro de investigación universitario, de instituto de investigación, observatorio o *think-tank* (centro de pensamiento).

A su vez, distingue dos tipos de *spin-off* universitaria: *spin-off intra-universitaria*: aquellas iniciativas que surgen del conocimiento desarrollado por los grupos de investigación o por las áreas estratégicas de la universidad, en las cuales la institución invierte y gestiona en su totalidad la labor de la nueva empresa; y *spin-off en asociación (alianza)*: aquellas iniciativas que se trabajan con personas naturales o jurídicas internas y/o externas, tales como emprendedores, empresas estratégicas, empleados, ángeles inversionistas o áreas de la Universidad. Los motivos para generar una *spinoff* son varios: la retención del talento, nuevos nichos de negocio, mejora de la gestión de la investigación en la Universidad, desarrollo de nuevas tecnologías surgidas de centros de investigación

académica, supervivencia empresarial en el mercado, planificación fiscal o laboral, estrategia financiera y cumplimiento del plan de desarrollo institucional.

El concepto de *spin-off* expresa la idea de creación de nuevas iniciativas económicas en el seno de empresas u organizaciones existentes que actúan de incubadoras, por iniciativa de una persona de la organización, con independencia y viabilidad propias, en términos de estructura jurídica, técnica y comercial; en un sentido más amplio, *spin-off* alude a aquella persona o grupo de personas que deja la empresa donde está trabajando para crear una nueva empresa vinculada o apoyada de alguna manera por la sociedad existente, de la que esta persona era miembro; la empresa matriz también puede ser el mercado potencial o el beneficiario de los servicios suplementarios proporcionados por el *spin-off* (Larios, 2018).

Distintos autores han realizado una categorización y establecido distintos modelos y tipologías de *spin-offs*: según su origen (académicos e industriales), la tecnología usada (de base tecnológica o convencionales), la estrategia (reactivos, proactivos, ofensivos), los motivos (por reestructuración, por salvaguardia de *know-how*), el impacto en la estrategia de la organización de origen (técnicos y competitivos), etc.

En este último caso Larios (2018) menciona que el *spin-off* técnico (o *spin-off* propiamente dicho) surge cuando los investigadores descubren una nueva tecnología con un potencial económico elevado, pero que no es relevante para la estrategia competitiva de la organización de origen; en esta categoría incluye la totalidad de los *spin-off* académicos bajo el argumento de que la empresa creada no modifica ni tiene impacto en la estrategia de una universidad o de un organismo público de investigación; en tanto que el *spin-off* competitivo (o *spin-out*) engloba todos aquellos casos que tienen por finalidad la independencia de algunos de los departamentos o divisiones de la empresa; este proceso es, muchas veces, consecuencia de una racionalización de procesos o de un plan de externalización (*outsourcing*) de algunas actividades, para centrarse posteriormente en los aspectos clave del proceso productivo, modificando, en suma, la cadena de valor de la empresa. Entre algunas de las razones para este comportamiento se consideran la eliminación de costes fijos e indirectos, la obtención de mayor liquidez y la eliminación o reducción de riesgos elevados. Se puede concluir que la existencia de una cantidad de empresas influencia el desarrollo de nuevas empresas.

2.5.4. Gestión del Conocimiento

Se ha mencionado que en la Economía del Conocimiento se reconoce la importancia que tiene el conocimiento en el desarrollo y crecimiento de las organizaciones, regiones y países. En donde la producción, la distribución y el uso del conocimiento se asocian a beneficios en diferentes esferas como la economía, la educación, la salud, la cultura, la productividad, la innovación, etcétera. Si el conocimiento es un insumo importante es válido preguntarse ¿Qué es el conocimiento? ¿Cómo se crea el conocimiento? ¿Cómo se comunica? ¿Qué aspectos fomentan o limitan el proceso de creación, comunicación y uso del conocimiento? ¿Cómo se administra o gestiona?

Partiendo de la visión harmonica del pensamiento y la existencia, enraizada en el universo, Polanyi (1966) introduce el concepto de conocimiento tácito, partiendo del hecho de que todos sabemos más de lo que hablamos, definido como aquello que es obvio pero que no es fácil de explicar qué es o cómo se hace, que se constituye de dos partes, una cercana y otra alejada a nosotros, cuya interacción forma la estructura funcional del conocimiento tácito, en otras palabras, se conoce la primera parte confiando en nuestra conciencia de ello para atender la segunda parte, generando así la relación tácita del conocimiento; también refiere a la parte explícita del conocimiento mediante un ejemplo donde muestra que la componente explícita no sustituye a la contraparte tácita.

El tema del conocimiento se ha abordado de distintas formas, Drucker (1966) menciona que el conocimiento reside en la persona y es la interpretación de la información. Senge (1992) destaca que el éxito de toda organización se debe a la capacidad de aprender cosas nuevas y explotar la experiencia colectiva, el talento y la capacidad de los individuos que la conforman. Argyris (2001) propone que el conocimiento sólo es posible a través del aprendizaje, diferenciando el de un circuito, asociado a lo rutinario como elemento de supervivencia de largo plazo contra el de doble circuito para aspectos complejos no programables. El conocimiento ha sido un elemento que ha tenido un papel importante a lo largo de la historia del pensamiento humano y que ha sido el eje del crecimiento económico y del aumento paulatino del bienestar económico y social (David y Foray, 2002).

Entre otros trabajos, destaca el de Nonaka y Takeuchi (1999), donde se menciona que en la literatura existen dos tradiciones epistemológicas dominantes en la filosofía occidental, el racionalismo y el empirismo, en la primera el argumento es que existe un conocimiento *a*

priori que no es producto de la experiencia sensorial, sino de algún proceso mental ideal, racional basado en axiomas, y que se puede obtener deductivamente utilizando construcciones mentales como conceptos, leyes o teorías, mientras que, en el segundo, no existe tal conocimiento *a priori* y que se genera inductivamente donde la única fuente de conocimiento es la experiencia sensorial.

Una posible respuesta a las preguntas sobre cómo se crea, cómo se comunica y cómo se fomenta el conocimiento, Nonaka (1994) propone que el conocimiento organizacional, más que en lo individual, es creado a través de un dialogo continuo entre el conocimiento tácito y explícito, que se transforma mediante cuatro modelos de interacción: 1) de tácito a tácito (socialización), 2) de tácito a explícito (exteriorización), 3) de explícito a explícito (combinación) y 4) de explícito a tácito (interiorización).

Para Stiglitz (1998) el conocimiento y su gestión tienen como objetivos desarrollar sinergias dentro del sistema y su dinámica se manifiesta a través de cuatro aspectos fundamentales como: 1) importancia del conocimiento como factor de crecimiento y de progreso, en donde la educación es el proceso clave siempre y cuando esté orientada al desarrollo del “aprender a aprender”, 2) desarrollo de procesos de apropiación social del conocimiento, en donde la sociedad, los individuos u organizaciones se apropian del conocimiento que se convierte en un “bien público”, que al acumularse e interrelacionarse permiten a las instituciones, organizaciones públicas o privadas, responder a las oportunidades y desafíos que el entorno les ofrece, 3) la capacidad de generar procesos dinámicos de aprendizaje social como elemento clave para crear o fortalecer competencias en las personas, comunidades o regiones que les permite saber actuar sobre el contexto de manera exitosa, 4) la Gestión Estratégica del Conocimiento por medio de un pensamiento estratégico y prospectivo en que tenga por objetivo orientar los esfuerzos en el proceso de generación del conocimiento y del cambio social y organizacional para desencadenar procesos sustentables de desarrollo. Como es de observarse Stiglitz introduce la idea de gestión estratégica del conocimiento.

El origen temporal del concepto de gestión del conocimiento inicia con la conferencia celebrada en Boston a principios de 1993, específicamente dedicada a la gestión del conocimiento de acuerdo a Prusak (2001), quien identifica tres prácticas que han aportado la mayor cantidad de contenido a la gestión del conocimiento: 1) la gestión de la

información, 2) el movimiento de la calidad y 3) el factor humano o capital humano en movimiento; distingue la práctica del aprendizaje organizacional de la asociada a la gestión del conocimiento, reconoce que el valor de las habilidades cognitivas aún no puede ser replicado por el silicio lo que vuelve aún más valioso a los componentes del conocimiento tácito tales como el juicio, el diseño, el liderazgo, las mejores decisiones, la persuasión, el ingenio, la innovación, la estética y el humor se vuelven más valiosos que nunca; lo que obliga a las organizaciones a preguntarse: ¿Qué sabemos? ¿Quién sabe? ¿Qué es lo que no sabemos? ¿Qué debemos saber?

La gestión del conocimiento es una disciplina que tiene como objeto generar, compartir y utilizar el conocimiento tácito (Know-how) y explícito (formal) existente en un determinado espacio, para dar respuestas a las necesidades de los individuos y de las comunidades en su desarrollo; la disciplina se ha centrado en la necesidad de administrar el conocimiento organizacional y los aprendizajes organizacionales, que los individuales, como mecanismos claves para el fortalecimiento de una región o espacio en relación con las visiones de futuro que van a determinar sus planes estratégicos de desarrollo en el mediano y largo plazo (Peluffo y Catalán, 2002).

Una propuesta distinta es aquella que considera que la gestión del conocimiento debe ser vista más como un arte social que una disciplina científica, que no puede ser reducida a un conjunto de técnicas; donde uno de los retos más importantes de la gestión del conocimiento es no dirigir en detalle los procesos de creación de conocimiento sino crear condiciones que estimulen a los agentes dentro y fuera de la organización a involucrarse en el aprendizaje interactivo (Lundvall and Nielsen, 2007).

2.5.5. Capacidades tecnológicas

La habilidad para competir en el mercado global es un tema sobre el que se han desarrollado diversos trabajos sin embargo cuando se profundiza el tema continúa siendo un vacío por llenar para un gran número de organizaciones. El proceso de adquisición de habilidades y conocimiento que depende de la experiencia: *learning by doing*, *learning by operating*, *learning by changing*, *learning by training*, *learning by hiring* y *learning by searching*, es visto como un proceso de retroalimentación que opera dentro de la actividad productiva en dos componentes: 1) el flujo de información mediante el cual se estimula la búsqueda por mejorar y 2) el flujo de concurriendo para comprender cómo debe ser el

cambio; estos aprendizajes refieren a cualquier forma en la cual una empresa incrementa sus capacidades para administrar la tecnología y para implementar el cambio técnico (Bell, 1984).

Bell y Pavitt (1995) para abordar el tema de las capacidades tecnológicas en una organización se apoyan de las diferencias que hay entre las eficiencias estáticas y dinámicas de las industrias en el uso de la tecnología; la eficiencia dinámica no tiene una relación directa con la adquisición de maquinaria externa, con la incorporación de nueva tecnología o la acumulación de *know-how* operativo sino que depende de las capacidades domésticas para generar y administrar cambios en las tecnologías, por lo cual sostienen que existe una dependencia entre la acumulación de las capacidades tecnológicas y las fuentes del conocimiento tecnológico en función de los distintos tipos de industria: dominio de la proveeduría, intensivo en escala, intensivo en información, basado en ciencia, proveeduría especializada; y que las capacidades tecnológicas crean una base tecnológica para otras nuevas áreas.

Cohen y Levinthal (1989) argumentan que el aprendizaje depende de la I&D, lo que representa nueva información y las habilidades para asimilar y explotar la información existente, plantean que la I&D tiene una doble función: como insumo de la innovación tecnológica y como proceso de aprendizaje; la habilidad de la firma para reconocer el valor de la nueva información externa, asimilarla y aplicarla con una finalidad comercial es crítica para sus capacidades innovadoras. Mientras la I&D genera innovación, también desarrolla habilidades en las empresas para identificar, asimilar y explotar conocimiento del ambiente lo que se denomina aprendizaje o capacidades de absorción de las empresas y representan una parte importante de las habilidades de las empresas para crear el nuevo conocimiento que le permitirá hacer algo diferente (Cohen y Levinthal, 1990).

Capítulo 3 Marco contextual (el estado del sector aeroespacial desde la perspectiva industrial)

3.1 Estado del sector aeroespacial en el mundo

La industria aeroespacial está integrada por el conjunto de actividades que se realizan en dos sectores, el aeronáutico y el espacial, no obstante, las actividades que se relacionan con la industria no sólo están limitadas a la manufactura sino también, a la investigación y desarrollo, el diseño, vinculadas principalmente al sector servicios. La diferencia entre aeronáutica y aeroespacial estriba en que los productos de esta última circulan fuera de la atmósfera terrestre y de los de aeronáutica únicamente en la atmósfera (Hualde y Carrillo, 2007). La industria espacial y aeronáutica se define como el conjunto de actividades productivas destinadas a la construcción y diseño de aviones, helicópteros, plataformas de lanzamiento, misiles, satélites, motores, además del equipo electrónico que se utiliza a bordo (Carrillo y Hualde, 2013).

Es una industria que se asocia con la alta tecnología, en donde los estándares de calidad y de seguridad requieren de una infraestructura de precisión altamente costosa y técnicamente compleja, con recursos humanos altamente especializados, que impulsan la generación de procesos, productos y servicios novedosos que impactan transversalmente en otros sectores, como el de comunicaciones, transporte, seguridad y defensa, construcción, hasta la educación y la salud por mencionar algunos. Es una industria intensiva en conocimiento que se caracteriza por las altas tasas de I&D e innovación (Niosi and Zhegu, 2005).

Se deriva asimismo de la complejidad de los productos que integran las partes, productos y sistemas que se originan en el sector y otras industrias. En un avión o en un artefacto lanzado al espacio se utilizan tecnologías de la industria electrónica, de la mecánica, sistemas de refrigeración, aparatos ópticos, sistemas de software y otros sistemas que en pocos productos quedan integrados con el nivel de complejidad que se encuentra en esta industria. La industria aeroespacial y aeronáutica, en este sentido, es una industria de industrias (Carrillo y Hualde, 2013).

Como resultado de una menor intervención de parte del Estado, la tendencia actual es la liberalización de algunos servicios, que han generado el aumento de la presencia del

servicio comercial en el sector aeroespacial. Se pronostica para los próximos años un aumento de la demanda tanto civil como militar y del establecimiento o fortalecimiento de centros de producción y transferencia de tecnología en países periféricos de Europa y Estados Unidos, y sobre todo, un amplio desarrollo en Asia, especialmente en China. Estados Unidos y la Comunidad Europea que concentran la producción aeroespacial mundial. Estados Unidos con el 50% y Europa con el 35%. Siguen Japón y Canadá, con un 6% cada uno.

Las armadoras Boeing-McDonell (USA) y el Consorcio Europeo EADS (*European Aeronautic Defence and Space Company*) dominan el mercado de la aviación comercial. En el campo de la defensa, sobresalen tres compañías: Northrop-Gruman, Lockheed-Martin y Raytheon. Otras empresas de importancia en el mercado aeroespacial son UTC, General Electric, Honeywell, TRW, Textron, General Dynamics y BF Goodrich. Los países que se ubican en primera línea para competir en igualdad de condiciones en el futuro con las grandes potencias aeroespaciales son China, Japón e India. Otros países emergentes y con gran potencial son Canadá, Brasil, Israel, Pakistán, las dos Coreas (Carrillo y Hualde, 2009), Rusia y México (Carrillo y Hualde, 2013).

Las presiones del mercado por reducir costos de fabricación y operación, así como la conservación de los estándares de calidad y de seguridad hacen que el sector se mantenga en una constante generación de innovaciones de proceso, de producto y desarrollo de nuevas tecnologías y materiales para fabricar elementos técnicamente cada vez más eficientes, en donde para esto, confluye un nivel altamente especializado de recursos humanos de diferentes áreas científicas y de la ingeniería como la aeronáutica, la aeroespacial, la mecánica, la física, la mecatrónica, las matemáticas, la electrónica, las telecomunicaciones, la robótica, la automatización, el control, la computación e informática y la química (Morán y Mayo, 2013), así como el empleo de otras áreas como administradores, abogados, contadores, financieros, expertos en logística, turismo, en construcción y un sin número de áreas técnicas.

3.1.1 La industria aeroespacial como sector global

La industria aeroespacial es una industria global porque en las actividades, que conforman la cadena de valor desde, la investigación, el diseño, las pruebas, la manufactura

y el ensamble, pueden participar distintos países del mundo, inclusive de diferentes continentes. Es la industria en la que se emplea la mayor cantidad de personas especializadas en países desarrollados. Para darnos un panorama del alcance que tiene la industria en el empleo de personal especializado, Niosi y Zhegu (2005) presentan una estimación porcentual de personas empleadas por grupo. Dentro de los más destacados se encuentran los Estados Unidos, que concentra el 49.9 por ciento del empleo de la industria, la Unión Europea con el 35.2 por ciento, considerándola como un conjunto de países entre los que destaca Reino Unido, Francia y Alemania, Canadá con el 7.5 por ciento, Japón con el 2.7 por ciento y el resto del mundo con 5.7 por ciento, en donde participa México con otros países, de un total de 1,220,000 empleos en el año 2000. Para 2009, FEMIA (2012) reporta una cantidad de 2,039,980 empleos a nivel mundial.

Además, los productos aeroespaciales se consideran globales porque la competencia entre empresas también es global, ya que estos pueden ser fabricados en un lugar distinto de donde fueron diseñados. Los altos costos de los productos finales, hacen que los costos de traslado o envío de los diferentes componentes representen sólo una pequeña fracción del costo final del producto. Se reducen las externalidades debido a que los componentes se pueden traer de cualquier parte del mundo.

3.1.2 Organización de la industria aeroespacial

La industria está dividida en niveles de acuerdo a la escala y complejidad de las actividades. Está integrada por empresas Manufactureras de Equipo Original o Prime (OEM) y empresas Tier 1, Tier 2, Tier 3 y Tier 4 (Nivel 1, Nivel 2, Nivel 3 y Nivel 4 respectivamente). Las empresas Prime diseñan e integran los sistemas que conforman a los aviones y helicópteros, prospectan mercados y subcontratan la manufactura de subensambles a empresas Tier 1. Entre ellas se encuentran Airbus (UE), Bell Helicopter Textron (USA), Boeing (USA), Bombardier (CAN), Embraer (BRA), Gulfstream (USA), Dassault (FRA), Cessna (USA) y Eurocopter.

Las empresas Tier 1 se especializan en fabricar los sistemas de propulsión como General Electric, Pratt & Whitney o Rolls-Royce, la aviónica como Honeywell en USA y Sextant Avionique en Francia, y los sistemas de control. Las empresas Tier 2 están encargadas de fabricar la estructura, subsistemas y subensambles como el tren de aterrizaje, carcasas,

sistemas hidráulicos y sistemas de computadora, entre ellas se encuentra Messier-Dowty (France) y Héroux-Devtek (Canada). Las empresas Tier 3 son fabricantes de subensambles electrónicos, sistemas hidráulicos y partes del fuselaje, intensivos en mano de obra. Las empresas Tier 4 son pequeñas y medianas empresas proveedoras de partes y componentes, que se pueden encontrar por cientos en torno a las OEMs o Primes y Tier 1.

Las empresas se encuentran agrupadas en clústeres. Estos están considerados como motores del crecimiento económico regional. Son grupos cercanos de empresas interconectadas e instituciones asociadas en un campo en particular, vinculadas porque sus actividades son complementarias y porque tiene acceso a recursos comunes (Porter, 1998). Los más exitosos son aquellos en donde las empresas construyen redes con fuertes vínculos en su interior y exterior para acceder a recursos y conocimiento (Turkina, Assche and Kali, 2016). Actualmente las empresas Prime y Tier 1 tienden a establecerse en clústeres industriales de países en desarrollo como México y Polonia (Martínez, 2011).

Los clústeres se originan a partir del establecimiento de una o más empresas manufactureras de equipo original OEMs o Tier 1 o Tier 2 que son rodeadas de cientos de empresas Tier 4. Las OEMs en los clústeres aeroespaciales representan un imán para los proveedores. Los elevados costos del establecimiento de las OEMs y Tier 1 hacen que los clústeres sean un fenómeno de largo plazo donde se establecen. El gobierno y las universidades tienen un bajo impacto spillover porque el conocimiento se produce dentro de la empresa. La evolución de las OEMs se amplía del diseño y ensamble completo de aeronaves a la producción de subensambles para otros productores (Niosi and Zhegu, 2005).

Algunos de los principales clústeres en el mundo son: Aeromontreal, Southern Ontario, Greater Vancouver, Nova Scotia, Northwest Florida, Southern California, Hartford-Bridgeport, Wichita, Dallas-Fort Worth-Killeen, Boston area, Central / Eastern Washington, Washington, DC– West Virginia, Suroeste de Ohio, Sur de Arizona, Metro Denver y Norte de Colorado, área de Little Rock, Baltimore-Salisbury, Vermont Aeroespacial y Aviación (VAAA), Georgia, Maine Aerospace Alliance (MEAA), Manchester-Concord, Alabama Norte, Ogden-Salt Lake City, Querétaro, Chihuahua, Sonora Noroeste, Jalisco, Baja California, Estado de México, Hegan Basque, BavAIRia cluster, Lombardía, Madrid, Andalucía, Campaniaaerospace, Rhone-Alps, ASTech París, Suiza, Skywin, Valle

Aeroespacial, Pole-Pegase , Valle de la aviación, HAG, Izmir, FLAG, Transilvania, Siberia, Noroeste, Hamburgo, BBA A, Belfast, Seattle, Nantes and St Nazaire, Toulouse (FRA), Breme, Hamburg, Munich y Stade (Germany)(GER), Chester (UK), Madrid and Seville (Spain), Amsterdam (Netherlands), Gosselles (Belgium), Cincinnati, Ohio, Lynn, Massachusetts, Fort Worth, Texas, Connecticut, Long Beach (CA, USA), Everett (WA, USA), Aerospace Valley (Polonia), São José dos Campos, en Brasil (Niosi and Zhegu, 2005; Martínez, 2011; Morán y Mayo, 2013; Turkina, Assche and Kali, 2016).

3.1.3 División de la industria aeronáutica

La industria aeronáutica puede dividirse en cuatro segmentos de mercado: a) la fabricación de aviones de mayor capacidad (también denominados aviones comerciales), b) la fabricación de aeronaves de menor capacidad (aviones sectoriales), c) aeronaves de aviación general (aviones ejecutivos) y helicópteros, y d) el sector de mantenimiento, reparación y revisión (MRO, por sus siglas en inglés), que puede ser usado tanto en el ámbito civil como militar. Las actividades de servicio de MRO implican la revisión, limpieza, lubricación y sustitución o reparación de pequeñas partes del avión (Chavarria y Carrillo, 2018).

Figura 3.1 *Proveedores TIER 1 del proyecto 787.*

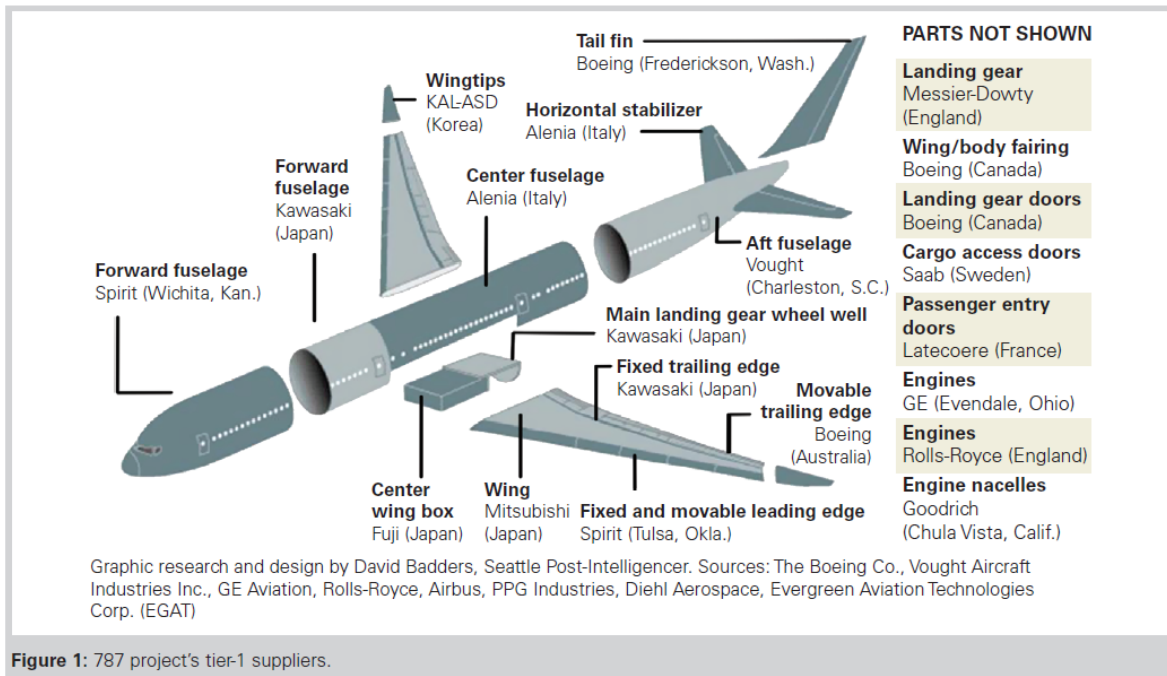


Figure 1: 787 project's tier-1 suppliers.

Fuente: (Shenhar, Holzmann, Melamed, and Zhao, 2016, pp 64).

El ensamble final y la integración de sistemas de una aeronave es realizada por las armadoras o empresas Prime, mientras que el detalle del diseño y manufactura de los principales subensambles indicados en la Figura 3.1, quedan a cargo de las empresas de Nivel 1 (Tier 1). Las empresas Tier 2 están encargadas de fabricar la estructura, subsistemas y subensambles. Las empresas Tier 3 son fabricantes de sub-ensambles electrónicos, sistemas hidráulicos y partes del fuselaje, intensivos en mano de obra. Las empresas Tier 4 son pequeñas y medianas empresas proveedoras de partes y componentes.

3.1.4 Actividades económicas de la industria aeroespacial

Para tener un panorama del conjunto de actividades económicas que se vinculan a la industria aeroespacial, con el apoyo de los sistemas de clasificación estadística: Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte 2018, SCIAN 2018 (INEGI, 2018) utilizado en México, *North American Industry Classification System* (NAICS 2017) de Estados Unidos, el europeo, *The Statistical Classification of Economic Activities in the European Community* (NACE Rev. 2, del francés *Nomenclature statistique des activités économiques dans la Communauté européenne*), y tomando en cuenta las similitudes y diferencias, se hace una compilación de las principales actividades, incluyéndose las asociadas al sector

manufacturero, así como aquellas relacionadas con el sector servicios como se muestra en la Tabla 3.1.

En la generalidad, el sector aeroespacial se asocia con la fabricación y construcción de naves aéreas y espaciales, sin embargo, las actividades vinculadas a éste sector van más allá de la manufactura, incluyen un abanico amplio de servicios que se relacionan simbióticamente para que éste se mantenga operando adecuadamente; entre ellas se encuentran todas las actividades de mantenimiento, reparación, reconstrucción de aeronaves y vehículos espaciales; del establecimiento y administración de la infraestructura para el adecuado tránsito, comunicación, movilidad y resguardo de aeronaves; cuyo fin último es el transporte de personas y de mercancías, la seguridad y defensa nacional así como la exploración del espacio exterior.

En este sentido, la agregación de actividades económicas presentada en la Tabla 3.1 tiene el propósito de mostrar un panorama amplio, pero no exhaustivo, de las actividades asociadas con diferentes sectores manufactureros, donde se encuentra desde la fabricación de aeronaves y vehículos espaciales, hasta la fabricación de partes mecánicas, eléctricas, electrónicas y de comunicaciones asociadas a los diferentes subsistemas que conforman las aeronaves, a su vez relacionadas con la aviación civil y militar; así también, se observan las actividades del sector servicios de traslado de pasajeros y mercancías como de servicios administrativos, legales y de investigación, que en su conjunto nos brindan una idea de la penetración que tiene en la economía el sector aeroespacial.

Tabla 3.1 *Agregado de actividades económicas*

No.	Descripción de actividades económicas
1	Fabricación de aeronaves, de aeroplanos, de avionetas, de helicópteros, de aviones tripulados y no tripulados de control remoto (drones) y robóticos, de globos aéreos y de aire caliente, dirigibles, de planeadores y alas delta, de paracaídas, de cohetes espaciales, de dirigibles aeroespaciales, de cápsulas espaciales, de vehículos espaciales, de aeronaves con propósitos militares y de defensa, de misiles guiados y otros propósitos, incluyendo los respectivos prototipos.
2	Reconstrucción y mantenimiento de aeronaves, avionetas, helicópteros, fuselajes, de turbinas de aeronaves y de equipo aeroespacial.

- 3 Fabricación de equipo aeroespacial, de lanzamiento de aeronaves, de portaviones, de vehículos de lanzamiento, de satélites, de sondas planetarias, de estaciones orbitales, de lanzaderas y de equipos relacionados.
- 4 Fabricación, reconstrucción, reparación y mantenimiento de motores de combustión interna, de pistón, de propulsión de ciclo, de reacción y de unidades de propulsión para aeronaves.
- 5 Fabricación de partes de aeronaves como alas, bombas de motor, cámaras de combustión, de puertas, superficies de control, alerones, asientos, juntas universales, pistones, anillos, cajas de engranajes y carburadores.
- 6 Fabricación de hélices, álabes de rotor y rotores de aeronaves, de turbinas, turbohélices, de turbopropulsores, de turborreactores, de turbojets, de pultorreactores, equipos de propulsión y sus partes.
- 7 Fabricación de sistemas de escape, de tanques de combustible, de trenes de aterrizaje, de estatorreactores, de frenos, de frenos hidráulicos, de transmisión, de fuselajes para aeronaves y de estabilizadores para equipo aeroespacial.
- 8 Fabricación de equipo eléctrico y electrónico como sistemas de iluminación, de orientación para la navegación, de interruptores eléctricos, de medición, de grabación, de encendido, de telecomunicaciones aéreas y satelitales para aeronaves.
- 9 Fabricación y distribución de combustible para aeronaves.
- 10 Fabricación de aeropartes de plástico y hule, de llantas para aviones, de aislantes térmicos y acústicos, y de pinturas para la industria aeroespacial.
- 11 Fabricación de sistemas e instrumentos aeronáuticos, instrumentos infrarrojos para la navegación, de aterrizaje aeronáutico, de navegación aérea, de radar, de instrumentos de motor, altímetros aeronáuticos y de simuladores de vuelo.
- 12 Comercio al por menor especializado de helicópteros, avionetas, aeronaves, partes de aeronaves, refacciones y accesorios nuevos y usados.
- 13 Transporte aéreo nacional e internacional de pasajeros y de mercancías de manera regular y no regular en líneas aéreas.
- 14 Servicios de fletamento aéreo de carga y pasajeros no regular, de alquiler de aviones de transporte con y sin operador, transporte aéreo de carga y pasajeros en vuelos chárter.

- 15 Servicios de transporte y renta de aeronaves con y sin operador para fotografía aérea, publicidad aérea, fumigación, de aerotaxi, de traslado y atención médica en ambulancias aéreas y vuelos especiales.
- 16 Servicios de transporte turístico, recreativo, panorámico y escénico en aviones, avionetas, dirigibles, funiculares, globos aerostáticos, helicópteros, teleféricos, tranvía aéreo, de agencias de viajes y clubes o ligas de aficionados a la aviación, de paseos en paracaídas, parapentes y planeadores prestados por el sector público o privado.
- 17 Servicios de revisión de equipaje aéreo, de seguridad en salas de abordaje, de programación musical para aeropuertos y de manejo de fuego.
- 18 Servicios de comprobación, cambio y reparación de la iluminación de la cabina de pasajeros, unidades de entretenimiento, de cambio de cortinas, de asientos, de fundas de asientos, de paneles interiores, de sistema de mascarillas y de alfombras de aeronaves.
- 19 Construcción, administración, operación y conservación de aeropuertos, helipuertos, terminales aéreas, de pistas de aterrizaje, de campos de vuelo, de plataformas y de rampas para aeronaves.
- 20 Servicios de aterrizaje de aeronaves, de estacionamiento en plataformas de embarque y desembarque de aeronaves, de remolque de aeronaves, alquiler de hangares.
- 21 Servicios de instalación y mantenimiento de señalamientos, de protecciones, de iluminación y de limpieza de pistas de aterrizaje.
- 22 Servicios de reparación, mantenimiento y prueba de sistemas, de equipo de telecomunicaciones, equipo electrónico y demás componentes electrónicos de aeronaves
- 23 Servicios de torre de control, de información de vuelos, de información sobre tránsito aéreo, de información aeronáutica, de indicadores de rumbo y posición para aeronaves, de meteorología aeronáutica, de radio ayudas a las aeronaves, de radio para la navegación aérea, de radiofaros para la navegación aérea y de telecomunicaciones aeronáuticas.
- 24 Servicios especializados de ingeniería e investigación y desarrollo para la industria aeroespacial, operación de satélites, operadores de señales y datos satelitales, prestadores de servicios de señales satelitales, telecomunicación satelital, datos
-

geoespaciales.

Fuente: Elaboración propia con base en (SCIAN, 2018; NAICS, 2017; NACE Rev.2, 2008; y OECD, 2014).

3.1.5 El sector espacial

El sector espacial está considerado como un nicho global de alta tecnología que genera alrededor de 900000 empleos en el mundo. La globalización se está dando por la entrada de nuevos competidores en las cadenas de proveeduría, a través de la cooperación, la contratación y programas de incentivos para la investigación, el desarrollo, el diseño, la manufactura y servicios en el sector. Como buena parte de la tecnología tiene aplicación en el ámbito civil como militar, se abren nuevas oportunidades para la cooperación, la innovación tecnológica, el desarrollo de nuevas aplicaciones, y el fortalecimiento de mercados emergentes, en donde las universidades, a través de la cooperación, tienen acceso a tecnología para su asimilación, mejora y aplicación en nuevos usos, lo que impactaría en una reducción gradual de los costos de investigación y desarrollo de las empresas.

Más específicamente, el sector se asocia con la construcción y lanzamiento de satélites, naves espaciales y plataformas de lanzamiento, sin embargo, existen otras innovaciones más recientes como sistemas eléctricos de propulsión, sensibilidad de sensores, dispositivos ópticos, tecnología de comunicación y aquellas cuyo objetivo es miniaturizar los satélites, con múltiples aplicaciones, que se han convertido en nichos de oportunidad para universidades, centros de investigación e inversores privados, donde no se requiere una larga trayectoria en el sector para integrarse a las cadenas de proveeduría, sino una profunda especialización técnica.

La parte espacial de la industria aeroespacial, a diferencia del sector aéreo, ha sido un sector más reservado, donde inicialmente ha servido a propósitos especiales de exploración y de investigación, no obstante, además de ser un sector donde también se requiere de alta tecnología y de altas inversiones, también ha generado altos ingresos como los reportados en 2013 por la OECD (2014), que ascienden hasta USD\$256.2 billones de dólares a nivel mundial, donde los Estados Unidos, China, Rusia, India, Japón y Francia se posicionan como los países que más recursos económicos destinan al desarrollo del sector espacial, bajo la misma paridad del poder adquisitivo, y a nivel per cápita, son Estados Unidos,

Rusia, Francia, Luxemburgo, Japón y Bélgica. Y en América Latina, Brasil y México invierten 259.2 y 8.5, y a nivel per cápita 1.3 y 0.1 respectivamente (ver Figura 3.2).

Figura 3.2 *Presupuestos espaciales en PPP y per cápita para países seleccionados.*

	Space budget in USD millions (PPP), 2013	Budget per capita
USA	39 332.2	123.2
CHN	10 774.6	7.9
RUS	8 691.6	61.0
IND	4 267.7	3.3
JPN	3 421.8	26.9
FRA	2 430.8	38.0
DEU	1 626.6	20.1
ITA	1 223.3	20.7
KOR	411.5	8.2
CAN	395.9	11.5
GBR	338.9	5.3
ESP	302.9	6.7
BRA	259.2	1.3
BEL	244.8	21.9
IDN	142.0	0.6
CHE	133.0	16.6
SWE	122.0	12.7
NLD	110.5	6.6
TUR	104.3	1.4
NOR	89.6	18.5
ISR	89.3	11.1
POL	80.7	2.1
ZAF	76.4	1.5
AUT	73.0	8.6
FIN	53.9	9.9
DNK	38.2	6.9
PRT	32.2	3.0
GRC	30.3	2.7
CZE	25.4	2.5
IRL	25.3	5.6
AUS	24.9	1.1
LUX	17.0	34.5
HUN	8.9	0.9
MEX	8.5	0.1
EST	5.4	4.0
SVK	4.8	0.9
SVN	2.9	1.4

Source: OECD calculations based on national data and OECD MEI data.

Fuente: (OECD, 2014, pg. 18).

3.1.6 Cadena de proveeduría del sector espacial

Al igual que el sector automotriz y aeronáutico, la cadena de proveeduría del sector espacial está dividida en grupos de empresas, los Primes o fabricantes de equipo original (OEM) y los Tiers o empresas de Nivel 1, Nivel 2, Nivel 3 y Nivel 4, que son proveedores que en su conjunto abarcan desde el diseño y desarrollo, el ensamble, la manufactura de sistemas y componentes de vehículos espaciales, satélites, equipo de lanzamiento y operadores de satélites. Algunas de estas empresas, también participan en el diseño,

ensamble y manufactura de componentes de interés en otros sectores como el aéreo, automotriz, energía, naval, militar.

Fabricantes de equipo original o Primes (OEM), se encargan del diseño y ensamble de sistemas completos de vehículos espaciales, para propósitos comerciales, de interés gubernamental o de agencias espaciales. Algunas de las empresas OEM en el sector espacial se encuentran las americanas Boeing (USA), Lockheed Martin (USA), Space Systems/Loral (USA), Orbital Sciences Corporation (USA); Northrop Grumman Space Technology (USA), Dettwiler and Associates (MDA) (CAN), las europeas Airbus Space and Defence (FRA, DEU), Thales Alenia Space (FRA, ITA), Orbitale Hochttechnologie Bremen (OHB System) (DEU), MacDonald, Alenia Spazio (ITA), Surrey Satellite Technology Ltd (GBR), Krunichev State Research and Production Space Center (RUS), y las asiáticas China Aerospace Science and Technology Corporation (CASC) (CHN), Mitsubishi Heavy Industries (JPN), Israel Aircraft Industry (ISR).

Nivel 1 o Tier 1, son proveedores que intervienen en el diseño, ensamble y manufactura de sistemas y subsistemas, en algunos casos, también se categorizan como empresas OEM porque algunas de ellas son subsidiarias o filiales en el mismo país u otros que proveen sistemas o subsistemas a sus competidores, principalmente en Estados Unidos y Europa, durante los últimos años. En este grupo se encuentran los fabricantes de equipo original arriba citados y otras empresas que se han especializado y desarrollado capacidades específicas en otros subsistemas como las americanas L-3 ETI (USA), Aerojet Rocketdyne (USA), Com Dev (CAN), UTC Aerospace Systems (USA), Teledyne Brown Engineering (USA), y las europeas Snecma (FRA), OKB Fakel (RUS), Ruag (CHE).

Nivel 2 o Tier 2, son proveedores que pueden estar involucrados en el diseño y fabricación de equipo que se ensambla en los diferentes sistemas y subsistemas. Son empresas que deben contar con las capacidades y acreditaciones necesarias con el objeto de mantener las especificaciones de diseño indicadas por las empresas OEM y de Nivel 1, para mantener la calidad, confiabilidad y la entrega oportuna a los menores costos posibles. Juegan el papel de intermediarios porque muchas agencias y empresas espaciales no tratan directamente con proveedores de niveles inferiores, puesto que cuentan con una relación de agentes aprobados, por ejemplo: la ESA incluye Alter Technology Group (Hirex Engineering, FRA; Tecnologica and TopRel, ESP), y Tesat-Spacecom de Airbus (DEU).

Como fabricantes de equipo autorizado: Sodern (FRA), APCO Technologies (CHE), Bradford Engineering B.V (NDL), Selex ES (ITA), Space Engineering de Airbus (ITA), Aeroflex (USA), Raytheon (USA), Kongsberg Gruppen (NOR).

Nivel 3 y Nivel 4 o Tier 3 y Tier 4 respectivamente, son empresas a las que se les encarga la fabricación y producción de componentes y subensambles, que se especializan en la producción de componentes electrónicos, partes eléctricas, partes mecánicas y electromecánicas, como cables, switches, módulos, arneses, tornillería. Tienden a ser pequeñas empresas especializadas o grandes grupos de electrónica con solo una actividad menor vinculada a programas espaciales. En estos niveles quedan incluidos los proveedores de servicios científicos y de ingeniería, que actúan como contratistas de agencias espaciales y de la industria espacial. Se consideran como parte de este grupo a las empresas de ingeniería especializadas o generalistas, así como universidades y organizaciones de investigación. Algunos ejemplos son Composite Optics (EE. UU.), M/A-COM (EE. UU.) y Thales Electron Devices (FRA).

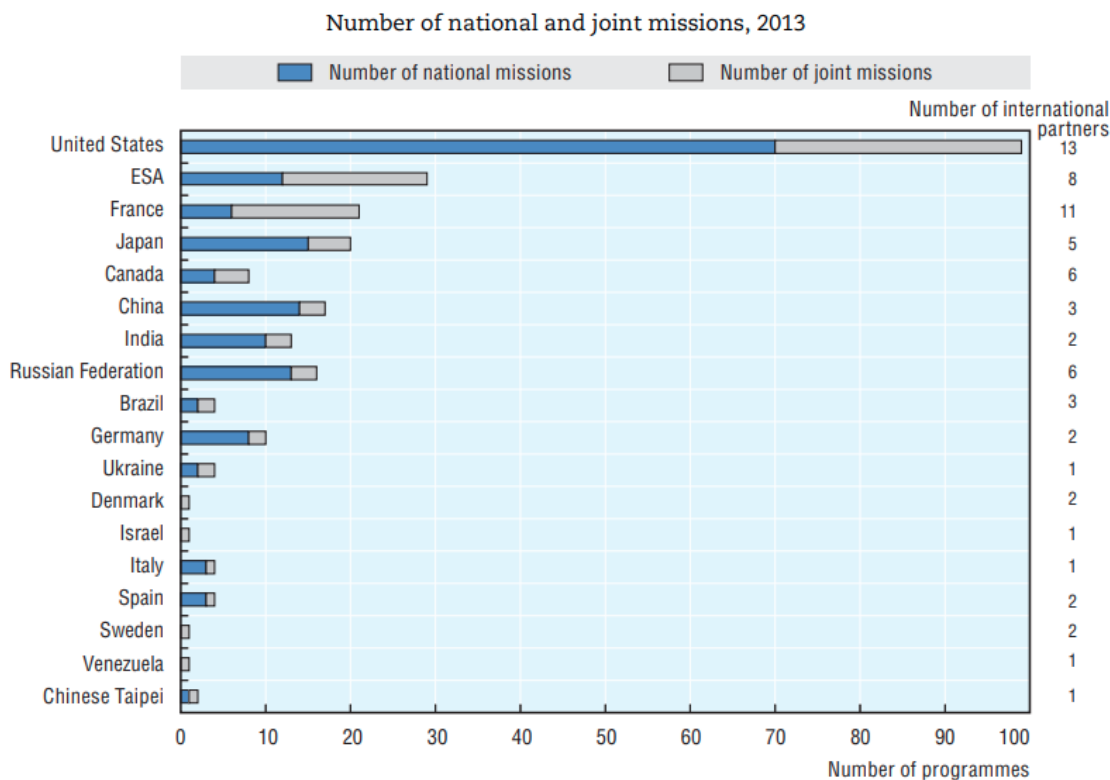
En el sector espacial, los proyectos que se realizan son misiones de amplio espectro, donde se requiere una cantidad importante de recursos e infraestructura tecnológica que en muchas situaciones no está al alcance de un solo país, sino que se crean equipos donde participan con recursos económicos, humanos y técnicos de diversos actores públicos y privados de los países participantes en la misión.

3.1.7 Actores públicos en el sector espacial

Los actores públicos se conforman de dependencias gubernamentales, agencias y comisiones regionales y nacionales cuyo objeto es impulsar el desarrollo tecnológico y la innovación en el sector espacial para la exploración y atención de necesidades específicas, cuyas soluciones representan retos técnicos y económicos importantes. Entre estos actores se encuentran la Agencia Espacial Europea (ESA), la Agencia Espacial Norteamericana (NASA), la Agencia Espacial Mexicana (AEM), la Agencia Espacial del Reino Unido (UKSA), Agencia Espacial Nacional de Sud África (SANSA), la Agencia Espacial y el Centro Espacial Mohammed Bin Rashid de los Emiratos Árabes Unidos (UAE Space Agency), la Agencia Japonesa de Exploración Aeroespacial (JAXA), Agencia Espacial Federal de Rusia (Roscosmos), Grupo de Ciencia y Tecnología Aeroespacial de China

(CAST), cuyos países u organizaciones miembros aportan recursos para atender los retos y misiones establecidas por éstas agencias que se traducen en proyectos y contratos específicos para las instituciones asociadas a dichos actores. Las misiones se realizan de manera individual o en forma conjunta como se muestra en la Figura 3.3.

Figura 3.3 *Satélites en misión ambiental en la órbita baja de la tierra*



Note: Only economies (ESA is an intergovernmental organisation) with joint missions are included. Eumetsat also contributes to selected joint missions with ESA, France and the United States (e.g. Jason missions).

Source: Adapted from WMO, Oscar database, 2014.

Fuente: (OECD, 2014, pp 23).

De los contratos y proyectos específicos, algunos de ellos se realizan como proyectos de investigación y desarrollo tecnológico que consisten en resolver problemas técnicos complejos, donde se requiere la participación de cuerpos de investigación altamente especializados de instituciones y centros de investigación para generar, en algunos casos con apoyo de las empresas, subsistemas o componentes que se integran en el producto final, que puede ser único o de bajo volumen, ensamblados por las agencias espaciales o por fabricantes de equipo original.

3.1.8 Actores privados en el sector espacial

Dentro del grupo de actores privados se encuentran los agentes que integran la cadena de proveeduría como las empresas Fabricantes de Equipo Original, y los Tiers de Nivel 1, Nivel 2, Nivel 3 y Nivel 4 encargados de manufacturar e integrar los múltiples sistemas y componentes mecánicos, electrónicos, dispositivos eléctricos y electromecánicos, así como empresas que brindan servicios de investigación, diseño, desarrollo y pruebas de materiales y componentes, y aquellas empresas encargadas de operar infraestructura de lanzamiento de vehículos espaciales, operación de satélites, proveedores de datos y señales satelitales, y los oferentes de productos y servicios satelitales al usuario final como las telecomunicaciones y televisión satelital. Una de las finalidades últimas de estos actores es obtener beneficios económicos que les permitan cubrir sus costos de operación y de incremento de capacidades tecnológicas que les permitan ampliar su presencia dentro de la cadena de valor del sector (OECD, 2014).

Al margen de los niveles de proveeduría, derivado de las extremas condiciones de temperatura, fricción y vibración a las que son sometidos los vehículos espaciales constituidos de una cantidad importante de componentes, la incorporación de nuevos elementos a las tecnologías ya probadas y validadas se pueden considerar maduras cuando éstas se han probado en vuelo y cumplido con éxito alguna misión espacial. Para esto, la NASA ha introducido un abanico de nueve niveles para valorar la madurez de una tecnología espacial, cuya adopción se ha ido socializando y aceptando como el estándar de referencia por las organizaciones del mismo sector. Los niveles 1-4 se refiere a las etapas de investigación básica, los niveles 5 y 6 se asocian a la fase de pruebas y demostración, el nivel 7 es la etapa donde el prototipo es sometido a pruebas en ambientes espaciales, en el nivel 8 la tecnología es integrada en equipos en operación o sistemas mayores, y el nivel 9 es cuando la tecnología es probada en vuelo y ha cumplido exitosamente con una misión espacial (OECD, 2016).

3.2 Antecedentes de la industria aeroespacial en México

3.2.1 La Aviación en México

Actualmente es clara la separación que existe entre la aviación civil y militar, sin embargo, en sus inicios la aviación surge a partir de la disposición en el mercado de una nueva tecnología, donde la confiabilidad y las aplicaciones fueron definiendo los usos predominantes, que brindaron los elementos para agrupar las actividades y acuñar los términos de aviación civil o comercial y aviación militar. A continuación, se brinda un panorama sobre los orígenes y la evolución de la aviación en México, con dos apartados, uno asociado a la aviación militar y el otro a la aviación civil o comercial.

3.2.2 La Aviación Militar en México

Este apartado se desarrolla con base en antecedentes, principalmente documentados por historiadores de la Fuerza Aérea, destacando eventos y hechos históricos relevantes, y contribuciones tecnológicas que coadyuvaron al desarrollo de la aviación como sector, a partir de la formación de recursos humanos especializados, de la creación de infraestructura aérea, y de desarrollos tecnológicos que en su conjunto, formaron la plataforma que sustentó y se adaptó a las nuevas condiciones sociales, económicas y políticas de lo que hoy en día se puede considerar como la Fuerza Aérea Mexicana. Además de contribuir de soporte de la aviación civil en sus inicios.

Haciendo más tangible el alcance del concepto de Fuerza Aérea Mexicana, la SEDENA se refiere a él como la totalidad del equipo aéreo y al personal que lo asiste, que es utilizado por el Colegio del Aire, el Ejército, el Estado Mayor Presidencial, las Unidades Aéreas y demás Dependencias (SEDENA, 2015).

3.2.3 El origen de la aviación militar en México

Los orígenes de la aviación militar en México se remontan a los inicios del siglo XX, cuando el presidente Porfirio Díaz se percató del potencial bélico de la aviación y procuró incluirla dentro de las fuerzas armadas de México (Ávila, 2016). En 1909 se instruyó enviar a Nicolás Martínez y Federico Cervantes a Francia, a aprender a manejar globos y dirigibles. En abril de 1911, Federico Cervantes sería el primer mexicano en recibir el título

de Piloto Aeronauta y en octubre del mismo año el de Aviador por el Aero Club de Francia. Más tarde, Nicolás Martínez, se titularía de Aerostato también en Francia. Cabe destacar que este evento, sucede 60 años después de la construcción del primer globo aerostático por un mexicano en 1842 y 59 años posteriores al primer vuelo en Francia que registra la historia en 1783 y 133 años ulteriores al primer antecedente de vuelo en globo en 1709 en Brasil, en condiciones poco documentadas (Moreno, 1993).

Consciente de la importancia estratégica de la aviación en el ámbito militar, en la administración del presidente Madero, se adquirieron cinco aeroplanos a los hermanos Misant, incluyendo la formación técnica de un grupo de aviadores mexicanos. Por este hecho, 1911, se tiene considerado como el año donde ocurrió el primer vuelo de un Jefe de Estado. Ante la utilidad de las aeronaves en las distintas actividades prioritarias para el Estado, es como en 1912 se impulsa la formación de cuadros con la autorización de 5 oficiales para estudiar becados en los Estados Unidos la carrera de piloto aviador, y un año después, otros 30 subtenientes se envían a estudiar aviación en Francia (Macías, 2015).

Los usos que se les dieron a los primeros aeroplanos, de manufactura extranjera, en un contexto de fuerte inestabilidad política (1913), fueron los vuelos de reconocimiento, ataques desde el aire y como bombarderos. Una muestra de lo estratégico que era para la actividad militar el uso de las aeronaves, es el hecho que se ha documentado como el primer combate aeronaval mundial, ocurrido en Topolobampo, Sinaloa el 14 de abril de 1914, con un biplano Martin Pusher.

Como resultado del estallido de la primera guerra mundial en 1914, la compra de aeronaves se dificultó para el gobierno mexicano porque la prioridad de los fabricantes estaba vertida al abastecimiento de los países aliados involucrados en la guerra. Ante esta limitación y derivado de los buenos resultados obtenidos por el uso de aeronaves contra las fuerzas federales, Venustiano Carranza como líder de las fuerzas constitucionalistas consideró la posibilidad de establecer una industria aeronáutica propia para la compañía. Esta coyuntura ocasionó que durante los siguientes años se capacitarán recursos humanos y se estableciera infraestructura que soportara esta intención. Para 1915, en la fábrica de municiones del Ejército Constitucionalista, se armaban bombas de dinamita que eran utilizadas en ataques aéreos contra las fuerzas anticonstitucionalistas. Mientras tanto, para

esta época en Europa apenas se iniciaba la experimentación de ametralladoras para aeronaves (Hansen, 2006).

El 5 de febrero de 1915 Don Venustiano Carranza expide el decreto mediante el cual se crea el Arma de Aviación Militar, antecesor de la Fuerza Aérea Mexicana, y el 15 de noviembre de 1915, se inauguran oficialmente los Talleres Nacionales de Construcciones Aeronáuticas (TNCA) para la producción de aviones, motores y hélices en nuestro país, constituyendo un motivo de orgullo por emplear exclusivamente tecnología mexicana (Macías, 2015).

En estos Talleres Nacionales se construyeron aviones de las series A, B, C, E, G y H con motores Aztatl y México SS de manufactura nacional (SEDENA, 2015). De acuerdo a Macías (2015), entre 1917 y 1920 se desarrollaron 38 aviones biplanos "TNCA-SERIE "A" en los que se adaptó el motor "Aztatl" y la hélice "Anáhuac" de construcción totalmente nacional y según Chías (1981), entre los años de 1916 y 1929 se alcanzaron a construir 122 planeadores en los Talleres Nacionales de Construcciones Aeronáuticas.

Un antecedente importante en el origen de la aviación militar es el citado por Hansen (2006), y tiene que ver con la visita que realizaron Carranza y Santarini a las empresas aeronáuticas más importantes en los Estados Unidos con el objeto de estudiar los procesos de fabricación de aviones y formas de organización con el propósito de adaptar y contextualizar las formas estudiadas. Derivado de esto surgieron los talleres nacionales. Esto pone en evidencia el papel preponderante que tiene el Estado en la generación de capacidades tecnológicas para el desarrollo de industrias, apoyándose entre otras herramientas, de la transferencia, la adopción y la asimilación de tecnologías como el resultado de la voluntad de generar una capacidad.

3.2.4 Formación de recursos humanos

En materia de recursos humanos, para la formación de los pilotos aviadores en México, se crea la Escuela Nacional de Aviación el 15 de noviembre de 1915, estableciéndose en los Campos de Balbuena, Ciudad de México. Para 1917, la Escuela Nacional de Aviación, cambia su nombre por el de Escuela Militar de Aviación, adquiriendo relevancia por ser este año en el que se instituye el primer reglamento del Plantel. En febrero de 1922, la ubicación y el nombre son cambiados, denominándose Escuela Militar de Aeronáutica y se

establece en el Parque de Ingenieros, en Arcos de Belén, Ciudad de México (SEDENA, 2019).

En la década de los cuarentas se dio otro impulso a la aviación militar mexicana con la declaratoria de guerra a los países del eje en 1942, que derivó en la participación de México en la Segunda Guerra Mundial con el Escuadrón 201, para lo cual, se adquirió y modernizó la flota aérea. Esta intervención se caracterizó por el envío de un grupo de mexicanos para su entrenamiento y capacitación en el arte de la aviación militar, lo que los expuso a nuevos conocimientos técnicos y tácticos que se usaron en los vuelos de reconocimiento y defensa aérea americana durante la guerra (Rios, 2016).

Durante el periodo posterior a la guerra, como una actividad previsoría, fue necesario la adquisición y formación de cuadros, que si bien, tanto aeronaves como la capacitación y formación de técnicos, pilotos y paracaidistas se realizó por instancias americanas, en México se continuó impulsando la formación de recursos humanos con la integración de escuelas en lo que se conoce actualmente como el Colegio del Aire que está constituido por los planteles de la Escuela Militar de Aviación, la Escuela Militar de Especialistas de Fuerza Aérea y la Escuela Militar de Mantenimiento y Abastecimiento (Aguilar, 2016). Las capacidades técnicas que se impulsan son el Abastecimiento de Material Aéreo, Mantenimiento de Aviación, Armamento Aéreo y Electrónica de Aviación, Aerología, Control de Vuelo y Meteorología.

Lo anterior no fue una situación aislada, sino el resultado del deseo político por desarrollar una capacidad militar aérea e impulsar así, la adquisición de aeronaves y la formación de recursos humanos especializados en temas de aeronáutica, enviándolos a prepararse en los países donde se estaban gestando los avances más significativos de la época. Esto generó una masa suficiente de recursos humanos e infraestructura que llevó a estudiar el funcionamiento de aeronaves extranjeras y así generar la teoría y el diseño para la construcción de aeronaves de manufactura nacional. Dentro de la literatura, se menciona el tema del diseño, una materia que jugó un papel relevante e indispensable en la construcción de aeronaves de origen mexicano, actividad que disminuyó de intensidad con la modernización de la flota nacional con aeronaves de origen extranjero, como la menciona Solórzano (2016).

3.2.5 La Aviación Civil en México

La aerostática, como campo de estudio de las leyes que rigen el equilibrio del aire y los demás gases en estado de reposo, fue la disciplina que precedió a la aeronáutica, y en la que se desarrollaron los primeros medios de transporte bajo el principio de flotabilidad. Los primeros casos reportados en la literatura de un vuelo en globo se remontan al año de 1709 en Brasil, en condiciones poco documentadas, como una situación anecdótica, razón por la cual se considera como el primer vuelo documentado, el realizado en Francia en 1783. El primer globo aerostático construido por un mexicano ocurre hasta el año de 1842 (Moreno, 1993).

Técnicamente, la aviación surge a partir de la puesta en el aire del primer artefacto capaz de volar. Así, la primera aeronave capaz de elevarse de forma controlada fue la desarrollado por los hermanos Wright que se elevó por primera vez en 1903. Es el resultado de la agregación de tecnologías, como el desarrollo e incorporación del primer motor de combustión interna, desarrollado por el alemán Gottlieb Wilhem Daimler en 1883, que potenció el desarrollo de la aeronáutica (Romero, 2011) y el desarrollo de técnicas que permitieron el control de las aeronaves. En sus orígenes, tanto los primeros vuelos en globo como las elevaciones de los aeroplanos, eran actividades destinadas al espectáculo, el entretenimiento y el deporte.

Se considera que la aviación comercial surge en el año de 1914, después de que los empresarios vieron a las aeronaves como medios para obtener utilidades. Para 1919, países como Alemania, Francia, Inglaterra y Holanda contaban con compañías aéreas y en 1920, se crea la *Aeromarine Sightseeing, Navigation Company* y *Pan American Airways* (Pan Am) en EEUU (Chias, 1981). En sus inicios la aviación comercial ofrecía el servicio postal aéreo que en su momento resultó ser más rentable que el traslado de personas.

3.2.6 Inicios de la Aviación Civil en México

Por sus aportaciones a la industria aeronáutica, Juan Guillermo Villasana es considerado el padre de la aviación mexicana, fundó en 1909 la Sociedad Impulsora de Aviación, diseñó la hélice Anáhuac en 1915, que contribuyó en su momento a mejorar la eficiencia de las aeronaves (Macías, 2015), cuya implementación permitió establecer un nuevo record de altura de 19,700 pies sobre el nivel del mar, al mostrar mejor rendimiento que otras hélices

comerciales europeas, además de exportarse a Japón (Romero, 2011), y participó activamente en el nacimiento de la aviación civil y militar.

El 8 de enero de 1910, Alberto Braniff, después de varios intentos logró realizar el primer vuelo registrado en México sobre los llanos de Balbuena D.F., con un biplaza Voisin de origen francés, después de que se realizaran algunos ajustes al carburador de la aeronave (Macías, 2015; Ávila, 2016). Y después de desarrollarse e implementarse una nueva gasolina con tecnología local, que más tarde se convertiría en un insumo en la actividad aérea, ante la necesidad de dar más potencia al motor de la aeronave de Braniff para sobrevolar a la altura de la Ciudad de México (Lazarin, 2004).

Otros desarrollos mexicanos que dieron cuenta de las capacidades tecnológicas que se estaban creando en la aviación, impulsadas por las necesidades estratégicas que demandaba la revolución de 1910, es la construcción del primer aeroplano fabricado por mexicanos para el ejército, diseñado por Juan Guillermo Villasana en 1915. Posteriormente en 1917, surge el primer correo aéreo del país. Se realizan las primeras maniobras acrobáticas con la primera vuelta invertida *“loop the loop”* y se impone una marca de altura de 2,800 metros sobre el nivel del valle de México, ambos con un TNCA-SERIE A No. 26, y se realiza el primer vuelo nocturno con un TNCA-SERIE A No. 36, en 1918 de manufactura nacional (Macías, 2015).

3.2.7 La aviación comercial en México

Se puede decir que en México, la aviación comercial surgió en 1921, con la primera concesión que se otorgó a Mexicana de Transportación Aérea de capital norteamericano, de la cual surgió Mexicana de Aviación en 1924, cuyas actividades principales eran el correo aéreo. En 1929, Pan American Airways (Pan Am) compró las acciones de Mexicana de Aviación, y eventualmente fue adquiriendo pequeñas empresas de aviación mexicanas que operaban en el interior del país, aunque mantuvo la razón social, el capital seguía siendo americano (Chias, 1981).

En 1934, un grupo de empresarios mexicanos fundaron Aeronaves de México, S. A., conocido hoy como Aeromexico, que para 1940, el 40% de sus acciones eran propiedad de la americana Pan Am. Ese mismo año, el gobierno concedió otra licencia a la empresa americana American Airlines, Inc., lo que significó una competencia para la aviación

mexicana. Un dato a destacar en la aviación mexicana es que entre 1940 y 1945 surgieron numerosas pequeñas aerolíneas que ofrecían exclusivamente transporte de mercancías, como: chile, café y minerales, en donde para esa fecha se contaba con 300 concesiones otorgadas en México (Chias, 1981).

Como se puede observar de acuerdo a los antecedentes, la aviación mexicana se encontraba mayoritariamente en manos de inversionistas extranjeros. Las aeronaves que se utilizaban para transporte de personas también eran de procedencia extranjera. En 1957, el Estado adquiere el 100% de Aeromexico, lo que le permitió controlar rutas nacionales e internacionales clave, como resultado de la tendencia mundial de controlar la aviación por considerarla como una actividad estratégica. En 1970, cuando Mexicana de Aviación se encontraba al borde de la quiebra, también el Estado entro al rescate convirtiéndose así en una empresa 100% mexicana.

Es a partir de la Segunda Guerra Mundial que el tráfico de pasajeros se incrementó, asociado al turismo internacional en la mayoría de los países del mundo, actividad principalmente realizada por las aerolíneas norteamericanas. Después de la Guerra, los avances tecnológicos permitieron que la aviación se consolidara como medio de carga de mercancías y sobre todo, permitieron ante la tranquilidad mundial, que el turismo se incrementara y la demanda de aviones de pasajeros creció.

3.2.8 Desarrollo de la aviación durante el periodo postrevolucionario 1920 – 1940

Durante 1920 a 1940, el periodo posrevolucionario, estuvo marcado por diversos conflictos, levantamientos y movimientos armados que motivaron el impulso de la aviación mediante la adquisición de aeronaves cada vez más modernas con la capacidad de atender las necesidades de reconocimiento y observación en las diferentes regiones del país en donde se estaban gestando actividades armadas, aunado al mayor dominio del arte de volar, la ingeniería e infraestructura aérea. Las necesidades que motivaron la gradual modernización de la flota aérea fueron las de reconocimiento, bombardeo y ametrallamiento de grupos rebeldes durante ese periodo (Méndez, 2016).

Es interesante observar que en México como en el mundo los conflictos armados fueron un motor que aceleró la investigación y el desarrollo tecnológico en la aviación militar. Avances que gradualmente se fueron transfiriendo para su uso en el ámbito comercial. De

esta forma, la aviación civil paulatinamente fue desarrollándose como una industria. No queda duda que durante las tres primeras décadas del siglo XX se generaron importantes capacidades tecnológicas en la aeronáutica mexicana. Muestra de esto fue la construcción de un helicóptero entre 1922 y 1923 por Juan Guillermo Villasana, quien también como Director de Aeronáutica Civil de México por cuatro periodos, creó el primer avión de América Latina, construido en México (Macías, 2015).

Otros ejemplos de esta capacidad aeronáutica nacional, son los descritos por Solórzano (2016), donde menciona que por instrucciones del gobernador Abelardo L. Rodríguez se implementó una ensambladora de aviones en Tijuana, Baja California en 1928, lo cual es una muestra de la capacidad técnica que para entonces se poseía. Si bien estas descripciones no precisan el alcance de las actividades específicas que se realizaban, si dejan ver la capacidad técnica de ensamble y posiblemente diseño. Asimismo, a partir de la segunda década del siglo XX se realizaron varios vuelos con el propósito de poner a prueba la capacidad de las aeronaves bajo la bandera de vuelos de buena voluntad, que se realizaron a distintos países de Latinoamérica como El Salvador, Uruguay, Paraguay, Bolivia, Chile, Ecuador, Perú, Colombia, Cuba y los Estados Unidos, lo cual generó el reconocimiento a la capacidad técnica y a los pilotos mexicanos.

Durante la misma época, en otros países en donde el entendimiento de las variables físicas que permitieron la aviación, estaba más avanzado, también se estaban generando otros desarrollos o descubrimientos como el caso de los españoles Juan de Cierva y Ramón Franco, quienes diseñaron y construyeron un helicóptero y un hidroavión respectivamente. Asimismo, también se estaba gestando la histórica travesía de Charles Lindberg, en 1927, al ser el primer hombre en cruzar por aire el Océano Atlántico (Lazarin, 2004).

El inventario aéreo militar nacional presentado por Macías (2015), entre mediados de los 20's, y hasta antes de la Segunda Guerra Mundial, da evidencias del desgaste de la aviación mexicana, al estar principalmente conformada por aeronaves de procedencia extranjera, pese a las licencias para el armado de algunas de ellas, la capacidad de diseño y de construcción, como menciona Macías, "se finaliza tristemente la época dorada de los diseñadores y constructores aeronáuticos de nuestro país" (pp 18). ¿Qué fue lo que hizo que la aviación mexicana perdiera el impulso y continuara construyendo nuevas aeronaves?

Existen varios acontecimientos que contribuyeron al debilitamiento de la capacidad, la recesión económica e inestabilidad política que precedió a la Revolución Mexicana, la expropiación petrolera de 1938, que deprimió la inversión extranjera, el no permitir la introducción de nuevas tecnologías, el no permitir la formación de expertos en el extranjero. Otro antecedente importante mencionado por Chias (1981) es el tratado de Bucareli firmado en 1923, citando a Villareal Cárdenas, el cual menciona que “súbitamente se recibieron órdenes de cesar toda construcción e inclusive de que un número elevado de aviones que ya se encontraban a punto de ser terminados fueran destruidos” (Villareal, 1954) (pp. 265) en los Talleres Nacionales.

3.2.9 La aviación militar durante el periodo 1940 – 2000

Una vez superado el periodo posrevolucionario, a nivel mundial se presentó una etapa de desarrollo tecnológico en distintos ámbitos industriales que coincidió con el desarrollo de la Segunda Guerra Mundial. Frente a este panorama, México no fue la excepción, después de venir de un periodo con una tendencia poco favorable, con las limitaciones propias del contexto se vio en la necesidad de modernizar la flota aérea. Muestra de esto, Macías (2015) reporta un inventario de 131 aeronaves previo a la Segunda Guerra Mundial, contra 307 aeronaves después de la declaración de guerra de México a los Países del Eje el 28 de mayo de 1942.

En esta ocasión, las necesidades del momento por contar con una flota que defendiera al país de cualquier ataque enemigo, en parte motivó la adquisición de nuevas aeronaves de manufactura extranjera. Con esto, la aviación nacional militar tomó una dirección en donde bajo el plan de modernización, la dependencia tecnológica desplazó al diseño y construcción de aeronaves con tecnología mexicana como en el pasado.

Una vez terminada la Segunda Guerra Mundial, el uso que se le dio a la flota de aviones consistió principalmente en vuelos de reconocimiento, el traslado y abastecimiento de provisiones, a zonas afectadas por los diversos fenómenos naturales y huracanes que azotaron las costas del golfo y pacífico mexicano. Con motivo de la modernización de la flota aérea, para 1952, menciona Macías (2015), no existían instalaciones en el interior del país, con el equipamiento adecuado para brindar el mantenimiento que requerían las aeronaves, excepto las de los Talleres Nacionales de Construcción Aeronáutica, en donde

se estableció la Escuela Militar de Mecánicos Especialistas de Aviación. En ese año, también se cerró el Aeródromo Nacional de Balbuena y abrió el de Santa Lucía, así como se inauguró la terminal de pasajeros del Aeropuerto Central de México, ahora Aeropuerto Internacional Benito Juárez de la Ciudad de México.

Para 1955 se contaba con 18 bases aéreas militares, en donde el 80% de la flota se encontraba varada en tierra por falta de mantenimiento o aeropartes, lo que motivó su traslado por tren a los Talleres Nacionales para su mantenimiento. Esta información confirma la aseveración acerca de que la modernización de la flota fue en detrimento de las capacidades en áreas altamente especializadas, al dejar en manos del fabricante o talleres especializados la generación o proveeduría de partes complejas para la rehabilitación de las aeronaves.

En la década de los ochentas, la Fuerza Aérea Mexicana adquirió aeronaves que modificó y adaptó para uso de carga. Si bien estas aeronaves no eran nuevas, la capacidad desarrollada hasta el momento les permitió modernizarlas y acondicionarlas a las necesidades requeridas. Tal es el nivel de la capacidad técnica o rezago en la flota que para 1997, uno de estos aviones Hércules, ostentaba el record de ser el avión más longevo del mundo en servicio, construido en 1956.

De igual forma, se fueron adquiriendo aeronaves tecnológicamente más sofisticadas con propulsión a chorro, supersónicas, con turboreactores y a reacción durante los siguientes años, algunos se mantuvieron operando hasta 2008. Para el 2013, la Fuerza Aérea Mexicana cuenta con más de 400 aeronaves de ala fija y cerca de 150 de ala rotativa en condiciones funcionales (Macías, 2015).

El perfil de la flota aérea que posee la fuerza aérea mexicana se caracteriza por ir adquiriendo aeronaves de carga, cada vez más modernas, debido a la gran actividad del grupo de apoyo a desastres dentro del Plan DN-III. Esto ha generado un perfil de especialización en el que como se ha dejado entrever, derivado del incremento de la capacidad técnica en el área de mantenimiento se ha logrado alargar la vida útil de las aeronaves utilizadas en este fin, para apoyo a desastres naturales no sólo nacionales sino también en otros 20 países como lo indica Macías (2015). En este sentido la fuerza aérea mexicana tiene un alto nivel técnico para adaptar, adecuar y mantener las aeronaves que si

bien no son de origen mexicano, se han asimilado como si lo fueran. Pero falta aún dar ese último paso, el de crear aeronaves de manufactura mexicana.

Lo anterior tiene implicaciones importantes que no se tomaron en cuenta en la carrera tecnológica de la aviación, como el avance tecnológico que estaba ocurriendo en otros países a pasos más acelerados, ante las nuevas necesidades de las actividades económicas que demandaban a la industria aeronáutica. Si bien disminuyeron las actividades de diseño y construcción de aeronaves mexicanas a nivel militar, se fortaleció la capacidad técnica al tener acceso a aeronaves de distintos países, técnicamente más avanzadas.

3.2.10 Retos de la aviación nacional

La adquisición de aeronaves de origen extranjero desde los cuarentas hasta la fecha, ha planteado retos importantes para la fuerza aérea mexicana, sobre todo en la adquisición de aeropartes para mantenimiento o de repuesto, tanto de índole mecánico como electrónico, sobre todo porque se requieren proveedores de diversos países. La obsolescencia tecnológica de la flota representa otro reto, principalmente por la incompatibilidad entre los sistemas de navegación y comunicación que hacen incosteable su actualización. Las fallas recurrentes de las aeronaves demandan recursos humanos y materiales. La ausencia de tecnología aeronáutica nacional obliga a la aviación civil y militar a adquirir aeronaves, refacciones y los servicios de mantenimiento en el extranjero o en talleres nacionales especializados, generando una dependencia tecnológica.

Se estima que dentro de los próximos 30 años se continuará dependiendo de las empresas extranjeras para mantener la operatividad de las aeronaves si no se invierte en el desarrollo de tecnología y fabricación de aeronaves de manufactura nacional. Actualmente la Fuerza Aérea Mexicana cuenta con 349 aeronaves, de las cuales 131 son helicópteros y 218 aviones. En cuanto a aeronaves no tripuladas (drones), México se ha introducido al sector con naves fabricadas en México y con tecnología propia (C. G. Fuerza Aérea Mexicana, 2016). Históricamente se han comprado aviones españoles, alemanes, franceses, estadounidenses, ingleses, galos, suecos, argentinos, suizos, israelíes, rusos, ucranianos, brasileños y de la República Checa.

Una forma particular de abordar el impacto económico del eslabonamiento en la aviación es el presentado por Lazarin (2004), en donde deja ver que la modernización

implica transferencia de tecnología, antes que la creación de tecnología, también se requiere inversión de empresarios y la creación de instituciones. Destaca que la industria aérea va más allá de la construcción de aeronaves, también es la operación y mantenimiento de los aviones, la transportación de pasajeros y mercancías, la construcción de infraestructura necesaria como aeródromos y aeropuertos y la creación de un sistema de educación especializada. Concluye que el bajo desarrollo industrial del país no permitió que los eslabonamientos generaran efectos multiplicadores, haciendo que las empresas mexicanas compraran aeronaves de fabricación extranjera, porque se carecía de la industria local que pudiera reparar y fabricar piezas de repuesto de los aviones.

3.3 La industria aeroespacial en México

La industria aeroespacial en México está integrada por los sectores aeronáutico y espacial. La información que se presenta a continuación es el agregado de los sectores, es decir, no se distingue entre la parte aeronáutica y la espacial. Esta industria se considera estratégica para el país por varias circunstancias, por su relevancia en el número de empleos que genera, por el efecto que produce hacia otros sectores de la economía, por su posición geográfica en relación con los Estados Unidos y Canadá, donde se encuentran dos de los polos de desarrollo más importantes del mundo, Seattle y Quebec, y por su contribución al desarrollo económico, industrial y social del país.

La información se aborda entorno al valor de algunos indicadores económicos que por un lado dimensionan el tamaño de la participación de México en el escenario Mundial y por el otro brindan un panorama general de la industria aeroespacial en México.

3.3.1 Estado de la industria aeroespacial en México

A continuación, se presenta un breve panorama del estado que guarda la industria aeroespacial en México. Para brindar una fotografía de la situación, se toma como referencia principalmente la información registrada por la Federación Mexicana de la Industria Aeroespacial (FEMIA) durante los últimos años. Primero que todo, es importante posicionar a México en el mundo, es decir, que posición ocupa con base en su valor de producción entre los países que forman parte de la cadena global del sector aeroespacial, esto permite de inicio dimensionar el alcance del sector en México y así, desagregar los

componentes del sector en esta dimensión. A este respecto, Secretaría de Economía (2017) sitúa a México como el número 14 de una relación de 20 países, con un valor de la producción de 3.8 miles de millones de dólares de 582.6, es decir con una participación del 0.65% de la producción mundial (ver Figura 3.4).

Figura 3.4 *Principales países productores, 2015 (miles de millones de dólares).*

Rank	País	2015
1	United States	277.4
2	France	83.6
3	United Kingdom	41.3
4	China	39.4
5	Germany	33.9
6	Japan	18.7
7	Canada	16.2
8	Russia	11.1
9	South Korea	8.3
10	Italy	7.0
11	Brazil	5.7
12	Singapore	4.9
13	Spain	4.1
14	Mexico	3.8
15	Switzerland	3.6
16	Malaysia	2.5
17	Australia	2.2
18	Sweden	2.2
19	Philippines	1.5
20	Israel	1.4
	Others	13.7
	Total	582.6

Fuente: ProMéxico con información de IHS

Fuente: (Secretaría de Economía, 2017, pp 4).

Por otro lado, PriceWaterhouseCoopers (2020) en su índice de manufactura de la industria aeroespacial posiciona a México en el lugar 40 de 100 países. Este índice de

manera general pretende mostrar que tan atractivo es el país para invertir en el sector aeroespacial, toma como referencia indicadores relacionados con mano de obra, infraestructura, industria, riesgo geopolítico, economía, costos y política de impuestos. Brodzicki (2020), en su reporte global de exportación de productos y partes aeroespaciales 2019 sitúa a México como el país número 17 de 30, con 3.5 billones de dólares americanos en exportaciones. De acuerdo al reporte estadístico de la industria aeroespacial y de defensa de los Estados Unidos 2020, México se sitúa como el décimo lugar de sus exportaciones con un monto de 4.4 billones y en la posición seis en importaciones con 3.2 billones de dólares americanos, es decir, envían más de lo que reciben (AIA Aerospace Industries Association, 2020).

3.3.2 El empleo en la industria aeroespacial en México

De acuerdo con la información de la Federación Mexicana de la Industria Aeroespacial FEMIA (2017), en los últimos diez años, el sector ha tenido un comportamiento creciente en el número de empleos, al pasar de 10,000 en el año de 2005 a 50,000 empleos estimados en 2016 (Tabla 3.2). De igual forma, pese al incremento de empresas y empleos estimados, el número de empleados promedio por empresa ha tenido un comportamiento a la baja. Esto puede reflejar dos situaciones, primero que las empresas grandes están creciendo y requieren cada vez más personal poco calificado o en general las empresas están contratando personal cada vez más calificado y menos operativo.

Tabla 3.2 *Evolución del número de empresas y empleos en la industria aeroespacial mexicana*

Año	Empresas reportadas	Empleos estimados	Empleos promedio por empresa
2005	61	10,000	164
2006	109	10,500	96
2007	150	16,500	110
2008	160	21,000	131
2009	199	27,000	136
2010	238	29,000	122
2013	267	34,000	127

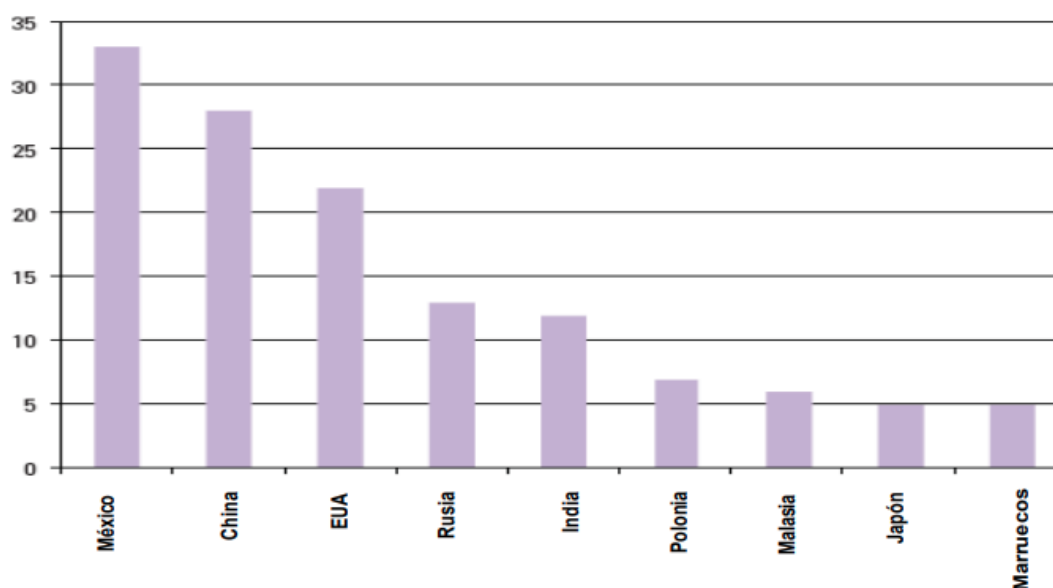
2014	270	34,000	126
2016	330	50,000	152

Fuente: Elaboración propia con datos de FEMIA (2012, 2014 y 2016).

3.3.3 La inversión extranjera directa en la industria aeroespacial en México.

Se ha mencionado que el sector aeroespacial, por las particularidades que lo caracterizan, los gobiernos de países en desarrollo se están interesando cada vez más en traer inversiones de empresas del sector, sobre todo porque son inversiones de largo plazo y funcionan como imanes para otras del mismo sector. En esta tarea, derivado de los distintos esfuerzos por mejorar la participación del país en el mercado global, México se encuentra dentro de los países que mayor inversión extranjera directa (IED) han registrado en los últimos años. Incluso superiores a las captadas por estados Unidos, China, Rusia e India (FEMIA 2012). Finalmente, esta inversión se ve reflejada en el incremento de empresas de los últimos años del sector (ver Figura 3.5).

Figura 3.5 *Inversión de la industria aeroespacial en actividades manufactureras de 2009 (MUSD)*

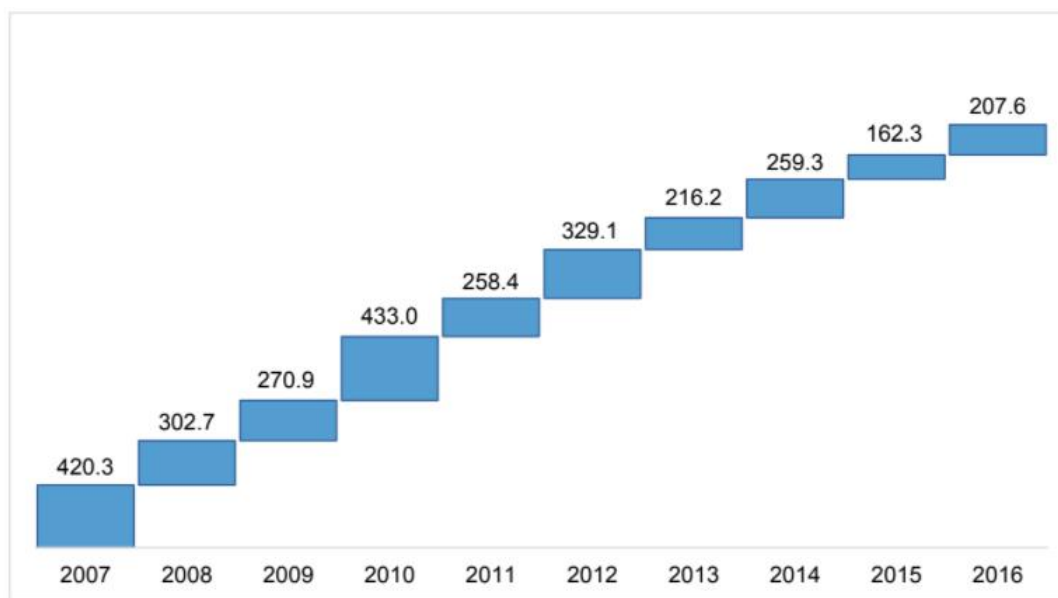


Fuente: AeroStrategy analysis

Fuente: (FEMIA, 2012, pp 5)

El impulso que las organizaciones le han dado a la inversión extranjera directa, en paralelo con las inversiones públicas para mejorar y acrecentar la infraestructura, orientada a integrar ecosistemas propicios para el desarrollo de las actividades del sector, se ha visto reflejado con las inversiones realizadas durante los últimos años. Si bien estas inversiones son relativamente pequeñas en comparación con el valor del mercado, éstas se han realizado en forma constantes ascendiendo a 2,860 millones de dólares de Inversión Extranjera Directa durante el periodo 2007 -2016, de los cuales el 85% se ha orientado a la fabricación de quipo y el 15% para actividades de mantenimiento y reparación (ver Figura 3.6).

Figura 3.6 *Flujos de IED Aeroespacial (millones de dólares).*



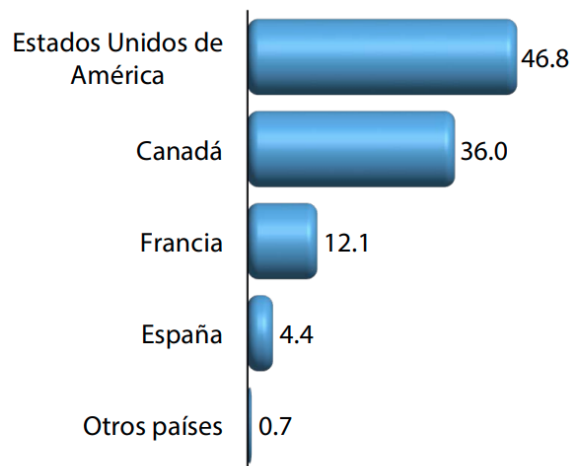
Fuente: Secretaría de Economía, elaborado por la DGIPAT con datos de la Dirección General de Inversión Extranjera.
 * Aeroespacial considera los códigos del SCIAN: 336410 - Fabricación de equipo aeroespacial y 488190 - Otros servicios relacionados con el transporte aéreo.

Fuente: (Secretaría de Economía, 2017, pp 22)

Un aspecto que se destaca en el trabajo de Martínez (2011), como resultado de la encuesta aplicada a empresas del sector aeroespacial, dentro de los principales factores que las empresas tomaron en cuenta para establecerse en México, fue el de proximidad con los Estados Unidos y Canadá. A este respecto, Martínez no presenta datos que

validen el hallazgo, sin embargo, cuando se analiza la información reportada por la INEGI (2018b), es claro que los principales inversionistas en México son los EEUU, Canadá y Francia. La relación se valida sobretodo porque Francia y Canadá son los principales proveedores de productos aeroespaciales de Estados Unidos, y la ubicación geográfica de México es estratégica para ambos países y en el caso de las empresas americanas, los bajos costos de manufactura son un incentivo importante para establecerse en México. Se estima que el 46.8 % de la inversión proviene de Estados Unidos, seguida de Canadá con 36 %, Francia con el 12.1 %, España el 4.4 % y otros países con el 0.7 % (ver Figura 3.7).

Figura 3.7 *Inversión extranjera directa en la industria aeroespacial (porcentajes).*



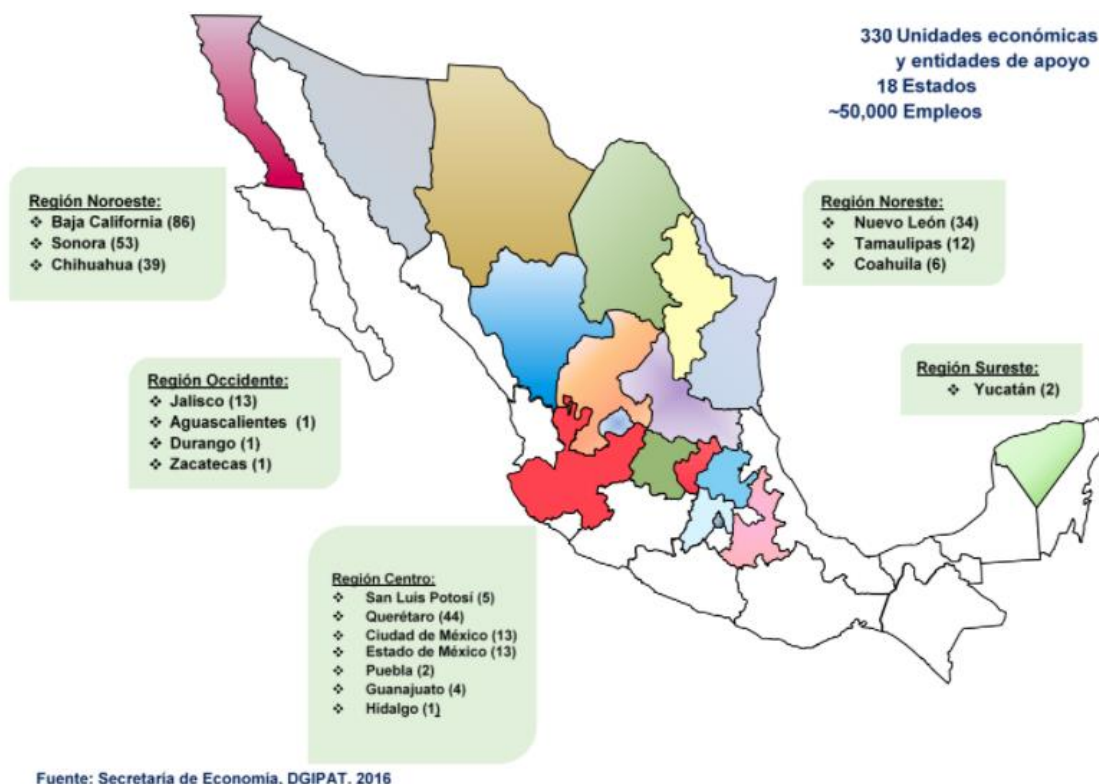
Fuente: Dirección General de Inversión Extranjera de la Secretaría de Economía.

Fuente: Adaptado de INEGI (2018b, pp 18)

3.3.4 Distribución de las empresas de la industria aeroespacial en México.

La inversión extranjera se ha reflejado en el comportamiento ascendente de empresas registradas durante los últimos años (ver Figura 3.8), distribuidas en 18 de los 32 estados de la República Mexicana, generando un estimado de 50 mil empleos. Los estados de Baja California, Sonora, Querétaro, Chihuahua y Nuevo León son los que más empresas tienen establecidas, con un 77 % del total, correspondiente a 256 empresas de las 330 identificadas.

Figura 3.8 Presencia aeronáutica en el México

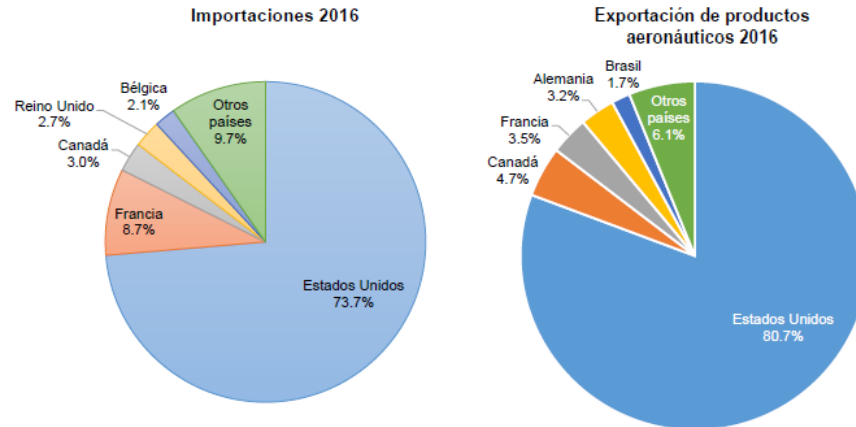


Fuente: Secretaría de Economía (2017, pp. 19)

3.3.5 El comercio de la industria aeroespacial en México.

En cuanto a comercio, las importaciones y exportaciones han tenido un comportamiento ascendente. De acuerdo con el Departamento de Comercio de los Estados Unidos, México se posicionó como el séptimo proveedor de la industria aeronáutica, lo que sin duda refleja que el principal socio comercial de las empresas establecidas en México son los Estados Unidos con un nivel de importaciones del 70% y con el 80% de las exportaciones con destino a ese país y con menor peso figuran las canadienses y francesas, cuyas inversiones también tienen como objetivo el mercado estadounidense (ver Figura 3.9).

Figura 3.9 *Importaciones y exportaciones aeronáuticas 2016*

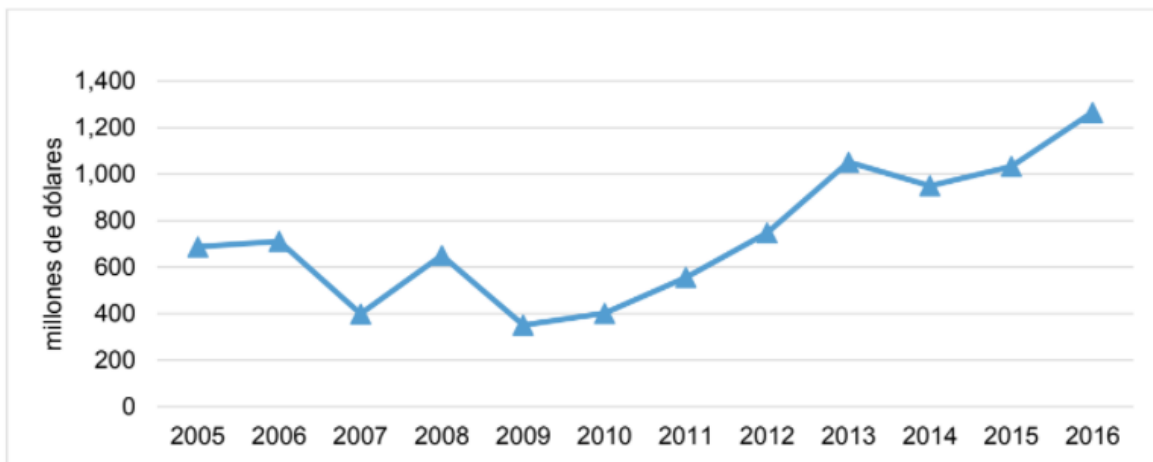


Fuente: Secretaría de Economía, elaborado por la DGIPAT con datos de Comercio Exterior.

Fuente: Adaptado de Secretaría de Economía (2017, pp. 24-25)

Como una diferencia al final de lo que se importa y exporta, se tiene una Balanza Comercial del sector aeronáutico con una tendencia positiva, con un saldo a favor durante los últimos años al pasar de 400 millones de dólares en 2010 a 1200 millones en 2016 (ver Figura 3.10).

Figura 3.10 *Balanza comercial Aeronáutica.*



Fuente: Secretaría de Economía, elaborado por la DGIPAT con datos de Comercio Exterior.

Fuente: Secretaría de Economía (2017, pp. 26)

3.3.6 Manufactura de la industria aeroespacial en México

¿Qué es lo que específicamente fabrican las empresas del sector establecidas en los distintos estados del país? A este respecto, con información de SE (2017), se presenta una relación de partes y componentes que en algún momento de la cadena son integrados a los subsistemas y sistemas de las aeronaves, en México, Estados Unidos o Canadá o en algún otra parte del mundo. Entre estos se encuentran de manera no exhaustiva los indicados en la Figura 3.11 y 3.12.

Figura 3.11 *Partes y componentes de aeronaves fabricadas en México*

Componentes electrónicos y eléctricos	Partes para motor	Interiores de avión y equipos de emergencia	Procesos, tratamientos y recubrimientos
• Conectores • Cables eléctricos, de fibra óptica y coaxial • Sistemas Auxiliares • Sensores, capacitores • Semiconductores convertidores • Sistema de entretenimiento • Sistema de telecomunicación • Termógrafos potenciómetros • Circuitos electrónicos e integrados • Conductores medidores de combustible • Relevadores • Fuentes de poder • Interruptores • Radares equipo de frecuencia • Aviónica	• Anillos • Álabes • Sellos de alta precisión • Aros metálicos • Barras de metal • Coples • Corazas • Cubiertas (sistema de propulsión) • Ductos • Protectores aislantes de calor • Radiadores • Compresores • Intercambiadores de calor	• Asientos • Cerraduras • Sujetadores para compartimiento • Tornillos • Pernos • Botes salvavidas • Chalecos salvavidas • Deslizadores de emergencia • Toboganes de emergencia • Gabinetes • Puertas • Ductos de aire acondicionado • Mamparas • Herrajes • Paracaídas	• Aplicación de película química • Tratamientos térmicos • Revestimientos • Sistema de pintura • Procesos de enchapado y acabado de metales • Pegamentos • Recubrimientos metálicos (zincado, galvanizado, niquelado, platinado etc) • Proceso de anodizado, fresado • Galvanoplastia

Fuente: Secretaría de Economía (2017, pp. 26).

Figura 3.12 *Partes y componentes de aeronaves fabricadas en México (continuación)*

Arneses	Materiales, compuestos y aleaciones	Ensamble, manufactura y reparación	Partes y complementos de turbina
• Eléctricos • Electrónicos • Para turbinas • Para aviones • Para helicópteros	• Aleaciones de metales • Materiales compuestos (composites) • Aleaciones zinc-hierro • Fundiciones • Fibra de carbono	• Aviones ejecutivos • Aviones tipo kits • Helicópteros • Aviones ligeros y ultraligeros • Aviones vigilantes a escala • Aviones no tripulados • Estructuras/fuselajes • Partes de helicópteros • Estabilizadores • Colas • Aviones en general	• Tuberías • Mangueras • Ductos • Adaptadores • Conexiones • Ensamble de conectores • Aspas para turbina • Anillos

Maquinados y metales	Productos aislantes	Otros productos del avión
• Maquinado y ensamble • Partes de alta precisión • Metales de uso aeroespacial • Forja de piezas de fundición • Placas y láminas en diferentes aleaciones • Maquinados en CNC • Estampados metálicos • Troquelado, fresado, rectificado • Corte y soldadura de metales	• Aislantes térmicos • Cobijas aislantes para fuselaje • Recubrimiento de componentes aeroespaciales • Procesos térmicos • Protectores aislantes para turbinas • Sistema de protección contra el congelamiento	• Aceites • Partes de cabina • Componentes hidráulicos (mangueras, válvulas) conectores. • Componentes para sistemas de freno • Partes y componentes para tren de aterrizaje • Empaques (hule o metal) • Máquinas y herramientas de alta precisión • Tanques de combustible • Motores eléctricos • Mecanizado de piezas • Resortes (compresión, extensión, torsión etc.)

Fuente: Secretaría de Economía, DGIPAT, consulta a empresas y sus sitios web.

Fuente: Secretaría de Economía (2017, pp. 26).

3.3.7 Centros de Investigación en México

En el país, se pueden identificar distintos sistemas de centros públicos cuyas actividades de investigación, desarrollo tecnológico e innovación dan soporte a las distintas necesidades tecnológicas de las empresas mexicanas, incluyendo aquellas asociadas al sector aeroespacial. Uno de los sistemas es el Sistema de Centros Públicos Conacyt, integrado por 26 centros de investigación de los cuales 14 tiene capacidades para brindar algún tipo de servicio a las empresas del sector (ver Tabla 3.3).

Tabla 3.3 *Centros públicos Conacyt y sedes*

Centros públicos Conacyt	Sedes
Centro de Innovación Aplicada en Tecnologías Competitivas, CIATEC	Guanajuato Jalisco Querétaro Baja California Nuevo León Estado de México San Luis Potosí Chihuahua Nuevo León Tlaxcala Aguascalientes Ciudad de México
Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial, CIDESI	San Luis Potosí Jalisco
Centro de Investigación en Materiales Avanzados, S.C., CIMA V	San Luis Potosí Yucatán Nuevo León Querétaro San Luis Potosí Aguascalientes Hidalgo Estado de México Veracruz Tabasco Baja California Nuevo León Nayarit Baja california Sur Querétaro
Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica, INAOE	Guanajuato Aguascalientes Nuevo León Zacatecas Guanajuato Aguascalientes Coahuila Coahuila Tamaulipas Tabasco Veracruz Ciudad de México
Centro de Investigación e Innovación en Tecnologías de la Información y Comunicación, INFOTEC	
Instituto Potosino de Investigación Científica, IPICYT	
Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, A.C., CIATEJ	
CIATEQ, A.C. Centro de Tecnología Avanzada, CIATEQ	
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, B.C., CICESE	
Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica, S.C., CIDETEQ	
Centro de Investigación en Matemáticas, A.C., CIMAT	
Centro de Investigaciones en Óptica, A.C., CIO	
Centro de Investigación en Química Aplicada, CIQA	
Corporación Mexicana de Investigación en Materiales, S.A. de C.V., COMIMSA	

Fuente: Elaboración propia con información de Conacyt (2020).

Se cuenta con el Sistema de Centros y Secciones de Estudios de Posgrado del Instituto Politécnico Nacional que cuenta con 19 Centros de Investigación y Posgrado y 19 Sección de Estudios de Posgrado e Investigación (SEPI), de los cuales 8 centros (ver Tabla 3.4) y 8 escuelas (ver Tabla 3.5) poseen los perfiles para apoyar actividades del sector. El sistema de unidades del Centro de Investigación de Estudios Avanzados que cuenta con 10 unidades de las cuales 6 de ellas poseen la capacidad técnica para brindar servicios tecnológicos a las empresas del sector (ver Tabla 3.6).

Tabla 3.4 *Centros de investigación y posgrado del IPN y sedes*

Centros de investigación y posgrado del IPN	Sedes
Centro de Innovación y Desarrollo Tecnológico en Cómputo (CIDETEC)	Ciudad de México
Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada (CICATA)	Ciudad de México
Centro de Investigación en Computación (CIC)	Ciudad de México
Centro de Nanociencias y Micro y Nanotecnologías (CNMN)	Ciudad de México
Centro de Investigación e Innovación Tecnológica (CIITEC)	Ciudad de México
Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada (CICATA)	Tamaulipas
Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada (CICATA)	Querétaro
Centro de Investigación y Desarrollo de Tecnología Digital (CITEDI)	Baja California

Fuente: Elaboración propia con información de IPN (2020).

Tabla 3.5 *Sección de Estudios de Posgrado e Investigación (SEPI)*

SEPI	SEDES
SEPI - Escuela Superior de Cómputo (ESCOM)	Ciudad de México
SEPI - Escuela Superior de Física y Matemáticas (ESFM)	Ciudad de México
SEPI - Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica (ESIME) Unidad Azcapotzalco	Ciudad de México
SEPI - Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica (ESIME) Unidad Ticomán	Ciudad de México
SEPI - Unidad Profesional Interdisciplinaria en Ingeniería y Tecnologías Avanzadas (UPIITA)	Ciudad de México
SEPI - Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractiva (ESIQIE)	Ciudad de México
SEPI - Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica (ESIME) Unidad Culhuacán	Ciudad de México
SEPI - Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica	Ciudad de México

Tabla 3.6 *Unidades de investigación del Cinvestav*

Unidades de investigación

Unidad CDMX Zacatenco

Unidad CDMX Sede Sur

Unidad Guadalajara

Unidad Mérida

Unidad Saltillo

Unidad Tamaulipas

Fuente: Elaboración propia con información de Cinvestav (2020).

Adicionalmente a estos centros, el país cuenta con diferentes centros de investigación y facultades del sistema de Universidades Autónomas Federales y Estatales, entre las que destaca la UNAM con 23 unidades entre facultades, escuelas y centros de investigación (ver Tabla 3.7). A nivel nacional existen otros centros y organizaciones que contribuyen de alguna manera a fortalecer las actividades del sector aeroespacial y también no quedan incluidos en la anterior relación.

Tabla 3.7 *Centros e institutos de la UNAM*

Centro de Ciencias de la Atmósfera

Centro de Nanociencias y Nanotecnología (CNyN)

Centro de Geociencias

Centro de Radioastronomía y Astrofísica (CRyA)

Programa Espacial Universitario (PEU)

Centro de Ciencias Matemáticas (CCM)

Centro de Física Aplicada y Tecnología Avanzada (CFATA)

Instituto de Astronomía (IA)

Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología (ICAT)

Instituto de Ciencias Físicas (ICF)

Instituto de Física (IF)

Instituto de Ingeniería (II)

Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas (IIMAS)

Instituto de Investigaciones en Materiales (IIM)

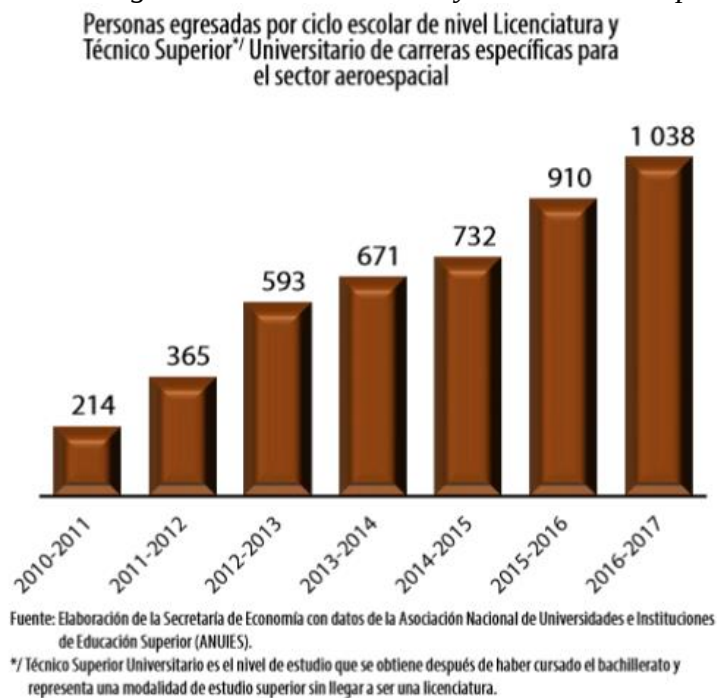
Instituto de Matemáticas (IM)
 Instituto de Química (IQ)
 Facultad de Arquitectura
 Facultad de Ciencias
 Facultad de Ingeniería
 Facultad de Química
 Facultad de Estudios Superiores (FES) Acatlán
 Facultad de Estudios Superiores (FES) Aragón
 Facultad de Estudios Superiores (FES) Cuautitlán

Fuente: Elaboración propia con información de UNAM (2020).

3.3.8 Oferta Educativa

En cuanto a la oferta educativa con perfil de interés para el sector aeroespacial, de acuerdo a la información reportada por INEGI (2018b), de 4,523 egresados en los últimos siete ciclos escolares, el 82% fueron de licenciatura y el 18% de nivel Técnico Superior Universitario (ver Figura 3.13).

Figura 3.13 *Egresados de licenciatura y nivel técnico superior.*



Fuente: INEGI (2018b, pp. 9).

La oferta educativa que reporta INEGI (2018b) para la industria aeroespacial está integrada por los niveles de licenciatura y Técnico Superior Universitario, sin embargo, también hay una oferta de egresados de nivel posgrado con perfiles adecuados que son contratados por las empresas. Los egresados de posgrados provienen principalmente de los Centros Públicos CONACYT, Unidades del CINVESTAV, Centros y Escuelas del IPN, Centros e Institutos de la UNAM. También existe una amplia oferta de recursos humanos provenientes de universidades y tecnológicos públicos y privados en el ámbito de las ingenierías que por su perfil son fácilmente asimilables por las empresas del sector aeroespacial y que no quedan capturadas dentro el reporte de INEGI (2018b) como son entre otros los egresados de ingenierías o licenciaturas en áreas de: mecánica, mecatrónica, materiales, manufactura y automatización, eléctrica, electrónica, robótica, industrial, química, informática, tecnologías de la información y comunicación, sistemas computacionales, logística, diseño, civil, física, matemáticas, textiles (ver Figura 3.14).

Otros espacios a parte de la oferta educativa que ofrece el sector público a través de los distintos sistemas universitarios y centros de investigación, son los centros para la capacitación y entrenamiento del personal especializado, dependientes de instancias como: la Procuraduría General de la República del A. I. C. M., división aérea (PGR), la Policía Federal de Caminos – División Aérea, la Secretaría de Seguridad Pública del D. F. (SSPDF), la Comisión Federal de Electricidad – División Aérea y el Centro Internacional de Adiestramiento en Aviación Civil (CIAAC). En el año 2005, existían 145 centros de capacitación de personal técnico aeronáutico de vuelo (pilotos) y de tierra, aunque la mayoría eran exclusivamente para pilotos, algunos de ellos forman a personal de sobrecargo (Hualde y Carrillo, 2007).

Figura 3.14 *Oferta educativa para la industria aeroespacial, ciclo 2016-2017*

Entidad Federativa	Licenciatura y Técnico Superior Universitario
Baja California	Ingeniería en Aeronáutica Licenciatura en Ingeniería Aeroespacial ^{*/} TSU en Manufactura Aeronáutica – Área Maquinado de Precisión
Chiapas	TSU Piloto Aviador
Chihuahua	Licenciatura en Ingeniería Aeroespacial Ingeniería en Aeronáutica ^{*/} Licenciatura en Dirección y Administración de Aeropuertos y Negocios Aéreos
Ciudad de México	Ingeniería en Aeronáutica
Estado de México	Ingeniería en Aeronáutica TSU en Mantenimiento Aeronáutico, Área Aviónica
Guanajuato	Ingeniería en Aeronáutica
Hidalgo	Ingeniería en Aeronáutica
Jalisco	Licenciatura en Ciencias Militares Piloto Aviador
Nuevo León	Ingeniería en Aeronáutica*
Puebla	Licenciatura en Ingeniería Aeroespacial
Querétaro	Ingeniería Aeronáutica en Manufactura Ingeniería en Diseño Mecánico Aeronáutico Ingeniería en Electrónica y Control de Sistemas de Aeronaves TSU en Aviónica TSU en Mantenimiento Aeronáutico, Área Aviónica TSU en Mantenimiento Aeronáutico, Área Planeador y Motor TSU en Mantenimiento de Aeronaves TSU en Manufactura Aeronáutica, Área Maquinado de Precisión
Sonora	Ingeniería en Manufactura Aeronáutica TSU en Aeronáutica TSU en Manufactura Aeronáutica, Área Maquinado de Precisión*
Veracruz	Ingeniería en Ciencias Aeronavales

Fuente: Elaboración de la Secretaría de Economía con datos de la ANUIES.

Nota: */ Se imparte en más de un plantel.

TSU: Técnico Superior Universitario.

Fuente: INEGI (2018b pp. 10).

3.3.9 Clústeres aeroespaciales en México

Una de las maneras en que se organiza el sector aeroespacial es en forma de clústeres, los cuales son considerados impulsores del crecimiento económico regional por su concentración geográfica. Son grupos cercanos de empresas interconectadas e instituciones asociadas, en un campo en particular, vinculadas porque sus actividades son complementarias y porque tienen acceso a recursos comunes (Porter, 1998). Los más

exitosos son aquellos en donde las empresas construyen redes con fuertes vínculos en su interior y exterior para acceder a recursos y conocimiento (Turkina, Assche and Kali, 2016).

La industria aeroespacial en México está organizada en clústeres, se caracteriza principalmente por la participación de empresas extranjeras, con altas inversiones principalmente en las áreas de manufactura, mantenimiento, reparación y en menor cantidad en investigación y desarrollo. Sus exportaciones se distribuyen primordialmente en países avanzadas como Estados Unidos, Francia, Alemania, Canadá y el Reino Unido. Los clústeres aeroespaciales en México están integrados principalmente por empresas manufactureras, ya sea filiales o empresas locales. No hay presencia de empresas ensambladoras finales (Prime). Estos clústeres reflejan la tendencia mundial: las actividades de menor valor agregado se desarrollan en los países periféricos y la industria de primer nivel en los centros de operación de las grandes empresas: USA y Europa (Carrillo y Hualde, 2013).

Estas empresas establecen vínculos de conocimiento principalmente con sus oficinas centrales y/o clientes ubicados en el extranjero. De los 32 estados mexicanos, solo 16 tienen al menos una empresa aeroespacial, y de esos 16, cinco estados albergan el 75 por ciento de las empresas. La región fronteriza tiene una trayectoria con más experiencia a partir del programa de maquiladoras en comparación con las ciudades del interior. El programa de maquiladoras fue el principal atractivo para las primeras empresas que se instalaron en México y se ubicaron en la frontera (Martínez, 2011).

De acuerdo con las características de los clústeres, y por el número de empresas, empleos e inversión y la sinergia entre los actores de la industria, Secretaría de Economía (2017), identifica cinco clústeres en México cuyas denominaciones coinciden con el nombre de los estados con mayor número de empresas de la industria: Baja California, Chihuahua, Nuevo León, Querétaro y Sonora (ver Figura 3.15). Además, estos estados se caracterizan por contar con instituciones de educación superior, centros de investigación, infraestructura de comunicación y transporte y organizaciones que apoyan con recursos humanos a nivel técnico y profesional, así como servicios especializados en las distintas actividades de manufactura y desarrollo que se realizan en los agrupamientos empresariales.

Figura 3.15 *Principales clústeres aeroespaciales en México*



Fuente: Secretaría de Economía, DGIPAT, con información de clústeres 2016.

Fuente: Secretaría de Economía (2017, pp. 20).

Martínez (2011) hace un análisis de los clústeres aeroespaciales en México desde una perspectiva de fuerzas centrípetas, tomando como referencia la información que obtuvo a partir de entrevistas realizadas a personal de empresas del sector. Como resultado del trabajo, identificó algunos temas que son considerados como atractivos y que motivó a las empresas extranjeras para establecer alguna filial en México.

En resumen, las ventajas más valoradas por las empresas aeroespaciales están relacionadas con: (1) la presencia de una infraestructura industrial: proveen a las empresas las instalaciones necesarias para llevar a cabo actividades de fabricación; (2) mano de obra industrial calificada, no necesariamente en el sector aeroespacial: además de ser barato, se considera calificado, hace posible la realización de procesos de fabricación que a veces requieren sofisticación tecnológica, además de la presencia de universidades que se suman

a esta capacidad; y (3) los bajos costos de operación (provistos en parte por el programa de maquiladoras); la presencia de la política de maquiladoras mantiene los costos de operación en niveles bajos (Martínez, 2011).

Parece que esta tendencia de deslocalización está ganando impulso toda vez que más empresas están trasladando paulatinamente ciertas actividades de fabricación a México, visto como un país en desarrollo. Sin embargo, las empresas de alta tecnología tienen requisitos que los países en desarrollo no pueden cumplir fácilmente. Una ventaja adicional más específica que las empresas ven para establecerse en México, es su ubicación estratégica y en particular la región fronteriza, por su proximidad a los Estados Unidos y en especial el estado de Baja California por su cercanía a California (Martínez 2011), además de ser uno de los estados junto con Washington, en los que se pueden encontrar asentamientos de las empresas aeroespaciales más representativas de EEUU, tales como Northrop Grumman, Boeing, Lockheed, Raytheon, entre otras. La NASA también opera desde este condado (Hualde y Carrillo, 2007)

3.4 El Clúster aeroespacial de Baja California

Hasta ahora, se ha brindado información que nos permite tener un panorama amplio sobre lo que es la industria aeroespacial, también se ha presentado información sobre los clústeres vistos como un paradigma teórico y revisado trabajos que abordan diferentes particularidades que en su conjunto coadyuvan a describir aquellos elementos que son característicos de un clúster. Así también, se ha presentado una revisión sobre cómo está organizada la industria aeroespacial a nivel mundial y citado a los principales actores, y su papel en la generación, desarrollo y evolución de los clústeres aeroespaciales.

A pesar de que también se ha brindado información relacionada con los clústeres aeroespaciales en México, principalmente sobre el número de empresas que los conforman, productos que se elaboran, finalidad de los productos que se producen, disponibilidad de instituciones de investigación, programas de formación de recursos humanos en apoyo a las actividades de los clústeres por mencionar algunos aspectos, aún falta profundizar sobre el objeto de estudio del presente trabajo que es el clúster de Baja California. A este respecto, con base en trabajos empíricos previos, e información obtenida de diversas bases de datos,

se presenta una recopilación de antecedentes que nos permitirán conocer con mayor profundidad no sólo el sector sino también el clúster aeroespacial de Baja California.

El desarrollo aeroespacial en Baja California se remonta a 1927 con la fundación de la compañía Aérea de Construcción y Transporte S.A. en el municipio de Tijuana. Sin embargo, como sector, se toma 1966 como año de inicio, que coincide con el establecimiento de las empresas Rockwell Collins y Switch Luz (Chavarria y Carrillo, 2018). A partir de entonces, Hualde y Carrillo (2007) con datos de (PRODUCEN, 2005: 12), identifican cuatro fases de asentamientos de empresas: 1) 1985-1990, llegaron 8 empresas; 2) 1991-1995, 6 empresas; 3) 2000-2004, 11 empresas; y 4) 2005-2006, 4 empresas. Casi un tercio de las plantas llegó antes de la firma del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN), esto es, el 70% de los establecimientos iniciaron operaciones desde que se estableció el TLCAN. La instalación de las empresas en Baja California responde principalmente a tres situaciones, la primera y de mayor consideración es la ubicación geográfica, en segundo lugar, el costo de la mano de obra y, en menor medida, la disponibilidad de mano de obra. La gran mayoría de los establecimientos aeroespaciales son de inversión extranjera.

Parte de la infraestructura que el estado de Baja California ofrece como apoyo a las actividades de los diferentes sectores económicos de la entidad, son sus 218 kilómetros de vías férreas divididos en 144 km de vías primarias, 45 km de vías secundarias y 29 km de vías particulares. La vía férrea está enlazada con una línea norteamericana en la frontera con ese país (Mexicali - Calexico, CA) y hace posible la movilización de carga hacia dicho país y viceversa. En el cruce fronterizo de Tijuana presta servicio una ruta corta que se extiende hasta Tecate y conecta con el sistema norteamericano. El servicio es de carga exclusivamente. Posee 4 aeropuertos de los cuales 3 son de tipo Internacional (Mexicali, Tijuana y Puerto de San Felipe) y 1 de categoría nacional (Ensenada).

En su vasta extensión, Baja California cuenta con 5 puertos marítimos, 4 en la Costa del Pacífico (Isla de Cedros, Rosarito, Ensenada y Sauzal) y 1 en el Mar de Cortés. El de mayor importancia es el de Ensenada por ser uno de los puertos de altura con mayor movimiento comercial del país en el pacífico; es la puerta de entrada a la Cuenca del Pacífico; y tiene un gran potencial para el comercio con la costa oeste de los EEUU y con los países de Asia: Hong Kong, Japón, Corea del Sur, Singapur, etc. A 10 Km de distancia al norte de

Ensenada, se localiza el puerto del Sauzal de Rodríguez, que es una terminal de cabotaje, con dársena, canal de acceso y con posibilidades de desarrollo de la actividad industrial y comercial, mediante el transporte de productos semiacabados, dicho puerto tiene un parque industrial anexo para la elaboración de productos terminados (SE, 2010).

3.4.1 Organismos intermedios

El clúster aeroespacial de Baja California como agrupamiento cuenta con el apoyo de organismos intermedios que no son instituciones de educación superior ni empresas de manufactura, sino asociaciones cuyo objetivo es prestar servicios especializados, que coadyuvan al aumento de los niveles de competitividad y calidad de las empresas que forman parte del clúster. En un meta nivel, se tiene la presencia de dos organismos, el Consejo Estatal de Clústeres de Baja California, quien identifica 24 asociaciones a manera de clústeres, que mediante la asesoría estratégica operativa a clústeres del ecosistema industrial contribuye a la profesionalización-gobernanza, expansión de mercados y desarrollo de capital humano de los clústeres.

Luego está la Red Estatal de Clusters de Baja California, que es una entidad que provee soporte a los organismos y agrupamientos empresariales del estado (clústeres), a través de gestionar y coordinar políticas, normas, requerimientos, información y buenas prácticas, con un enfoque de tetra hélice; debido a que cuenta con vínculos con organismos internacionales, coadyuva en la obtención de la certificación otorgada por la *European Secretariat for Cluster Analysis* (ESCA), que es un reconocimiento de excelencia en la administración de clústeres a nivel mundial.

En un nivel de trabajo más directo con las empresas, el Clúster Aerospace Alliance of Baja California, A.C. y el Clúster Aeroespacial de Baja California, A.C. (Baja Aerospace Cluster) son dos organizaciones que promueven información general y realizan estudios específicos del sector; en coordinación con instituciones de educación superior y centros de investigación imparten cursos de capacitación, en conjunto con otras agrupaciones empresariales organizan eventos y participan en distintos foros donde se requiere una representación del sector o clúster aeroespacial de Baja California.

3.4.2 Marco normativo

La participación del gobierno en el desarrollo de los agrupamientos empresariales y con los clústeres tiene diferentes alcances, puede ir desde sólo brindar apoyos económicos para la realización de proyectos específicos, otorgar estímulos y facilidades para el establecimiento de empresas interesadas en aprovechar las ventajas que ofrece el lugar, incluso hasta generar una política de clusterización más agresiva, en la que se establezcan lineamientos de fomento y desarrollo de los clústeres.

Cuando nos referimos al marco normativo del clúster aeroespacial de Baja California, se está hablando de un marco que incluye tres niveles de gobierno, el federal, estatal y municipal, en donde cada uno desde su ámbito de competencia, con base en su plan de desarrollo, manifiestan su interés y de ahí los programas y acciones a seguir.

A continuación, se profundiza sobre lo que normativamente ha impulsado el desarrollo del clúster aeroespacial de Baja California hasta como lo conocemos actualmente en los diferentes órdenes de gobierno, visto bajo la concepción de Porter (1998, 1998b), como la concentración geográfica de empresas interconectadas, de proveedores de servicios especializados, de empresas relacionadas con otras industrias e instituciones asociadas como: universidades, agencias de estándares y asociaciones comerciales, en campos particulares, que compiten, pero también cooperan, vinculadas por elementos comunes y complementarios.

3.4.3 Marco normativo a nivel federal

A nivel federal, en 1961 el gobierno impulsó el Programa Nacional Fronterizo cuya meta era la integración económica de las ciudades fronterizas con el resto del país, con incentivos fiscales y tarifas especiales, pero la industrialización no se presentó y en cambio se abrió paso al proyecto de la maquila mediante el Programa de Industrialización de la Frontera Norte de 1965, que hizo de la franja fronteriza una plataforma para la exportación de manufacturas ensambladas en el país con materia prima y componentes importados libres de impuestos, por lo general de propiedad extranjera (López, 2004).

En 1970, la Secretaría de Hacienda y Crédito Público aprobó un acuerdo que establecía normas más precisas en materia aduanera para facilitar el funcionamiento de la maquila. En 1971 se publicó el primer reglamento al párrafo tercero del artículo 321 del Código

Aduanero, relacionado con las reglas sobre importación temporal con el propósito de otorgar mayores facilidades para la instalación de la industria maquiladora, teniendo como marco el Programa de Desarrollo de la Faja Fronteriza Norte y Perímetros Libres (CEPAL, 1994).

Posteriormente se realizaron modificaciones, como la de 1972 con la que se amplió el sistema de maquila a todo el territorio nacional, en 1977, se impulsó realizar operaciones de maquila utilizando la capacidad ociosa de algunas plantas. Hasta 1983 se estableció que las empresas maquiladoras debían constituirse como sociedades mexicanas, y por lo tanto cumplir con las obligaciones de éstas; en 1989, mediante decreto se introdujeron cambios que agilizaron los trámites en las aduanas y se otorgaron mayores facilidades para la venta de productos maquilados en el mercado nacional. En 1994 este decreto fue reformado para adecuarse a los requerimientos del Tratado de Libre Comercio. Los principales cambios giraron en torno a las ventas de la maquila al mercado nacional y se ampliaron los plazos de permanencia en territorio nacional de los insumos, maquinaria y equipo importados (CEPAL, 1994).

En 1996 se introdujeron cambios para estimular el desarrollo de empresas mexicanas proveedoras de insumos y partes. En el decreto de 1998, se resume con claridad la evolución del enfoque gubernamental al establecer que las empresas maquiladoras de exportación deberán atender las siguientes prioridades nacionales: crear fuentes de empleo; fortalecer la balanza comercial del país a través de una mayor aportación neta de divisas; contribuir a una mayor integración interindustrial y coadyuvar a elevar la competitividad internacional de la industria nacional, y elevar la capacitación de los trabajadores e impulsar el desarrollo y la transferencia de tecnología en el país (Contreras y Munguía, 2007).

A partir del Tratado de Libre Comercio con Estados Unidos y Canadá (TLCAN), que contempló la progresiva eliminación de cuotas y una desgravación gradual de las exportaciones no petroleras mexicanas en un plazo máximo de 15 años, se observó un crecimiento en el número de empresas tanto a nivel nacional como a nivel clúster aeroespacial en Baja California, con el establecimiento de empresas que exigen un mayor nivel tecnológico con centros de investigación, diseño y desarrollo, que suele acompañarse de mano de obra más calificada. En junio de 2020 entró en vigor el Tratado entre México,

Estados Unidos y Canadá (TMEC), tratado que impone nuevos retos en el capítulo laboral para la industria maquiladora.

3.4.4 Marco normativo a nivel estatal

En el ámbito estatal, Baja California cuenta con la Ley de Fomento a la Competitividad y Desarrollo Económico (2005), en la que se contempla el desarrollo de lineamientos para fomentar, impulsar y financiar acciones que conduzcan a las empresas a otro nivel más alto de productividad, principalmente bajo esquemas de estímulos fiscales y no fiscales. Promueve la participación de agrupaciones con representatividad. Esta ley, incorpora indirectamente el concepto de clúster a través de impulsar la participación de empresas y agrupaciones, es decir, no establece lineamientos específicos de fomento al desarrollo de los clústeres del estado, entre los que se encuentra el clúster aeroespacial de Baja California.

El 05 de octubre de 2012 se publicó la Ley de Ciencia, Tecnología e Innovación del estado de Baja California, la cual contempló la creación de un Sistema de Investigación, Innovación y Desarrollo Tecnológico del Estado de Baja California (SIIDEBAJA) cuyo objetivo era articular y potenciar las capacidades del Estado en materia de desarrollo científico, tecnológico, innovación y vinculación. Su estructura organizativa se conformó inicialmente con las principales instituciones de educación superior y centros de investigación del estado. Aquellos clústeres y empresas que tenían el deseo de formar parte del sistema deberían estar dispuestas a contribuir con los fines del mismo, mostrando interés por ampliar y fortalecer sus capacidades tecnológicas, financiando parcial o totalmente proyectos en colaboración con instituciones y centros de investigación.

Se puede observar en este instrumento de política científica y tecnológica, que cumplió con el propósito de apoyar el fortalecimiento de vocaciones económicas regionales y el desarrollo de ventajas competitivas para incidir en el desarrollo de las micro, pequeñas y medianas empresas y en el fortalecimiento y posicionamiento de los clústeres de alta tecnología en los mercados nacionales e internacionales. Es decir, fue un instrumento que contempló acciones para el fortalecimiento, pero omitió incluir lineamientos específicos en materia de política que promoviera el desarrollo de los clústeres bajo algún parámetro, aun cuando el estado de Baja California se caracteriza por contar con al menos diez clústeres.

Paralelamente la Ley de Ciencia, Tecnología e Innovación del estado de Baja California 2012, contempló al Consejo Estatal de Ciencia e Innovación Tecnológica (COCIT) como el cuerpo asesor en la elaboración y aprobación del Programa Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación, como propuesta de política para impulsar el desarrollo tecnológico y la innovación en las empresas y clústeres empresariales. Este programa reconoció la importancia de los clústeres en el desarrollo económico, considerando el tema aeroespacial como un área estratégica para el Estado, contemplando estímulos y apoyos diversos para el fortalecimiento de las actividades de los clústeres como organización.

En 2020 se publicó la Ley de Impulso al Conocimiento Científico, Tecnológico y a la Innovación para el Desarrollo del Estado de Baja California en sustitución de la Ley de Ciencia, Tecnología e Innovación 2012. En esta nueva ley desaparece la figura del SIIDEBAJA como entidad y se promueve un Programa Estatal de Ciencia, Tecnología e Innovación, en su lugar queda el Consejo Estatal de Ciencia e Innovación Tecnológica (COCIT) quien asume algunas de las atribuciones y cuyo órgano de gobierno es más específico respecto de la participación de las agrupaciones empresariales tales como el Consejo Coordinador Empresarial del Estado y un representante del Consejo de Desarrollo Económico de cada municipio del Estado.

La ley 2020 tiene como uno de sus objetivos promover la creación y funcionamiento, entre otras figuras, de consorcios y agrupamientos en áreas claves, no obstante, en esta versión, se deja fuera del órgano de gobierno a los clústeres, cuyas atribuciones consisten en dictar las recomendaciones para el fomento e impulso de las actividades científicas tecnológicas y de innovación en el estado. El papel de los clústeres, entre ellos se encuentra el aeroespacial y empresas, se reduce únicamente a participar en la elaboración del programa con propuestas alineadas a las vocaciones estatales y al Plan de Desarrollo el Estado.

Por otro lado, el Plan Estatal de Desarrollo de Baja California 2020-2024, consciente de las diversas vocaciones productivas y las ventajas competitivas del Estado, reconoce el papel de los agrupamientos empresariales o clústeres, ya que con ellos se impulsan las cadenas productivas locales y regionales, permitiendo incrementar la economía e impulsar la competitividad de la entidad a nivel internacional. Para esto, propone la estrategia de fortalecer a los agrupamientos empresariales y cadenas productivas, propiciando la

capacitación y asesoramiento para aumentar la competitividad de las empresas, con las siguientes líneas de acción: promover la certificación internacional de los clústeres existentes a través de la Secretaría Europea para Análisis de Clústers (ESCA), promover la reactivación del Consejo Estatal de Clústeres de Baja California e Incentivar la integración y colaboración de las MIPYMES con los clúster formalizados.

3.4.5 Marco normativo a nivel municipal

En este nivel, cada uno de los ayuntamientos del estado de Baja California: Ensenada, Mexicali, Rosarito, Tecate y Tijuana, cuentan con su respectiva Secretaría de Desarrollo Económico, cuyo objetivo general es diseñar y aplicar políticas de fomento al desarrollo económico de los respectivos municipios, apoyándose de programas, proyectos y facilitando trámites administrativos que coadyuven a incrementar la actividad productiva. Participa en las actividades de atracción de inversión privada nacional y extranjera, prevaleciendo el impulso a la modernización y competitividad de los organismos empresariales dedicados a la atracción y ejecución de proyectos productivos, conservando un balance con el desarrollo urbano y el bienestar de la comunidad.

3.4.6 Flujos de inversión extranjera directa

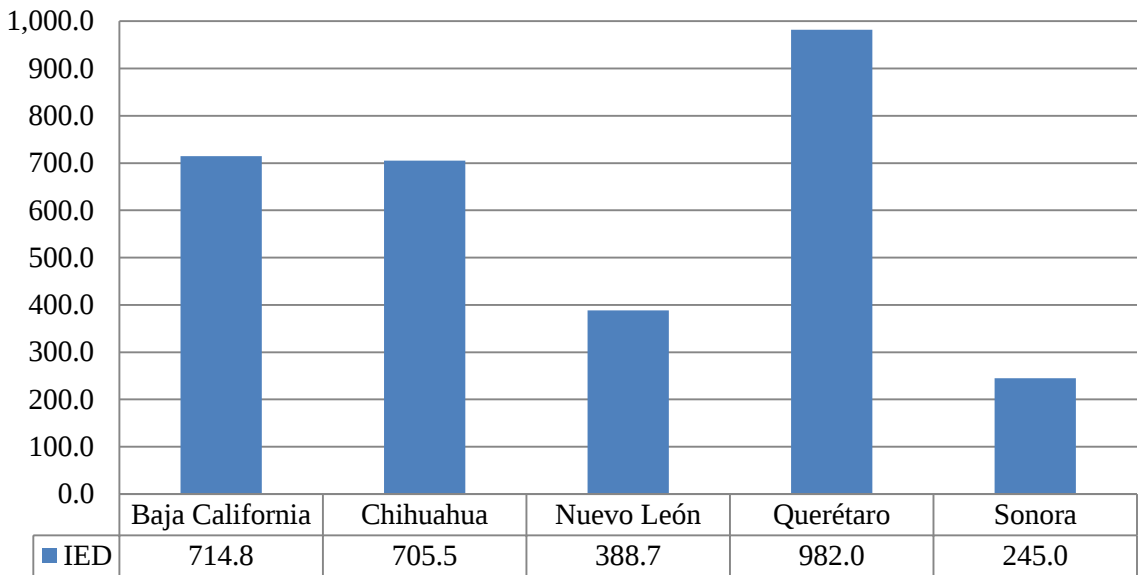
Una de las condiciones que caracteriza al sector aeroespacial mexicano es la cercanía que se tiene con los Estados Unidos y Canadá, esta ventaja hace que empresas y países que tienen como meta el mercado americano y canadiense se interesen cada vez más en traer inversiones, aunado a los esfuerzos del gobierno en sus distintos niveles por mejorar la participación del país en el mercado global. México se encuentra dentro de los países que mayor inversión extranjera directa (IED) han registrado en los últimos años. Incluso superiores a las captadas por estados Unidos, China, Rusia e India (FEMIA 2012)

Conocer los flujos de Inversión Extranjera Directa (IED) que se realizan en la industria manufacturera nacional y en particular en el sector aeroespacial es de suma relevancia porque es un indicativo de lo que se está invirtiendo en el país, pero cuando este indicador lo observamos en un periodo determinado a nivel del estado de Baja California y lo comparamos con el asociado a los estados de los principales clústeres aeroespaciales mexicanos, es posible apreciar el cambio que ha sufrido en el tiempo este parámetro, es

decir, observar el incremento o decremento, en la idea de ver como se han movido los límites del clúster por el número y monto de las inversiones en los últimos años.

A continuación, se muestra una representación de los flujos de Inversión Extranjera Directa que se han realizado en los estados de los clústeres aeroespaciales mexicanos con el propósito de observar la situación del clúster aeroespacial de Baja California con respecto a los principales clústeres mexicanos. Para ello, a partir de la información estadística asociada a IED y la clasificación del Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte (SCIAN), a nivel de rama 3364 Fabricación de equipo aeroespacial, se presenta en las Figuras 3.16 y 3.17 información que representa los flujos de IED en dos escenarios con los cuales se observa el dinamismo y los cambios que ha sufrido el clúster aeroespacial de Baja California, que nos permitirán inferir sobre la positividad de los cambios.

Figura 3.16 *Flujos de IED en clústeres aeroespaciales, agregado 1999-2020 (millones de dólares)*

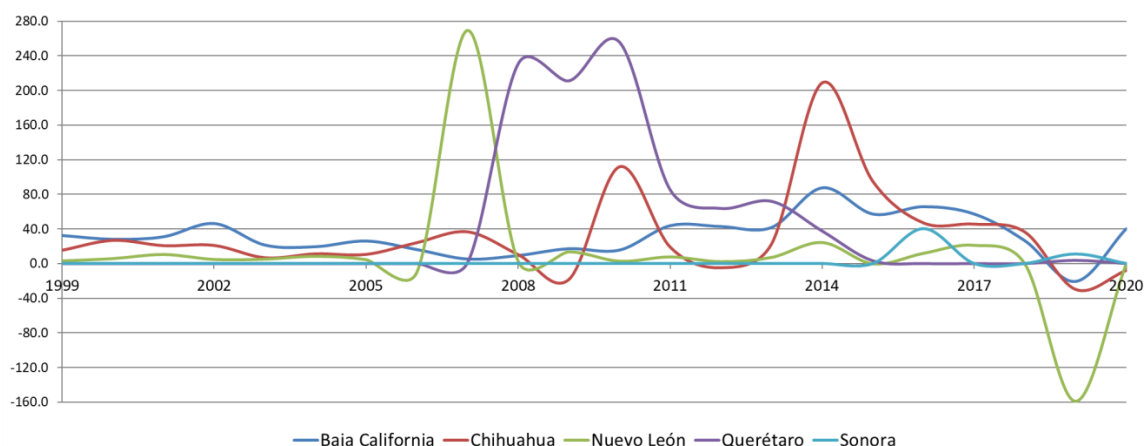


Fuente: Elaboración propia, datos de Secretaría de Economía. Información estadística de IED por entidad federativa. SCIAN 3364 Fabricación de equipo aeroespacial.

En la Figura 3.16 se muestran de manera agregada los flujos de IED que se han realizado por clúster aeroespacial a partir de 1999 y hasta el año 2020 en millones de dólares. Así, se observa en orden descendente que el clúster aeroespacial de Querétaro con 982 millones de dólares es quien ha recibido mayores flujos de IED, seguido de Baja

California con 714.8 millones, luego Chihuahua con 705.5 millones, Nuevo león con 388.7 millones y al final Sonora con 245 millones de dólares.

Figura 3.17 *Flujos de IED en clústeres aeroespaciales, por año 1999-2020 (millones de dólares)*



Fuente: Elaboración propia con datos de Secretaría de Economía. Información estadística de IED por entidad federativa. SCIAN 3364 Fabricación de equipo aeroespacial.

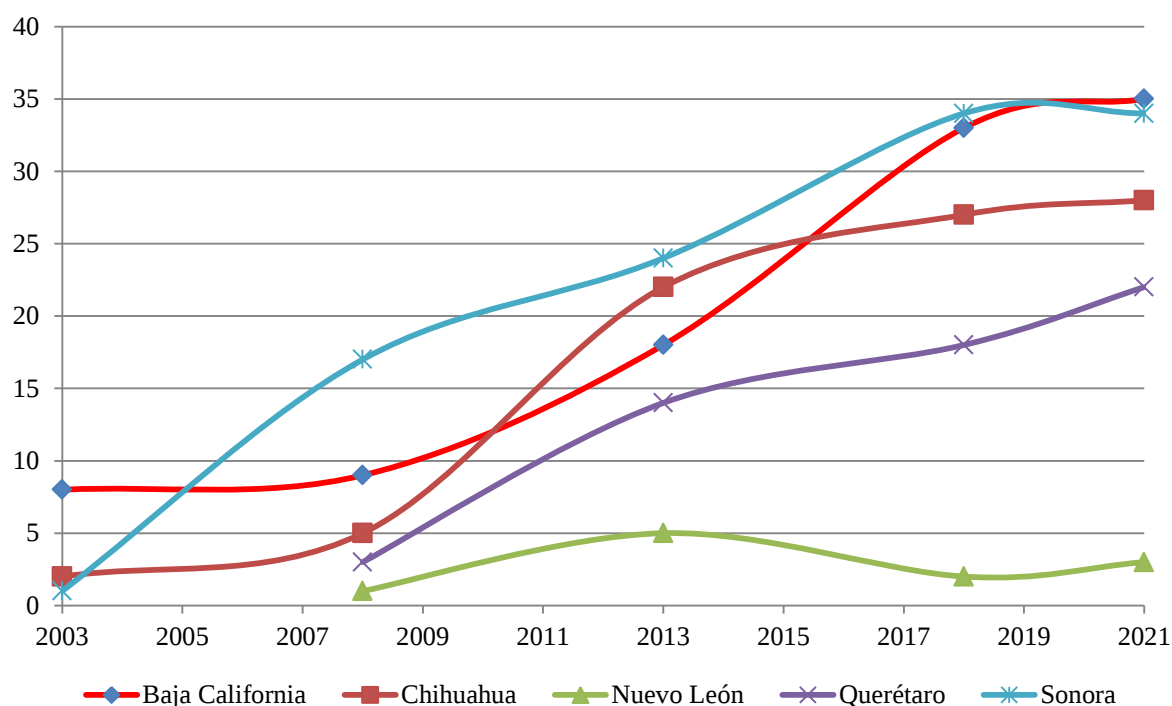
Combinando la información de la Figura 3.16 y Figura 3.17, cuando analizamos los años en que se han dado las inversiones, si bien el clúster aeroespacial de Querétaro es quien ha recibido el mayor flujo de IED, éste se encuentra concentrado entre los años 2008 y 2010, año a partir del cual se ha visto disminuido. En los casos de Nuevo León y Chihuahua también se observan fuertes inversiones en los años 2007, 2010 y 2014 respectivamente que han contribuido al incremento de la IED en el clúster. En el caso del clúster aeroespacial de Baja California, se aprecian inversiones más modestas pero constantes a partir de 1999, tal vez no ha tenido incrementos considerables, pero sí diversificados, aunque existen antecedentes de inversiones que se remontan a la década de los ochentas y años previos. Se puede inferir a partir de la Figura 3.17 que ninguno de los clústeres aeroespaciales analizados cuenta con un crecimiento sostenido en IED en el tema de fabricación de equipo aeroespacial (SCIAN 3364), más bien, han sido inversiones concentradas en años específicos.

3.4.7 Empresas en el clúster aeroespacial de Baja California.

Otro parámetro que hace posible observar el desarrollo del clúster aeroespacial de Baja California es el cambio en el número de empresas comparado con los principales clústeres

aeroespaciales mexicanos, porque esto permite ver como se han desplazado en un periodo específico los límites del clúster en este parámetro. Para esto, se muestran dos ejercicios, uno desde una perspectiva más específica (Figura 3.18), considerando la clasificación del sistema CIAN a nivel de subrama 33641 Fabricación de equipo aeroespacial, en el que se incluyen aquellas unidades económicas cuya producción se asocia principalmente a aviones (civiles, comerciales, de combate y fumigadores), avionetas, planeadores y helicópteros; partes, componentes y accesorios para ensamble de aeronaves, discos de freno, estabilizadores, fuselajes, hélices, rotores, trenes de aterrizaje, motores y turbinas, entre otros, y el segundo (Figura 3.19), desde un panorama más amplio que incluye unidades económicas que además de producir insumos para la industria aeroespacial generan producción que se destina principalmente a otras actividades económicas.

Figura 3.18 *Empresas por clúster aeroespacial a nivel de subrama 33641 Fabricación de equipo aeroespacial*

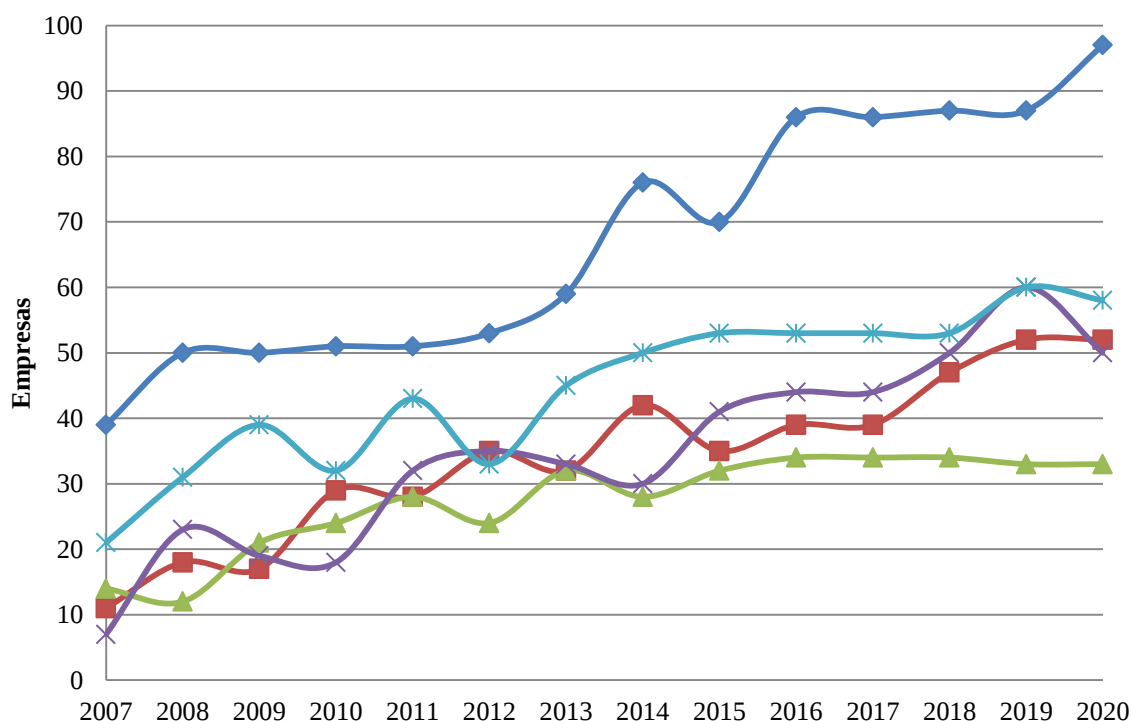


Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI (2020 y 2020b).

Nota: La información mostrada en la Figura 3.18, se obtuvo a partir de los censos económicos de los años 2003, 2008, 2013 y 2018, el año 2021 se obtuvo del Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE).

A este nivel de agregación por subrama 33641 Fabricación de equipo aeroespacial, destaca la trayectoria de Sonora durante el primer quinquenio de la serie (ver Figura 3.18) al pasar de una a 17 unidades económicas para liderar este parámetro hasta el 2019, año partir del cual el clúster aeroespacial de Baja California toma la primera posición con el mayor número de unidades económicas en fabricación de equipo aeroespacial, al pasar de 8 en 2013 a 35 en 2021.

Figura 3.19 Empresas por clúster aeroespacial, 2007-2020



Fuentes: Elaboración propia con datos de: año 2007 (Hualde y Carrillo, 2007); año 2008 (EXPANSIÓN, 2009, 22 de febrero); año 2009 (Metalmecánica Internacional, 2010, Agosto); año 2010 (FEMIA, 2010, 21 de octubre); año 2011 (Secretaría de Economía, 2011); año 2012 (FEMIA/SE, 2012); año 2013 (FEMIA 2013); año 2014 (PROMEXICO, 2014); año 2015 (Quintana, E. y Ortigoza, N., 22 de abril de 2015); año 2016 (Secretaría de Economía, 2017); año 2017 (Cintya, 2017, 01 de mayo); año 2018 (Secretaría de Innovación y Desarrollo Económico, Chihuahua, 2018); año 2019 (BAJA AEROSPACE CLUSTER, 2019, 5 de agosto); año 2020 (FEMIA, 2020).

Este segundo nivel de agregación es más amplio toda vez que se incluyen empresas que no sólo producen insumos para la industria aeroespacial sino atienden necesidades de empresas de otros sectores, tal es el caso de empresas que abastecen de materia prima y subproductos de acero, aluminio, aleaciones, fibras textiles, plásticos, dispositivos de

control, pero que para su determinación se requiere de una revisión más profunda, por este motivo el parámetro es el resultado de la integración de hallazgos de diversos trabajos de investigación. En este tema, se puede observar claramente (ver Figura 3.19) el dominio que ha tenido el clúster aeroespacial de Baja California desde el inicio de la serie (2007-2020), y en particular se destaca el impulso que ha tomado en el último quinquenio al pasar de 70 empresas en 2015 a 97 en el 2020, registrando 39 más que Sonora, su inmediato seguidor con 58 unidades económicas.

En conclusión, considerando los dos ejercicios, se corrobora que el clúster aeroespacial de Baja California se ha desarrollado en este parámetro al ampliar sus límites con el mayor crecimiento en el número de empresas no sólo dedicadas a la fabricación de equipo aeroespacial sino de aquellas que además de atender con materia prima y partes al clúster aeroespacial también abastecen a otras actividades económicas, generalmente asociadas a otros sectores manufactureros. Aún es recomendable cruzar este parámetro con datos como la inversión extranjera directa, las exportaciones, la ocupación y disponibilidad de personal especializado para tener una percepción más amplia de los cambios que ha sufrido el clúster aeroespacial de Baja California en comparación con otros clústeres aeroespaciales mexicanos.

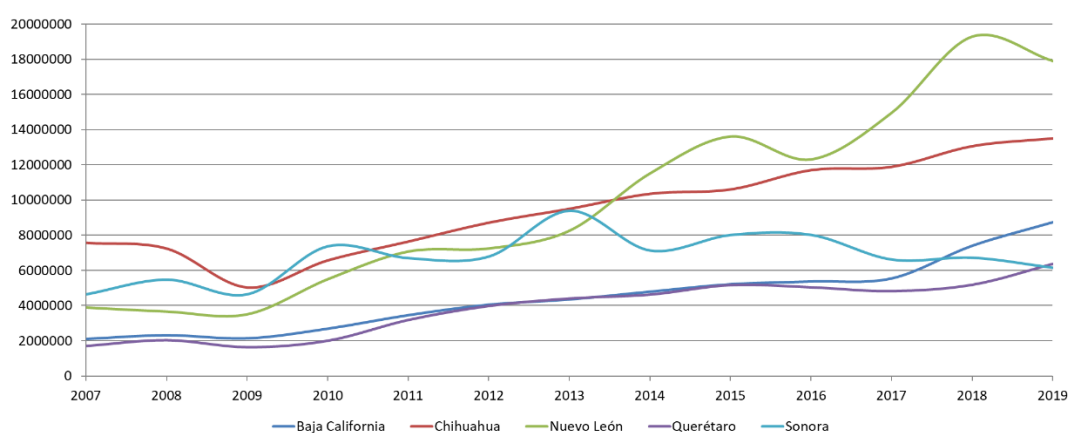
3.4.8 Desarrollo del clúster aeroespacial de Baja California

Como se puede inferir, el clúster aeroespacial de Baja California está íntimamente ligado a la evolución de la industria maquiladora, toda vez que las actualizaciones al marco normativo asociado a las importaciones y exportaciones del sector maquilador, han tenido como finalidad además de poner reglas más claras para el tránsito de productos, el incentivar la participación, la incorporación y establecimiento de nuevas empresas. Las maquiladoras de acuerdo al decreto para el fomento y operación de la industria maquiladora de exportación del primero de julio de 1998, pueden clasificarse en maquiladoras de exportación, por capacidad ociosa, de servicios y que desarrollan programas de albergue.

Otra forma de mostrar la actividad del clúster aeroespacial de Baja California, contrastándolo con lo que se hace en otros clústeres del país, es a través del valor de las exportaciones, las cuales nos orientan sobre la cantidad y/o calidad de la producción. Para establecer y tener un parámetro de referencia, y por el nivel de agregación en las bases de

datos de información por entidad federativa, la información se manejó a nivel de subsector 336 asociado a la fabricación de equipo de transporte, de acuerdo al Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte, conocido por sus siglas como SCIAN (INEGI, 2018), el cual incluye la fabricación de equipo aeroespacial, exceptuando la fabricación de instrumentos de navegación y medición aeronáutica (Ver Figura 3.20).

Figura 3.20 *Exportaciones anuales por estado a nivel de subsector, 2007-2019 (en miles de dólares)*



Fuente: Elaboración propia con información del INEGI, exportaciones anuales por entidad federativa y subsector de actividad.
 Nota: El nivel de agregación por subsector, 336 Fabricación de equipo de transporte, incluye la fabricación de equipo aeroespacial.

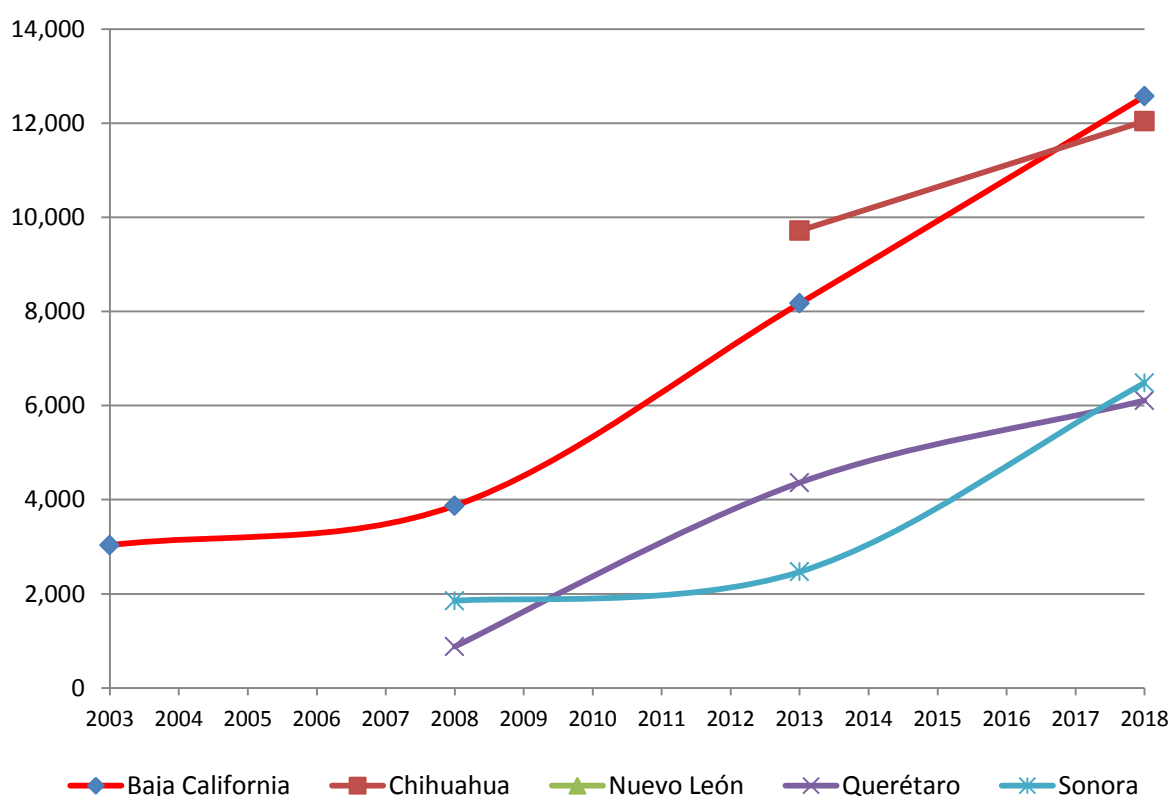
En la Figura 3.20 se puede ver el nivel de exportaciones asociadas a la fabricación de equipo de transporte (subsector 336) donde Baja California se encuentra en una posición por debajo de Nuevo León quien guarda la primera y Chihuahua la segunda posición. Una de las limitaciones de este resultado se relaciona con la influencia de las exportaciones asociadas a la fabricación de vehículos, trenes y barcos, que forman parte de este nivel de agregación por subsector.

3.4.9 Empleo en sector aeroespacial

El sector aeroespacial está considerado como uno de alta especialización por el continuo desarrollo de nuevas tecnologías, materiales e innovaciones que contribuyen al crecimiento y el desarrollo económico y social de los países. En México y en los estados asociados a los principales clústeres aeroespaciales el sector es estratégico, no sólo por el número de

empleos y remuneraciones salariales sino también por la vinculación e integración con otros sectores productivos a fines, como el automotriz, naval y ferroviario, de tal forma que constituyen una plataforma de desarrollo. Una muestra del crecimiento no sólo del clúster aeroespacial de Baja California sino de los principales clústeres aeroespaciales del país se puede observar mediante el incremento del número de empleos generados en los estados donde se desarrolla dicho sector, como se muestra en las figuras 3.21 y 3.22.

Figura 3.21 *Personal ocupado en los principales clústeres aeroespaciales a nivel de subrama 33641 Fabricación de equipo aeroespacial*



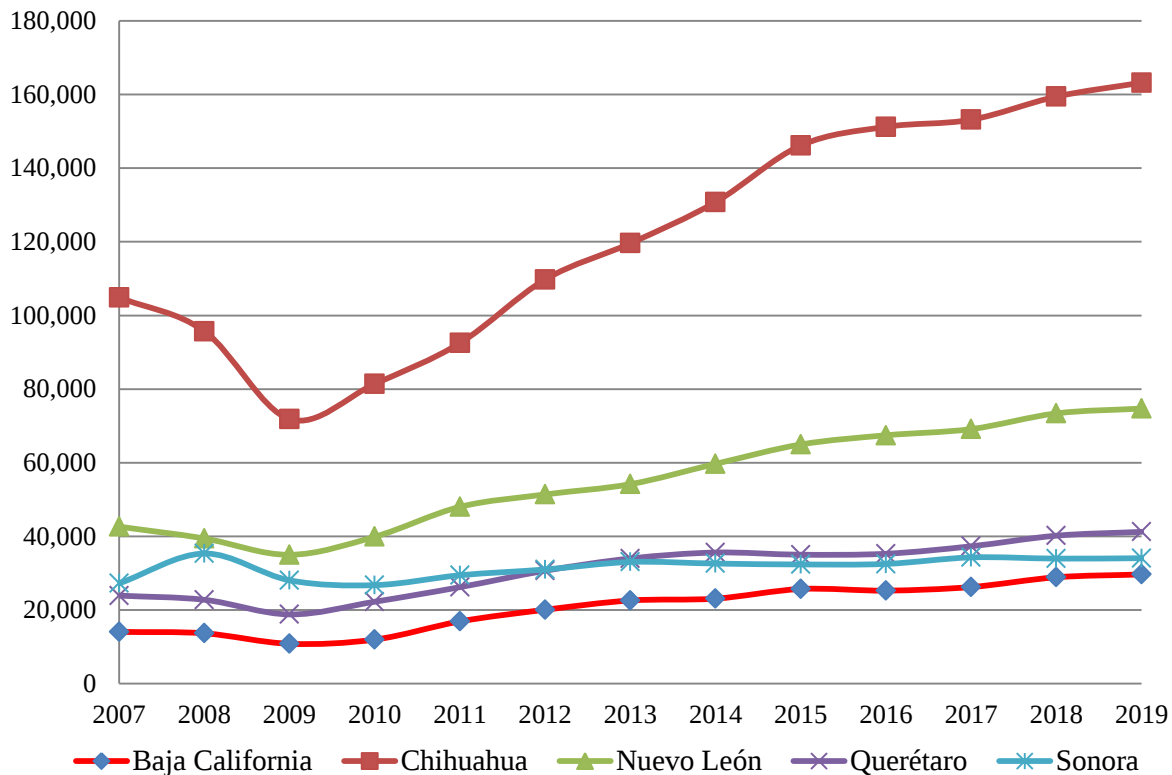
Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI (2020). Notas: Incluye los censos de los años 2003, 2008, 2013 y 2018. Los datos referentes a Nuevo León y de los años 2003, 2008 y faltantes, el SAIC los omite.

Para los fines del comparativo mostrado en la Figura 3.21, se toman como referencia los censos económicos 2003, 2008, 2013 y 2018, a nivel de subrama de acuerdo con la clasificación del SCIAN, 33641, donde están incluidas las empresas con actividades de fabricación de equipo aeroespacial. A este nivel de clasificación, la información que brinda

el Sistema Automatizado de Información Censal (SAIC), no es una limitante para apreciar la tendencia creciente del número de personal ocupado en las empresas de los clústeres asociados, excepto en Nuevo León, año 2003 para Querétaro y Sonora, años 2003 y 2008 para Chihuahua, que no se muestran por ser considerados absolutos y para garantizar el principio de confidencialidad y reserva.

Los únicos datos completos en la Figura 3.21 durante el periodo manejado son los del estado de Baja California, que muestran una tendencia ligeramente mayor a Chihuahua, y en un orden estimado del doble sobre Sonora y Querétaro respectivamente. De este dato se puede decir que el clúster aeroespacial de Baja California se ha desarrollado en una proporción mayor a los demás, situación que puede estar asociada al crecimiento, introducción e incorporación de nuevas empresas, como al incremento de la inversión extranjera directa que han motivado un mayor valor de las exportaciones.

Figura 3.22 *Personal ocupado en los principales clústeres aeroespaciales a nivel de subsector 336 Fabricación de equipo de transporte*



Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI (2020c).

Nota: Incluye el periodo 2007 - 2019.

Mientras que a nivel de subrama 33641 en el clúster aeroespacial de Baja California la tendencia es creciente y mayor en los últimos años de la serie con respecto a los otros clústeres, el personal ocupado en las empresas a nivel de subsector 336 (Figura 3.22), es el menor para el estado de Baja California comparativamente con los otros estados. Debido a que a nivel de subsector quedan incluidos la fabricación de automóviles, equipo aeroespacial, camiones, remolques, equipo ferroviario, barcos, motocicletas y sus partes. Esto denota una mayor actividad en sectores afines al sector aeroespacial, es decir, en sectores donde los materiales como el plástico, acero, aluminio, material eléctrico y electrónico, así como los procesos de manufactura son similares a los empleados en el sector aeroespacial.

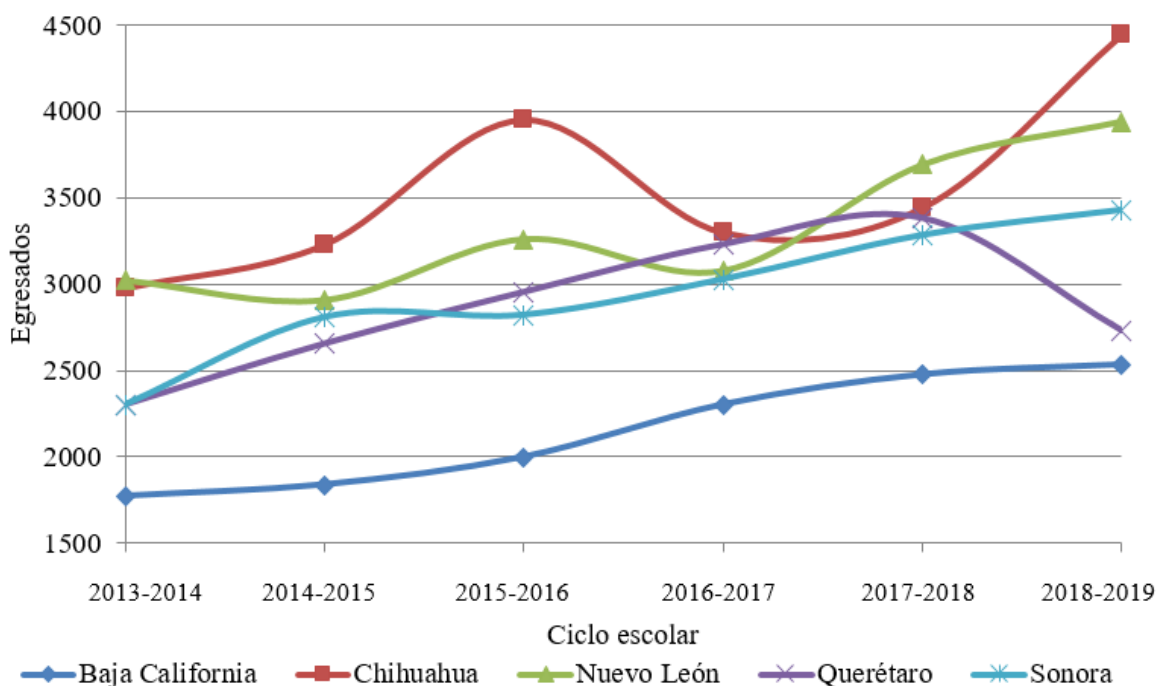
Esta situación abre la oportunidad a la existencia de una mayor integración entre las empresas del sector aeroespacial con las de otros sectores como el automotriz, ferroviario o naval entre otros. Esta posibilidad se abre porque empresas que proveen de materiales, servicios o manufactura a las empresas de otros sectores también pueden proveer de productos similares a las empresas del sector aeroespacial, condición que puede verse disminuida en el estado de Baja California al tener una dinámica o actividad más contraída en estos sectores afines como el automotriz, ferroviario o naval entre otros. En su conjunto, dan evidencia de una mayor capacidad técnica y de recursos humanos disponibles para atender las necesidades de los sectores incluyendo el aeroespacial.

3.4.10 Recursos humanos con formación superior y de posgrado

Otro aspecto importante que contribuye a conocer con más detalle el contexto del clúster aeroespacial de Baja California es el número de egresados con perfiles asimilables por las empresas y organizaciones del sector. Se considera relevante porque de este recurso dependen la calificación y especialización del personal, motivo que contribuye al desarrollo del clúster en términos de atracción de inversión extranjera o nacional, y que en buena parte determina el nivel de especialización de las actividades y productos a generar en cada clúster.

A continuación, se muestran los números y sus representaciones gráficas de los egresados de universidades y centros de investigación de los estados asociados a los clústeres aeroespaciales mexicanos, que atienden al cuestionario realizado por la ANUIES, referente al número de alumnos matriculados, egresados y titulados, de los niveles técnico superior, licenciatura y posgrado en modalidades escolarizada y no escolarizada de áreas de ingeniería, manufactura y construcción, ciencias naturales, matemáticas y estadística, asimilables por el sector aeroespacial, excepto tecnologías de la información y comunicación relacionadas con cómputo e informática. Se incluyen los de sistemas digitales, control y telemática.

Figura 3.23 *Egresados con nivel técnico y de licenciatura por ciclo escolar y clúster aeroespacial*



Fuente: Elaboración propia con información de ANUIES (2021).

Nota: Anuarios estadísticos de educación superior, varios años.

Las cantidades que se muestran a continuación, están asociadas únicamente al rubro de alumnos en calidad de egresados, por ciclo escolar y clúster aeroespacial, en la idea de contar con una estimación de la disponibilidad de recursos humanos con formación profesional con el propósito de contrastar este parámetro entre clústeres aeroespaciales mexicanos. En la Tabla 3.8 se muestran los números de egresados con nivel técnico y de licenciatura, y en la Figura 3.23 se muestra la representación de esos números por ciclo escolar y clúster aeroespacial durante seis ciclos escolares recientes.

Uno de los hallazgos que se observan según el número de egresados con nivel técnico y de licenciatura de áreas de ingeniería, manufactura y construcción, ciencias naturales, matemáticas y estadística asimilables por el sector aeroespacial, exceptuando tecnologías de la información y comunicación relacionadas con cómputo e informática, consiste en que el clúster aeroespacial de Baja California con respecto a los otros clústeres del país, es el que cuenta con menos egresados, lo cual puede significar un déficit de recursos humanos profesionales y capacidad técnica, con una mayor concentración en actividades intensivas

en mano de obra poco especializada si se contrasta con ser un clúster con el mayor número de personal empleado que también se asocia a menor valor agregado y derrama local. No obstante, la demanda del clúster por recursos humanos con formación profesional puede quedar subsanada por egresados con perfiles similares de instituciones de otros estados y que no quedan reflejados en esta representación.

Tabla 3.8 *Egresados con nivel técnico y de licenciatura por ciclo escolar y clúster aeroespacial*

	2013-2014	2014-2015	2015-2016	2016-2017	2017-2018	2018-2019
Baja California	1,771	1,837	1,998	2,303	2,477	2,535
Chihuahua	2,976	3,228	3,952	3,298	3,442	4,445
Nuevo León	3,022	2,908	3,261	3,078	3,692	3,942
Querétaro	2,303	2,656	2,955	3,231	3,383	2,731
Sonora	2,300	2,808	2,821	3,028	3,284	3,430

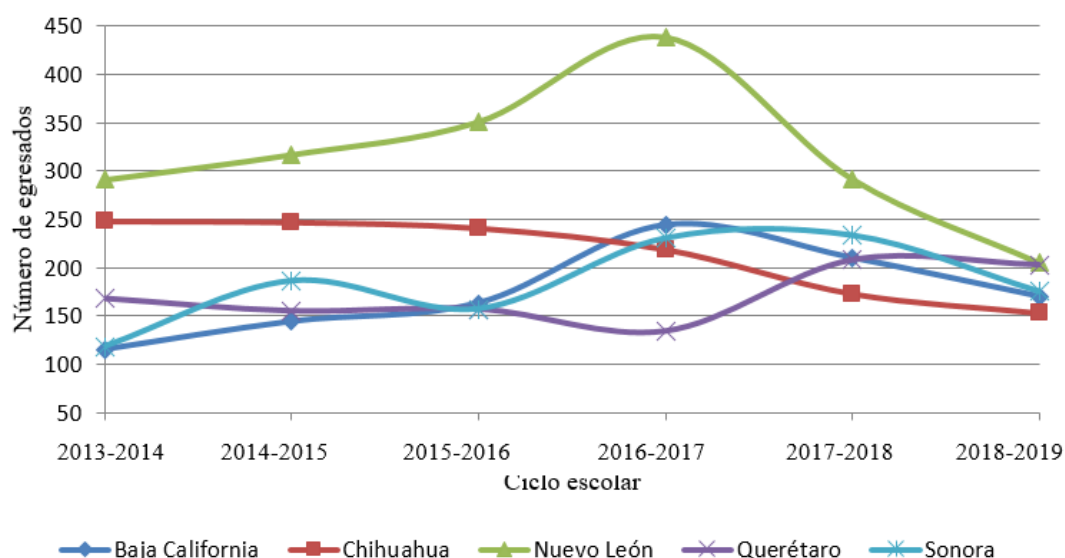
Fuente: Elaboración propia con datos de ANUIES (2021), anuarios estadísticos varios años. Nota: Incluye egresados de modalidades escolarizada y no escolarizada de áreas de ingeniería, manufactura y construcción, ciencias naturales, matemáticas y estadística, asimilables por el sector aeroespacial, excepto tecnologías de la información y comunicación relacionadas con cómputo e informática. Se incluyen los de sistemas digitales, control y telemática.

Mientras el estado del clúster aeroespacial de Chihuahua tiene el mayor número de egresados que le dan la primera posición en este tema, el estado de Baja California se mantiene en la última posición pese a tener una tendencia creciente pero aún insuficiente para mejorar su posición a los otros clústeres. También es cierto que buena parte de estos perfiles además de ser asimilables en la fabricación de equipo aeroespacial también lo son en la fabricación de automóviles, camiones, remolques, equipo ferroviario, barcos, motocicletas y sus partes, en donde estados como Chihuahua, Nuevo León y Querétaro tiene mayor participación. Así, con esta representación, se podrían concluir diferentes situaciones a reserva de ser respaldado con más información que alimente tales conclusiones, entre las que pueden encontrarse que el clúster aeroespacial de Baja California es el que cuenta con el menor número de egresados a nivel técnico y profesional a pesar de ser el clúster con el mayor número de empresas, y el que más empleos genera en la fabricación de equipo aeroespacial, por lo cual, también se podría inferir que es un clúster con una baja especialización.

La profundidad con la que se conoce y trabaja en un sector está asociada también al nivel de especialización del personal que labora en él. En esta situación el nivel de

formación y especialización no sólo en el área técnica sino también en el ámbito de la investigación depende y queda a cargo principalmente de personal con un perfil que se adquiere a través de estudios de posgrado. De acuerdo con información de la ANUIES (2021), abajo se muestra el número de egresados por estado asociado a los principales clústeres aeroespaciales nacionales, con nivel de especialización, maestría y doctorado de modalidades escolarizada y no escolarizada en áreas de ingeniería, manufactura y construcción, ciencias naturales, matemáticas y estadística asimilables por el sector aeroespacial, excepto tecnologías de la información y comunicación relacionadas con cómputo e informática. Se incluyen los de sistemas digitales, control y telemática.

Figura 3.24 *Egresados con nivel de posgrado por clúster aeroespacial*



Fuente: Elaboración propia con información de ANUIES (2021)

Nota: Anuarios estadísticos de educación superior, varios años.

A este respecto, de acuerdo con la información de ANUIES 2021 (ver Tabla 3.9 y Figura 3.24), se aprecia un incremento en los clústeres de Baja California, Sonora y Querétaro mientras que en los de Chihuahua y Nuevo León se ve una disminución en el número de egresados con nivel de posgrado, sin embargo, la demanda de personal especializado no cubierta por el propio clúster puede ser atendida por egresados de instituciones de otros estados que no queda reflejado en las gráficas expuestas. Se destaca el comparativo entre el clúster de Baja California con los de Nuevo León, Querétaro y Chihuahua, en donde se

muestran con un número mayor de egresados, lo cual puede ser motivo de una mayor oferta de programas de estudio debido a la demanda por este tipo de perfiles dentro del clúster y otros sectores. Cabe mencionar que este tipo de perfiles, principalmente los que cuentan con el grado de doctor se enfocan principalmente en la investigación.

Tabla 3.9 *Egresados con nivel de posgrado por clúster aeroespacial*

	2013-2014	2014-2015	2015-2016	2016-2017	2017-2018	2018-2019
Baja California	115	144	163	244	210	170
Chihuahua	248	247	241	219	173	153
Nuevo León	291	317	351	439	292	205
Querétaro	168	155	157	134	208	203
Sonora	118	186	157	230	233	175

Fuente: Elaboración propia con datos de ANUIES (2021) (anuarios estadísticos varios años). Nota: Incluye egresados de modalidades escolarizada y no escolarizada de áreas de ingeniería, manufactura y construcción, ciencias naturales, matemáticas y estadística, asimilables por el sector aeroespacial, excepto tecnologías de la información y comunicación relacionadas con cómputo e informática. Se incluyen los de sistemas digitales, control y telemática.

3.4.11 Recursos humanos de investigación

Una de las variables a considerar para el establecimiento de una empresa en una localidad o clúster es el acceso y disponibilidad a recursos humanos, con las capacidades y habilidades necesarias para llevar a cabo las actividades y operaciones de forma satisfactoria, que permitan una producción continua, de calidad y de acuerdo a los estándares requeridos por la empresa y los mercados que atienden.

A continuación, se muestra información referente a los recursos humanos altamente especializados, principalmente enfocados en áreas de investigación dedicados a producir conocimiento científico y tecnología, de los estados asociados a los clústeres aeroespaciales mexicanos, con el propósito de comparar la disponibilidad del clúster aeroespacial de Baja California con los otros clústeres nacionales durante el periodo 1999-2019.

Para hacer este comparativo, se ha tomado como referente al Sistema Nacional de Investigadores (SNI), que es un programa que otorga reconocimientos por el trabajo de las personas dedicadas a producir conocimiento científico y tecnología, que se otorga a través de un riguroso proceso de evaluación por pares. Contar con ésta distinción simboliza la calidad y prestigio de los trabajos científicos, que contribuyen con la formación y consolidación de investigadores del más alto nivel, como un elemento fundamental para

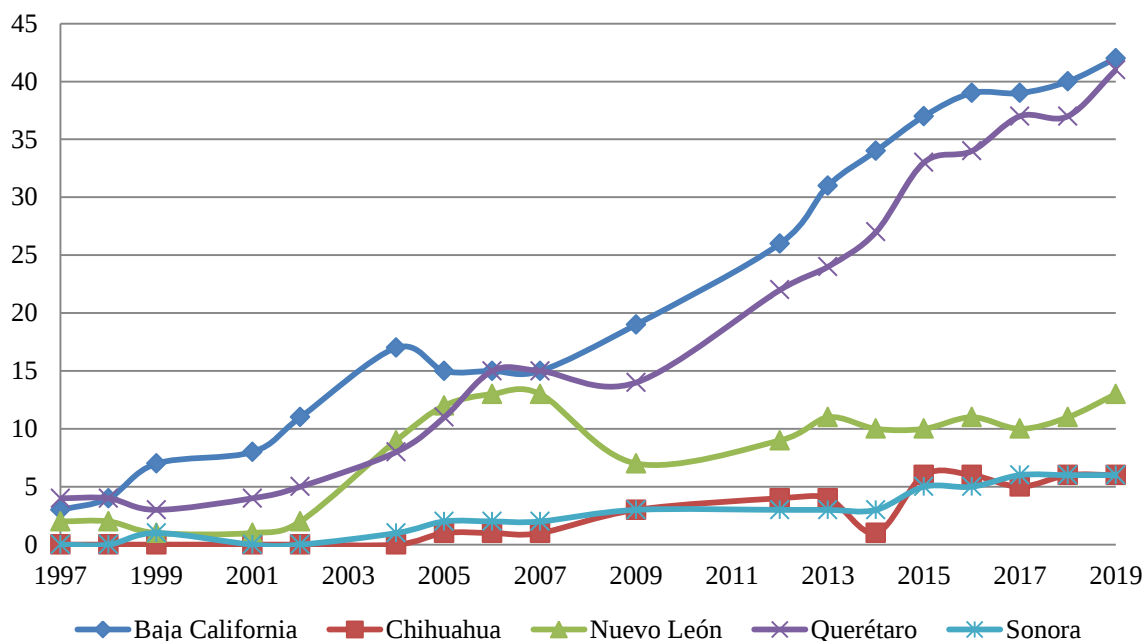
incrementar la cultura, productividad, competitividad y el bienestar social. El SNI cuenta con los siguientes reconocimientos: investigador con nivel de candidato, de nivel 1, de nivel 2 y de nivel 3, más el reconocimiento de investigador Emérito.

Es necesario identificar las diferencias principales entre los niveles de SNI porque de esto depende la experiencia y consolidación de saberes en áreas de interés, o si éstas son de reciente incorporación en el clúster como temas de investigación. A este respecto, los que cuentan con el reconocimiento de candidato deben tener el grado de doctor, demostrar la habilidad y la capacidad de llevar a cabo investigaciones originales y no tener más de 15 años de la obtención del grado, son básicamente investigadores que se están incorporando y dependen de los más consolidados.

Para el nivel 1, el investigador debe mostrar su capacidad en la dirección de tesis, en la enseñanza a nivel profesional y licenciatura como también su experiencia en la creación de conocimiento en su campo. Para el nivel 2, se necesitan los requisitos anteriores, además la calidad de su investigación en su campo debe ser reconocida por el sistema (SNI). Se requiere un mayor nivel de dirección de tesis u otras formas de apoyo a la enseñanza. El nivel 3 está reservado para los investigadores que han hecho contribuciones significativas en sus campos en México, aquí se encuentran los investigadores consolidados, y reconocidos por su experiencia en líneas específicas de investigación.

Todos los niveles están sujetos a una re-evaluación excepto los Eméritos cuyo reconocimiento es vitalicio. El SNI organiza a los investigadores en siete áreas, no obstante, para tener información asociada a los perfiles de investigación afines a los temas de interés de las organizaciones que conforman los clústeres aeroespaciales, únicamente se han considerado los investigadores de las áreas de Ingeniería y Ciencias Físico Matemáticas y de la Tierra.

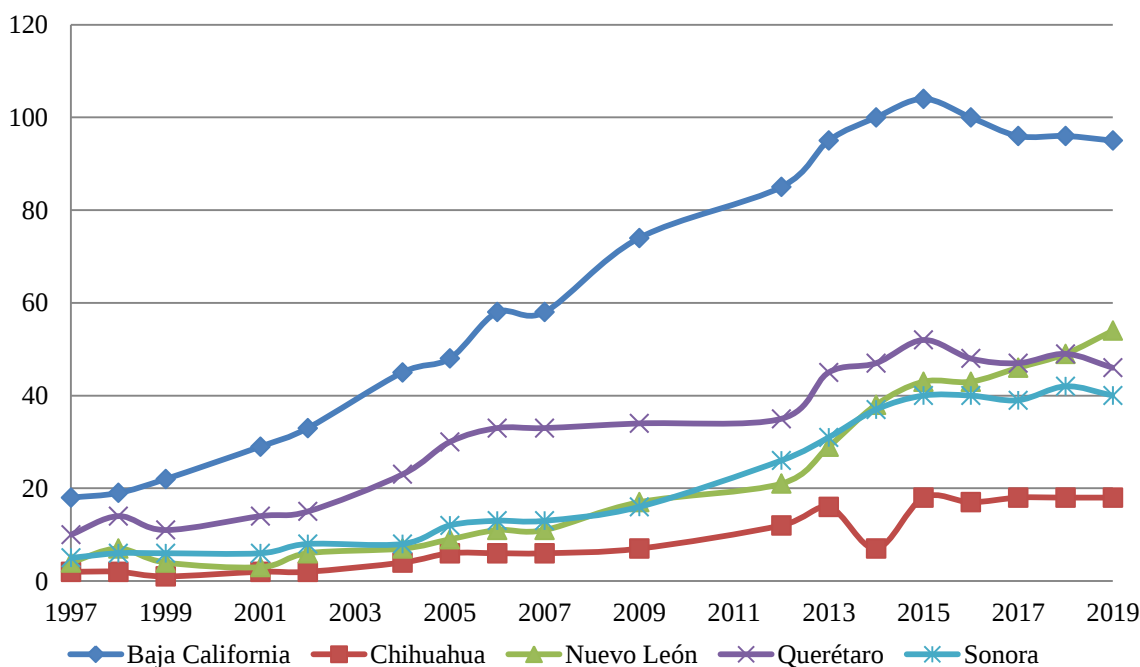
Figura 3.25 *Investigadores SNI nivel 3 en los estados asociados a los clústeres aeroespaciales*



Fuente: Elaboración propia con datos de Conacyt (2020b), varios años.

Primero se muestra un comparativo en el número de investigadores incorporados al Sistema Nacional de Investigadores en el nivel 3 (SNI 3), durante el periodo 1997-2019, en los estados asociados a los clústeres aeroespaciales mexicanos (ver Figura 3.25). Para el periodo considerado, se observa los clústeres aeroespaciales de Baja California y Querétaro un incremento el número de investigadores que se caracterizan por contar con las contribuciones más significativas y específicas en áreas afines al sector aeroespacial. La tendencia entre estos clústeres es muy similar por lo cual, sólo por el mayor número en este nivel, el clúster aeroespacial de Baja California tiene una ventaja sobre el resto al contar con la mayor cantidad de investigadores SNI 3 respecto de los otros clústeres, y una diferencia importante con el clúster de Nuevo León que pese a disponer del mayor número de egresados con nivel de posgrado cuenta con menos de la mitad de investigadores de nivel 3, lo cual representa mayor actividad de investigación de frontera en Baja California que en los otros clústeres aeroespaciales nacionales en áreas de Ingeniería y Ciencias Físico Matemáticas y de la Tierra.

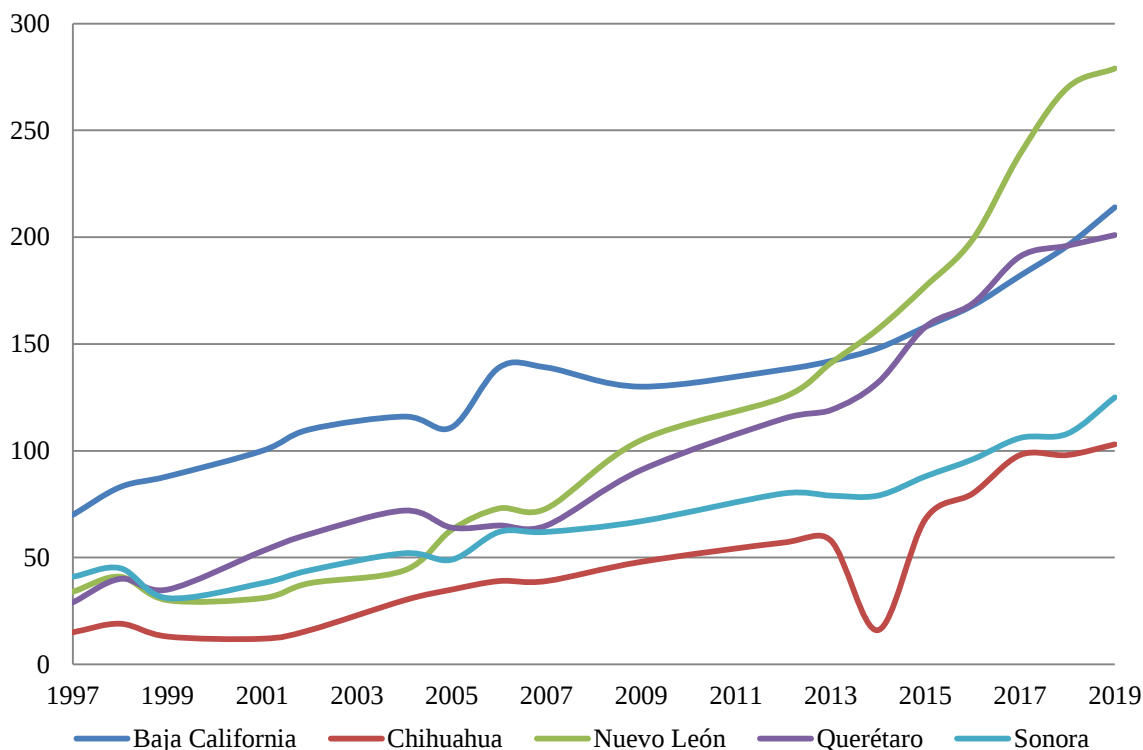
Figura 3.26 *Investigadores SNI nivel 2 en los estados asociados a los clústeres aeroespaciales*



Fuente: Elaboración propia con datos de Conacyt (2020b), varios años.

Con respecto al número de investigadores incorporados al Sistema Nacional de Investigadores en el nivel 2 (SNI 2) durante el periodo 1997-2019, en los estados asociados a los clústeres aeroespaciales mexicanos, la Figura 3.26 muestra un comparativo donde destaca significativamente el clúster aeroespacial de Baja California. Los investigadores SNI 2 son reconocidos en el sistema por su nivel de producción y especificidad en sus líneas de investigación, además que son candidatos al siguiente nivel, lo cual representa un indicador acerca de que se están ampliando las áreas de especialización, de interés para las organizaciones del clúster aeroespacial correspondiente. No se omite observar que en este nivel los clústeres de Nuevo León y Querétaro se mantienen con una tendencia positiva; no obstante, el clúster aeroespacial de Baja California aventaja en este rubro y con las políticas institucionales adecuadas tiene la posibilidad de ampliar aún más esta ventaja.

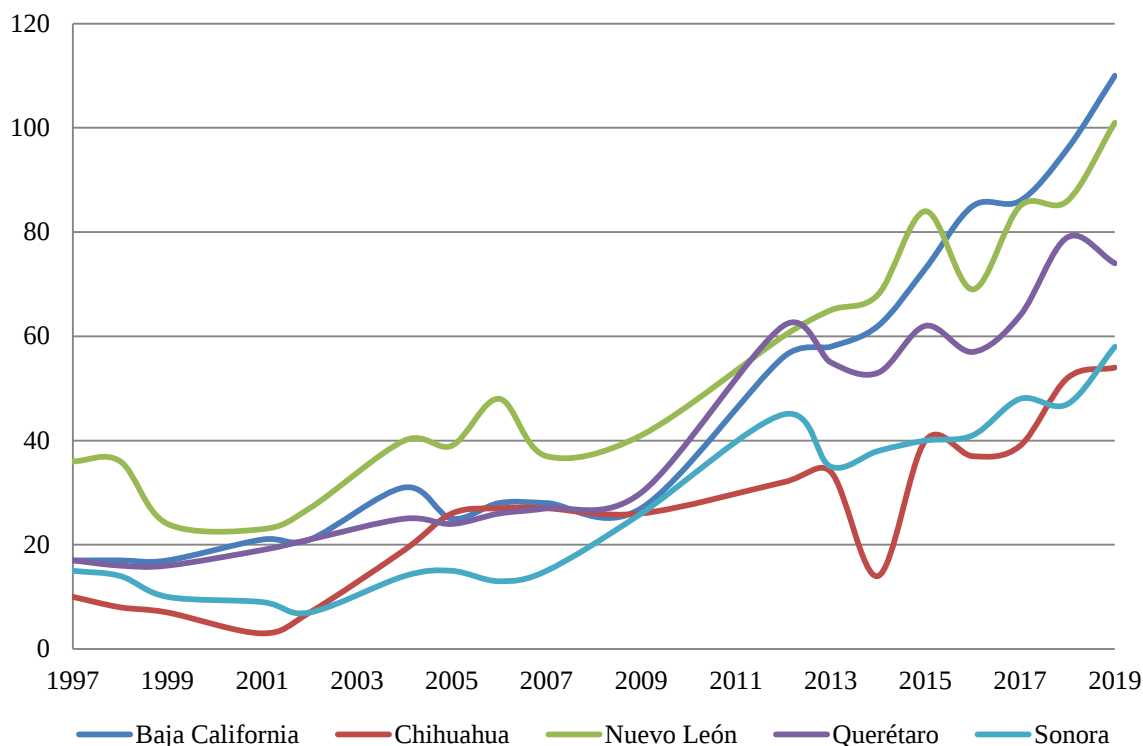
Figura 3.27 *Investigadores SNI nivel 1 en los estados asociados a los clústeres aeroespaciales*



Fuente: Elaboración propia con datos de Conacyt (2020b), varios años.

La Figura 3.27 muestra un comparativo en el número de investigadores incorporados al Sistema Nacional de Investigadores en el nivel 1 (SNI 1) durante el periodo 1997-2019, en los estados asociados a los clústeres aeroespaciales mexicanos. Con respecto a los investigadores SNI 1, es evidente el trabajo que han venido realizando las instituciones de educación e investigación de Nuevo León durante al menos los últimos 12 años, no sólo por ser el clúster con mayor número de egresados con nivel de posgrado sino también al destacar por encima de los otros estados en este nivel, si tomamos en cuenta que en los niveles 2 y 3 se ve superado por Baja California y Querétaro. Los investigadores de este nivel, serán aquellos que en el mediano y largo plazo reduzcan la brecha que existe con Baja California y Querétaro en los niveles superiores, generando una masa crítica de especialización en condiciones de potenciar la investigación en favor del clúster aeroespacial asociado, el estado y la sociedad.

Figura 3.28 *Investigadores SNI nivel C en los estados asociados a los clústeres aeroespaciales.*



Fuente: Elaboración propia con datos de Conacyt (2020b), varios años.

Finalmente, en el número de investigadores incorporados al Sistema Nacional de Investigadores en el nivel de candidatos (SNI C) durante el periodo 1997-2019, en los estados asociados a los clústeres aeroespaciales mexicanos (ver Figura 3.28). Los doctores con este reconocimiento, son investigadores que se están iniciando en el ámbito de la investigación, que antes de generar líneas de investigación originales, comienzan colaborando con investigadores previamente consolidados mientras adquieren las herramientas y abordan los temas que marcarán su trayectoria de investigación. En buena medida apoyan a los investigadores con más experiencia en actividades más operativas como la docencia, dirección de tesis, coordinación de los equipos de trabajo por mencionar algunas de las actividades.

De manera similar como en los niveles superiores del SNI que se han analizado, los investigadores candidatos en el estado de Baja California, en los últimos cinco años se encuentran en mayor cantidad que en los estados de Nuevo León y Querétaro, que son

estados asociados a los clústeres aeroespaciales con los que se compara porque podrían parecer atractivos para la inversión en el sector aeroespacial por su reciente potencial.

En conclusión, si consideramos estos números como un indicador de recursos humanos especializados de alto nivel, se puede decir que Baja California es el clúster aeroespacial que cuenta con una mayor cantidad de recursos humanos especializados de alto nivel, tanto de investigadores consolidados con líneas más específicas de investigación, como de investigadores que están en proceso de formación y que son candidatos para ampliar en el mediano y largo plazo los temas de investigación de interés para el clúster aeroespacial de Baja California. En resumen, este aspecto representa una fortaleza del clúster aeroespacial de Baja California.

3.4.12 Capacidad inventiva en el clúster aeroespacial de Baja California

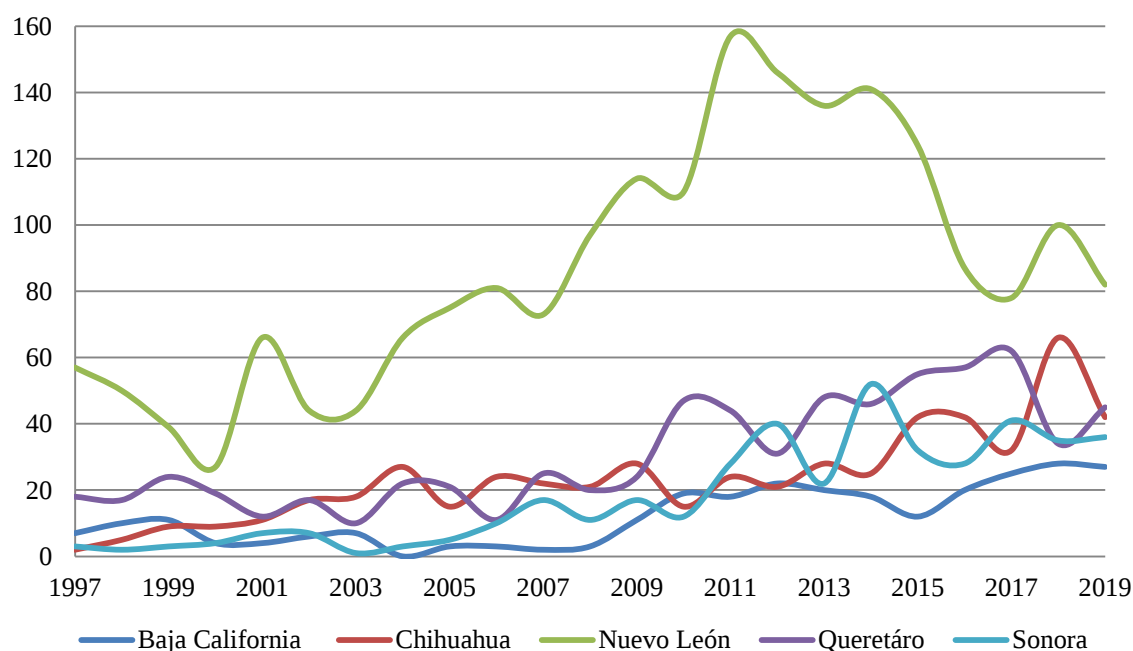
Contar con una política de gestión del conocimiento, constituye un instrumento para implementar un conjunto de acciones, con el propósito de orientar los flujos de conocimiento generados por las actividades e interacciones tanto al interior como al exterior de la organización. El fin último de obtener y registrar el conocimiento resultante de estas actividades es obtener alguna utilidad del mismo. Una manera legal de observar la cantidad y calidad del desarrollo tecnológico e innovación que se está generando de forma individual o como un conjunto de organizaciones, es a través del número de registros de propiedad industrial que pueda tener dicha organización, en específico me refiero a las solicitudes de patentes.

La dinámica en el número de solicitudes de patentes en un sector en particular como el aeroespacial es un indicador que nos brinda una intensidad relativa con la que se está generando desarrollo tecnológico e innovación como resultado del aprovechamiento práctico del conocimiento científico, técnico y de investigación. En esta idea, una forma de percibir la intensidad de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación que se está generando en los estados asociados a los principales clústeres aeroespaciales mexicanos, es a través de las solicitudes de patentes realizadas por los residentes de estos estados como se muestra en la Figura 3.29.

Con base en las cifras registradas por el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (IMPI) durante el periodo de 1997 al 2019, correspondientes a solicitudes de patentes de

residentes de los estados asociados a los clústeres aeroespaciales mexicanos: Baja California, Chihuahua, Nuevo León, Querétaro y Sonora; se graficaron los registros para apreciar la dinámica en este rubro entre estados. Las cantidades graficadas incluyen la totalidad de solicitudes de patentes, es decir, incluyen las solicitudes del conjunto de sectores industriales, incluidos entre ellos el sector aeroespacial. Antes de continuar, es necesario reiterar, que las cifras manejadas se refieren únicamente a solicitudes realizadas en la oficina de patentes en México.

Figura 3.29 *Solicitudes de patentes de residentes de los estados asociados a los clústeres aeroespaciales nacionales, 1997-2019*



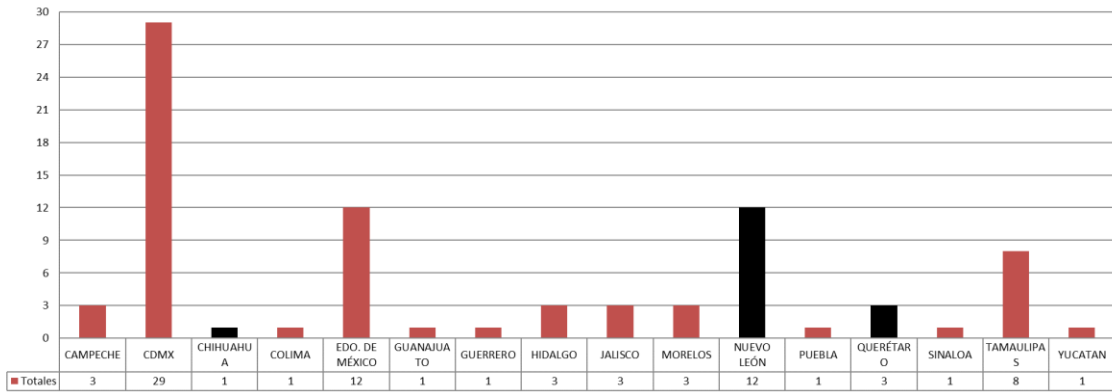
Fuente: Elaboración propia con datos del IMPI (2021), varios años.

La intención de este gráfico es observar la dinámica del estado de Baja California por estar asociado al clúster aeroespacial, objeto de estudio del presente trabajo, frente a la actividad en el mismo concepto con los estados asociados a los otros clústeres aeroespaciales mexicanos. Así, se observa que Baja California como estado es el que menor actividad registra en el rubro de solicitudes de patente en contraste con Nuevo León que destaca de manera importante, y frente a Querétaro, Chihuahua y Sonora que muestran un

ligero, pero mejor desempeño. La pregunta que surge ahora es, cómo es el comportamiento del sector aeroespacial de estos estados asociados a los clústeres.

Para brindar información que muestre el comportamiento del clúster aeroespacial de Baja California frente a los otros estados asociados a los clústeres aeroespaciales mexicanos, se ha hecho uso de la Clasificación Internacional de Patentes³. Como los libros de una biblioteca suelen ser clasificados por áreas temáticas, las patentes también son clasificadas por áreas, para ser preciso cuenta con ocho que van de la letra “A” a la “H”. En específico nos referiremos al segundo grupo encabezado por la letra B, vinculado a “Técnicas industriales diversas; transportes”, subgrupo B64 que comprende cuatro temas en los que se incluyen todas aquellas patentes que reclaman exclusividad de algún producto, proceso o uso de una técnica asociada a: aeronaves, aviación, y/o astronáutica.

Figura 3.30 *Patentes de nacionales por entidad federativa según la clasificación B64* durante el periodo 1975-2018*



Fuente: Elaboración propia con datos del IMPI (2021b).

Algunos de los productos, procesos o usos que quedan incluidos en la clasificación B64 son los asociados a: aeronaves más ligeras que el aire, aeroplanos, helicópteros, equipamiento interior o acoplable a aeronaves, trajes de vuelo, paracaídas, disposiciones o montaje de grupos motores o de transmisiones de propulsión en aeronaves, instalaciones en tierra o instalaciones en cubierta de portaaviones especialmente adaptadas para su uso en conexión con aeronaves, diseño, fabricación, ensamblaje, limpieza, mantenimiento o

³ Esta clasificación se puede consultar en el portal de la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (<https://www.wipo.int/classifications/ipc/es/>).

reparación de aeronaves, manipulación, transporte, ensayo o inspección de componentes de aeronaves, astronáutica, vehículos o equipos a este efecto.

La información que nos muestra la actividad de los estados asociados a los clústeres aeroespaciales mexicanos se obtuvo del Sistema de la Gaceta de la Propiedad Industrial⁴ asociada exclusivamente al grupo de patentes que reclaman un producto, un proceso o el uso de alguna técnica de aplicación industrial en aeronaves, aviación y/o astronáutica, clase B64. Esta información se puede observar en la Figura 3.30, donde se aprecia que, de los cinco estados asociados a los clústeres aeroespaciales mexicanos, sólo en tres se registran actividad, es decir, en todo el periodo manejado en Chihuahua se reporta una, Nuevo León 12 y Querétaro 3 patentes. No hay registros de patentes en la clase B64 para los estados de Baja California y Sonora.

Tabla 3.10 *Patentes de nacionales por entidad federativa según la clasificación B64 durante el periodo 1975-2018*

RESIDENTE	1975	1983	1992	2001	2002	2005	2007	2008	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	Total
Campeche	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	3
CDMX	1	-	2	-	1	5	3	1	2	-	1	-	-	7	-	4	2	29
Chihuahua	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1
Colima	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1
Edo. de México	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1	-	1	6	3	-	-	12
Guanajuato	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1
Guerrero	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Hidalgo	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	3
Jalisco	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	3
Morelos	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	3
Nuevo León	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	8	2	-	-	12
Puebla	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1
Querétaro	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	3
Sinaloa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1
Tamaulipas	-	-	-	-	-	-	-	7	-	-	-	-	1	-	-	-	-	8
Yucatán	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1
Total general	1	1	2	3	1	7	4	8	5	1	3	1	5	27	5	6	3	83

Fuente: Elaboración propia con datos del IMPI (2021b), varios años.

Para este grupo de patentes (B64) durante el periodo indicado de 1975 a 2018, el número de patentes de nacionales es relativamente bajo, apenas llega a 83. Debido a la discontinuidad de patentes entre años durante el periodo manejado, la evolución anual se

⁴ Se puede consultar en el portal del IMPI (<https://siga.impi.gob.mx/newSIGA/content/common/principal.jsf>),

puede percibir mejor en comparación con otros estados en la Tabla 3.10, donde se observa una mayor dinámica durante los años a partir de 2013 que en los años previos y se ratifica la falta de participación de los estados de Baja California y Sonora.

Para percibir cómo en esta clase se encuentra ubicada la producción nacional de patentes otorgadas por la oficina de patentes mexicana, respecto de otros países, incluidos implícitamente los clústeres aeroespaciales mexicanos, en la Tabla 3.11 se muestran los números de patentes que se han otorgado asociadas exclusivamente al grupo que reclama un producto, un proceso o el uso de alguna técnica de aplicación industrial en aeronaves, aviación y/o astronáutica, clase B64. Como es de observarse, existen 299 patentes de residentes de EEUU, que representan más del triple de las patentes de mexicanos (83). También países como Alemania, Canadá, Francia, Israel, Reino Unido y Suiza muestran actividad importante que se ve reflejada en los registros de patentes, es decir, presentan sus solicitudes porque existe un mercado y una tecnología que les representa una ventaja competitiva.

Tabla 3.11 *Patentes por país según la clasificación B64* durante el periodo 1975-2019*

Año	Alemania	Argentina	Australia	Austria	Bélgica	Brasil	Canadá	China	Corea	Cuba	Dinamarca	Eslovaquia	España	Francia	Irán	Irlanda	Israel	Italia	Japón	Luxemburgo	Malasia	Noruega	Nueva Zelanda	Países Bajos	Reino Unido	Rumania	Suecia	Suiza	Turquía	USA	México	Total
1975	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1
1976	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	3	
1978	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	
1979	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	
1980	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1	-	2	
1981	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	2	
1982	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	4	
1983	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	3
1984	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	
1987	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	2	
1988	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	2	
1989	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	2	
1990	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	2	
1991	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	3	
1992	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	5	
1993	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	3	5	-	
1994	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12	-	14
1995	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1	
1996	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9	-	9	
1997	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	4	-	-	-	-	2	-	3	2	6	-	19
1998	3	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	7	-	12	
1999	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	2	
2000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	2	
2001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	2	-	1	3	-	3	11	
2002	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	2	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	4	1	11
2003	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	6	
2004	1	-	2	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	8	16	
2005	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	7	13	
2006	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	3	-	16	-	21	
2007	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	4	-	-	-	-	2	-	-	-	-	2	-	2	-	-	-	20	4	37	
2008	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	2	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	28	8	43	
2009	2	-	-	-	-	-	6	-	-	-	2	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2	20	3	35	
2010	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9	-	17	
2011	2	2	-	-	2	1	10	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	20	1	41	
2012	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	2	-	-	-	-	2	-	-	-	-	2	2	-	8	3	22
2013	-	-	-	2	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	10	1	19	
2014	5	-	-	-	-	-	3	7	-	-	-	3	-	3	-	-	1	-	-	-	1	-	3	-	-	-	-	-	8	5	39	
2015	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	1	10	-	-	-	-	14	27	56	
2016	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	2	2	4	-	-	-	9	-	-	-	1	9	5	33	
2017	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	-	-	9	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	16	6	39	
2018	6	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	34	3	47	
2019	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	1	-	-	-	-	-	1	-	-	-	7	-	12	
Total	26	2	5	4	2	1	34	8	2	1	7	3	5	26	1	1	17	8	4	4	4	5	2	4	30	1	11	15	3	299	83	618

Fuente: Elaboración propia con datos del IMPI (2021b), varios años.

Para tener una perspectiva distinta sobre la magnitud de la generación, gestión y aprovechamiento del conocimiento tecnológico descrito en los documentos de patentes a nivel global, nuevamente hacemos otro comparativo; ahora en la Tabla 3.12 se muestra el agregado de patentes otorgadas al conjunto de organizaciones de un mismo país por la oficina de patentes de los EEUU, en la misma clase B64 asociada a tecnologías vinculadas a aeronaves, aviación y/o astronáutica. Mientras que en un mismo intervalo de años (1975-2019 para México y 1976-2020 para EEUU), el número total de patentes en la misma clase otorgado por la oficina de patentes mexicana asciende a 618, en la oficina americana es de 43,716.

Tabla 3.12 *Patentes por país, otorgadas por la oficina de patentes americana según la clase B64 durante el periodo 1976-2020*

País	Patentes USPTO 1976-2020	Patentes IMPI 1975-2019
EEUU	15,552	299
Francia	4,223	26
Alemania	3,337	26
Reino Unido	1,445	30
Canadá	612	34
Italia	268	8
Israel	216	17
Suecia	174	11
Suiza	134	15
Brasil	99	1
México	1	83
Total B64	43,716	618

Fuente: Elaboración propia con datos del IMPI (2021b) y USPTO (2021).

Esta diferencia de patentes aeroespaciales otorgadas por las respectivas oficinas de patentes de México y Estados Unidos, además de mostrar la diferencia en la actividad inventiva, también refleja el escaso interés que tienen organizaciones de otros países por obtener alguna patente mexicana al no representar un riesgo de explotación comercial o de vulnerabilidad tecnológica por no contar con las capacidades e infraestructura para llevar a niveles comerciales las tecnologías implícitas en las patentes.

Se puede observar el escaso número de patentes de titulares mexicanos en el grupo de la clasificación internacional de patentes B64, asociada a tecnologías vinculadas a aeronaves,

aviación y/o astronáutica en la USPTO. El criterio para definir la relación de países listados en la Tabla 3.12, fue comparar la dinámica con los países que más patentes lograron con la oficina de patentes mexicana pero ahora con la oficina de Estados Unidos.

3.4.13 El despegue de la industria aeroespacial en Baja California

El ascenso de la industria aeroespacial en Baja California se debe a cuatro factores: 1) la cercanía geográfica con Estados Unidos, especialmente con la Costa Oeste de ese país, donde se ubica gran parte de la industria aeroespacial; 2) la política de desarrollo industrial del Estado, que busca el desarrollo de un clúster aeroespacial; 3) la Ley de Fomento a la Competitividad y Desarrollo Económico, que ofrece incentivos a las empresas, y 4) la disponibilidad de recursos humanos especializados en el sector aeroespacial, tanto en el gobierno estatal como en el sector privado, cuyo interés ha generado importantes avances (Carrillo y Hualde, 2009).

Baja California permite que el desarrollo aeroespacial en México sea un proceso continuo de crecimiento. De las 97 empresas ubicadas en Baja California, la mayoría son extranjeras, reportándose a corporativos localizados en California; sus clientes más importantes son: Boeing, Departamento de Defensa de los Estados Unidos, Airbus, Bombardier, Embraer, Cessna y General Dynamic. En la ciudad de Tijuana se concentra el 49% de operaciones en el sector aeroespacial, el 39 en Mexicali y el 12% en los otros municipios del estado de Baja California (Hualde y Carrillo, 2007). En el clúster destaca la presencia de empresas multinacionales como Rockwell Collins, Honeywell Aerospace, Bourns Inc., Lockheed Martin, Aerodesing de México, Delphi Connections Systems, Eaton Aerospace. Las empresas medianas y grandes se encuentran establecidas en las ciudades de Tijuana y Mexicali, y las empresas pequeñas y micro en Tecate y Ensenada (Conacyt, 2014).

3.4.14 Certificaciones asociadas al Clúster de Baja California

Algunos de los principales trabajos relacionados con el sector y el clúster aeroespacial en Baja California son aquellos derivados de proyectos de investigación realizados por Carrillo y Hualde. Estos trabajos se caracterizan por abordar al sector aeroespacial profundizando en los temas de recursos humanos, empleo, competitividad, sector

maquilador, pero que presentan información referente en torno al sector. Uno de sus trabajos, con base en 23 encuestas y 10 entrevistas a profundidad realizadas a empresas del estado de Baja California, encontraron qué para las maquiladoras y las empresas del sector, es muy importante contar con las certificaciones necesarias para cumplir con las regulaciones gubernamentales y de las armadoras o empresas Prime, Tier 1, Tier 2 y Tier 3 (Hualde y Carrillo, 2007).

Las principales certificaciones vinculadas al sector son las que emite la *Federal Aviation Administration* (FAA) de los Estados Unidos. Desde 2007, la Dirección General de Aeronáutica Civil Mexicana, dependencia mexicana encargada de otorgar los permisos que permiten el establecimiento de fábricas de aviones, motores, partes y componentes, así como de llevar su control y vigilancia, firmó el acuerdo *Bilateral Safety Aviation Agreement* (BASA) para que los productos fabricados en México no necesiten ser certificados en Estados Unidos, bajo la supervisión de la *Flight Standards District Office* en Los Angeles. Otras certificaciones son la AS9100/ AS9100D y en el sistema de calidad ISO 9001-2000, personal certificado en AITA, Green Belt y Black Belt. La *National Aerospace and Defense Contractors Accreditation Program* (NADCAP). Adicionalmente, una empresa debe contar con la licencia para la Regulación Internacional sobre Tráfico de Armas (*International Traffic in Arms Regulations, itar*), que incluye un conjunto de regulaciones del gobierno de los Estados Unidos para la importación y exportación de artículos de defensa y servicios del sector aeronáutico (Carrillo y Hualde, 2009; Chavarria y Carrillo, 2018).

3.4.15 Productos potenciales en el Clúster de Baja California

De acuerdo a Hualde y Carrillo (2007), con información de PRODUCEN (2006), los productos con potencial manufacturero en Baja California son: las herramientas de control y del sistema eléctrico; sistemas electrónicos y mecánicos; componentes de tren de aterrizaje, de los sistemas hidráulico y neumático, del motor, de materiales compuestos, de aluminio, de simuladores de vuelo, de sistemas visuales, de los sistemas de oxígeno, de la seguridad del aparato y de maquinados de precisión. En relación al proceso de producción y a los insumos, los más usados son: acero, kevlar, fibra de carbono, hule, aluminio, fibra de vidrio y titanio. Algunos de los productos manufacturados son: cobijas aislantes para

fuselaje de aeronaves; moldeo de hule negro para empaques, sellos, tambores; aparatos y sistemas electrónicos; intercambiadores de calor, radiadores, turbinas y compresores para avión; cables y arneses electrónicos para avión; diversas partes de turbina para avión; diseño de interiores para cabinas de pasajeros; herramientas de precisión y piezas metálicas para avión.

Para darnos un panorama sobre el nicho final de los productos que se manufacturan en las empresas del clúster aeroespacial de Baja California, es a partir de los datos obtenidos con la encuesta realizada y reportados por Carrillo y Hualde (2009), que podemos ver que el 63% de las empresas encuestadas, dirigen su producción tanto a la aviación civil como militar, el 23% sólo a la aviación civil (a empresas como Boeing y Airbus) y el 14% a la producción de helicópteros y aviones militares. El 91% de las empresas se ubican en el cuarto nivel (Tier 4) y únicamente dos empresas se ubicaban en el segundo nivel. El hecho de que no existan plantas armadoras de aviones como Boeing o Bombardier, ni empresas ubicadas en el primer y el tercer nivel, y solo dos en el segundo, refleja las limitadas capacidades que tiene la industria aeroespacial en Baja California por el momento.

3.4.16 El diseño como nicho de oportunidad en el clúster aeroespacial de Baja California

En el afán de dimensionar el impacto de las empresas en Baja California en la producción y el empleo, Hualde y Carrillo (2007) encontraron que, en promedio, se emplean a 23 ingenieros por establecimiento, aproximadamente el 7.6% del empleo total y un 22.5% del segmento de empleo calificado. Con una alta dispersión debido a que algunas empresas sólo ocupan a un ingeniero mientras otras a 200. Los principales perfiles que buscan los empleadores son las especialidades como electrónica y maquinados CNC en el caso de los técnicos, y las ingenierías como la mecánica, con conocimientos en diseño mecánico, software de diseño mecánico y la electromecánica. En cuanto a la capacitación, la empresa destina en promedio entre el 3 y 5% del tiempo del trabajo para que el personal tenga tiempo para estudiar y los horarios son flexibles. Además, la empresa absorbe el 100% del costo para una ingeniería y para posgrado la planta les apoya con el 80% de los gastos.

Menciona Hualde y Carrillo (2007) que, en las plantas de Baja California no se hacen diseños sino solo trabajos de verificación de diseños, es decir, se hacen las pruebas para validar las tolerancias y especificaciones que las empresas requieren. Los procesos de diseño normalmente se ganan por concurso mediante una licitación. Los ingenieros del sector actualmente trabajan con Catia, que es un software de diseño más robusto que otros como el Autocad o SolidWorks. Anteriormente se traían ingenieros con experiencia de otros sectores donde también se maneja este *software*; sin embargo, ahora en Baja California, se han establecido el Centro de Innovación y Diseño para la Industria Aeroespacial en Tijuana, liderado por la Universidad Tecnológica de Tijuana, donde se brindan cursos de Catia para los ingenieros de las empresas que lo soliciten y el Centro de Innovación y Diseño liderado por CETYS Universidad en Mexicali, donde se ofrecen servicios de diseño.

A lo largo del documento se ha destacado que la manufactura es una de las principales actividades del clúster aeroespacial de Baja California. También se ha resaltado la relación que existe entre el diseño y las actividades de mayor valor agregado. A este respecto, el sector aeroespacial cada vez requiere de los ingenieros mayores competencias en materia de diseño y manejo de software especializado como Catia o al menos SolidWorks. Así, se justifica la creación de nuevos programas o especialidades a distintos niveles en competencias relacionadas con el diseño. Por lo anterior, el diseño se considera como un nicho de oportunidad que poco se ha abordado y que toma más impulso cada día en las empresas del sector aeroespacial, pero también en las del sector automotriz en Baja California.

Un ejemplo tangible acerca de que el diseño en el clúster aeroespacial es un nicho de oportunidad y una tendencia que cobra cada vez más fuerza, se infiere a partir del trabajo realizado por Shenhar, Holzmann, Melamed, y Zhao, (2016), en donde describen la experiencia de Boeing en el diseño y fabricación del Boeing-Dreamliner 787, en el que se implementó un proceso de producción innovador para el sector aeroespacial, que consistió principalmente en externalizar gran parte del diseño, la ingeniería, la fabricación y producción de la aeronave a una red global de 700 proveedores locales y extranjeros. Este modelo dejó ver que los proveedores no estaban preparados para cumplir con las demandas al ritmo que requería Boeing, además de tratarse de un producto nuevo, complejo y de alta

tecnología. Finalmente, después haber implementado todo un sistema global de producción y coadyuvado a desarrollar a sus proveedores con los estándares requeridos, se puso en el mercado a la aeronave.

3.4.17 Competencias requeridas por empresas del Clúster aeroespacial de Baja California

El clúster aeroespacial de Baja California desde el ámbito empresarial demanda competencias de tipo técnico no profesional y profesional. En el nivel técnico no profesional, las competencias más requeridas se agrupan en torno a los procesos de soldadura y metalmecánica con y sin desprendimiento de viruta. Las ocupaciones principales son las de: torneros, fresadores, programadores de máquinas CNC, herramentistas, cortadores, dobladores y laminadores. En el nivel profesional, las competencias técnicas se asocian con la organización de procesos, calidad, manufactura, control numérico, moldeo e inyección de plástico, diseño, componentes para maquinaria, arneses y cables, componentes para sistemas de aterrizaje, intercambiadores de calor, metrología, reparación de superficies de sustentación, sistemas de audio y video, componentes electrónicos e interiores, y otras muy específicas que dependen de la particularidad del producto. Las operaciones son realizadas por ingenieros industriales, mecánicos, electrónicos, mecatrónicos, aeronáuticos o perfiles afines.

Otras capacidades mencionadas por Carrillo y Hualde (2009), transversales a los grados de formación, son aquellas identificadas según el nivel de importancia bajo la siguiente parametrización: los niveles de importancia van del 1 al 5, donde 5 es un nivel con mucha importancia. (5) Trabajo en equipo (5) Motivación por la calidad (4) Capacidad de análisis (4) Resolución de problemas (4) Capacidad de liderazgo (4) Capacidad de organización (4) Habilidades en las relaciones interpersonales (3) Conocimiento de lenguas extranjeras (inglés). También mencionan que las empresas capacitan a los empleados en temas vinculados a la adopción de buena práctica como: *5-S*, *Kaizen*, *Six Sigma*, *Lean Manufacturing*, *Lean Production* y trabajo en equipo.

Las empresas buscan valores éticos en el personal, principalmente por la calidad de la información a la que tienen acceso. Buscan gente que sea versátil, flexible y polivalente, para poder cambiarla de puesto de trabajo. Es complicado que los empleados con grado de

primaria superen los procesos de aprendizaje que involucran los distintos grados de certificación y capacitación. Las empresas ocupan, en promedio, un 17.8% de técnicos del total de empleados por establecimiento. Respecto del número de ingenieros ocupados en promedio, se emplea a 23 ingenieros por establecimiento, esto representa alrededor del 7.6%. La tasa de rotación mensual promedio es del 10.4% para Tijuana y del 14.3% para Mexicali (Carrillo y Hualde ,2009).

Algunos datos obtenidos a partir de la muestra del trabajo de Carrillo y Hualde (2009), dejan ver que las empresas del clúster sí se vinculan con instituciones de educación técnica y superior, donde las escuelas con las que es más frecuente la interacción son el CECATI, el CONALEP y el CBTIS. Finalmente identifican tres tipos ideales de plantas: la planta ensambladora, la planta manufacturera multiproducto con diseño y el centro de excelencia en ingeniería. Las empresas resaltan la dificultad a la que se enfrentan a la hora de contratar personal de acuerdo con los requerimientos, a la vez que señalan que no tienen vínculos satisfactorios con las instituciones académicas. Las empresas no se desarrollan en los niveles más altos y especializados de la aeronáutica o aeroespacial, sino en las de menor valor agregado, lo que hace ver que el sector en Baja California tiene importantes rezagos y limitaciones.

3.4.18 Puntos de oportunidad del clúster aeroespacial de Baja California

En la Agenda de Innovación de Baja California, se menciona que el desarrollo económico en el estado de Baja California se ha articulado con base en una política de clústeres, donde las autoridades consideran que su proximidad con el polo tecnológico de San Diego, California, contribuye a capitalizar actividades con mayor valor agregado y brindan nuevas oportunidades de negocio para los distintos sectores estratégicos y de esta manera puedan integrarse a las cadenas globales de valor. Dicha agenda, destaca la debilidad del vínculo entre la academia y las empresas, la falta de integración de proveeduría nacional, la escasez de capital humano experimentado en procesos de fabricación convencional, la poca actividad de planificación academia-gobierno-industria y a una incipiente incorporación de tecnología de punta en los procesos de manufactura. Así también, enfatiza en la falta de estudios en el estado de Baja California referidos a la situación de las empresas mexicanas en el sector aeroespacial y a la necesidad de fomentar

el desarrollo de la cadena de suministro en la industria aeroespacial, sacando ventaja de la gran cantidad de empresas de manufactura establecidas en el estado (Conacyt, 2014).

La industria aeroespacial se enmarca dentro del paradigma de la manufactura avanzada, es responsable del diseño, desarrollo, fabricación, ensamblaje, comercialización, reparación y venta de aeronaves, desarrolla sus actividades en todo el mundo y está estrechamente vinculada a las cadenas globales de valor con un número reducido de grandes empresas OEM (Prime). A este respecto, Gomis y Carrillo (2016), concluyen que, en términos de la cadena global de valor, el grueso de las actividades parece estar en niveles o eslabones inferiores del proceso productivo, sugiere que las empresas ubicadas en Baja California principalmente realizan proveeduría para apoyar a aquellas que producen partes y componentes para otras empresas fuera del país (ver Tabla 3.13).

Algo que se debe reconocer pese a que las actividades son de niveles bajos en la cadena global de valor no se puede hablar de actividades simples en este sector, porque incluso las actividades de fabricación o de montaje deben cumplir con las certificaciones exigidas por el cliente y el sector, según lo expresado por algunos empresarios, exige altos volúmenes de inversión y una alta dependencia de innovación y de I&D.

Tabla 3.13 *Análisis FODA del clúster aeroespacial de Baja California*

	FORTALEZAS	DEBILIDADES
--	------------	-------------

Internos	F.1 Ley de Fomento a la Competitividad y Desarrollo Económico, que ofrece incentivos a las empresas. F.2 Experiencia a partir del programa de maquiladoras. F.3 Tratados de libre comercio con al menos 2 países. F.4 Marco normativo de Propiedad Intelectual. F.5 Se cuenta con infraestructura industrial para actividades de fabricación. F.6 Se cuenta con el mayor agrupamiento de empresas. F.7 De los agrupamientos es el que mayor número de personas emplea. F.8 Empleo creciente. F.9 El clúster cuenta con la presencia de empresas multinacionales representativas del sector. F.10 Especialización en la fabricación de equipo (85%). F.11 Bajos costos de manufactura. F.12 Exportaciones en aumento. F.13 80% de exportaciones a EEUU. F.14 Se cuenta con universidades, tecnológicos y centros de investigación en apoyo a las actividades del sector. F.15 Número importante de egresados de carreras técnicas y de ingenierías. F.16 Número importante de investigadores SNI. F.17 Empresas destinan recursos para la capacitación y formación de recursos humanos de sus empleados. F.18 Se cuenta con el apoyo de organismos intermedios que promueven la capacitación y la competitividad en las empresas. F.19 Ejecutivos especializados en el sector aeroespacial, tanto en el gobierno estatal como en el sector privado, cuyo interés ha generado importantes avances. F.20 Mano de obra calificada. F.21 Número de empresas ascendente.	D.1 Baja producción industria nacional (0.65% mundial). D.2 Baja actividad en mantenimiento y reparación (15%). D.3 Índice bajo de atracción de IED, lugar 40 de 100. D.4 Índice bajo de exportaciones a otros países diferentes a EEUU. D.5 Débil política de desarrollo del clúster aeroespacial. D.6 Escasa inversión para impulsar proyectos de I&D. D.7 Falta de capacidad de empresas locales para certificarse. D.8 Débil integración de proveeduría nacional. D.9 Escasa o débil vinculación con centros de investigación y unidades académicas (academia-empresa). D.10 Escasa vinculación con otras empresas del sector. D.11 Escaso personal en el área de diseño y manejo de software en diseño mecánico. D.12 En el estado se cuenta con nuevos centros para la capacitación y servicios de diseño con escasa actividad. D.13 Insuficientes habilidades blandas en el personal técnico de los distintos niveles de formación y buenas prácticas de calidad. D.14 No hay presencia de empresas ensambladoras finales (Prime). D.15 La mayoría de las empresas del clúster son de inversión extranjera. D.16 El 90% de las empresas son Tier 4. D.17 Escasas empresas que hacen investigación y desarrollo. D.18 Empresas con actividades de menor valor agregado en el sector. D.19 Falta de políticas de gestión del conocimiento. D.20 Políticas insuficientes que motiven actividades más complejas.
	OPORTUNIDADES	AMENAZAS
Externos	O.1 Cercanía geográfica con los Estados Unidos y Canadá, donde se encuentran asentamientos de las empresas más representativas del sector. O.2 Francia y Canadá principales proveedores de productos aeroespaciales a EEUU. O.3 Importaciones y exportaciones crecientes. O.4 Sector con balanza comercial positiva y en aumento. O.5 Recursos humanos calificados egresados de carreras técnicas e ingenierías de otras universidades del país. O.6 Suficientes centros de investigación y desarrollo. O.7 Incremento en la Inversión Extranjera Directa en el sector aeroespacial del país. O.8 Inversiones de largo plazo que funcionan como imanes para otras del mismo sector. O.9 Principales inversionistas en el país: EEUU, Canadá y Francia O.10 Deslocalización de grandes empresas. O.11 Diseño y manufactura de productos aeroespaciales con potencial. O.12 Actividades de manufactura en niveles o eslabones inferiores del proceso productivo.	A.1 Competencia con otros clústeres por la IED o el asentamiento de nuevas empresas. A.2 Deslocalización de empresas por ubicación en otro clúster o requisitos que no se pueden cumplir. A.3 Cambios en la política de impuestos. A.4 Cambios en la política de manejo de recursos humanos. A.5 Cambios en la política industrial y el esquema maquilador.
	Positivos	Negativos

Fuente: Elaboración propia.

Capítulo 4 Resumen teórico de referencia

4.1 Gestión del conocimiento

En la Economía del Conocimiento se reconoce la importancia que tiene el conocimiento en el desarrollo y crecimiento de las organizaciones, regiones y países. En donde la generación, la distribución y el uso del conocimiento se asocian a beneficios en diferentes esferas como la economía, la educación, la salud, la cultura, la productividad, la innovación, el crecimiento y el bienestar. Es necesario destacar que la finalidad del trabajo deja fuera de su alcance el debate en torno al concepto de conocimiento. Sólo se abordan algunas definiciones de conocimiento que contemplan dentro de su construcción, consideraciones afines, que permiten plantear relaciones entre gestión del conocimiento con otros conceptos considerados en la hipótesis del trabajo.

En primera instancia, se inicia con la delimitación del concepto de gestión del conocimiento. Se ha mencionado que el conocimiento es el resultado de la relación de dos dimensiones, la tácita y la explícita. A este respecto, Polanyi (1966) introduce el concepto de conocimiento tácito, definido como aquello que es obvio pero que no es fácil de explicar qué es o cómo se hace, constituido de dos partes, donde se conoce la primera asociada a nuestra conciencia, que permite atender la segunda parte, generando así la relación tácita del conocimiento; también refiere a que la componente explícita no sustituye a la contraparte tácita. Drucker (1966) menciona que el conocimiento reside en la persona y es la interpretación de la información. En estas definiciones se destaca la importancia de la persona, también se entiende el hecho de que entre más información o preparación disponga mayores posibilidades tendrá de atender los problemas o situaciones.

Cohen y Levinthal (1989, 1990) plantean que la habilidad para reconocer, asimilar y explotar la información y el conocimiento del ambiente se denomina aprendizaje o capacidades de absorción, que permitirá a las empresas hacer algo diferente. Por su parte, March (1991) propone un modelo asociado al desarrollo de conocimiento, basado en la relación entre la exploración de nuevas posibilidades y la explotación de lo demostrado. Un sistema que premia la exploración a la explotación, carga con los costos de la experimentación, con muchas ideas subdesarrolladas sin beneficio y pocas capacidades distintivas. En contraste, un sistema que valora la explotación en detrimento de la exploración, se encuentra en un equilibrio sub-óptimo. Mantener un balance adecuado es

vital para que el sistema sobreviva y prospere. Senge (1992) destaca que el éxito de toda organización se debe a la capacidad de aprender cosas nuevas y explotar la experiencia colectiva, el talento y la capacidad de los individuos que la conforman.

Por otro lado, Nonaka (1994) y Nonaka y Takeuchi (1995, 1999), proponen que la creación de conocimiento organizacional, es el resultado de un dialogo continuo entre el conocimiento tácito y explícito, que se transforma mediante cuatro procesos de interacción: 1) de tácito a tácito (socialización), 2) de tácito a explícito (exteriorización), 3) de explícito a explícito (combinación) y 4) de explícito a tácito (interiorización).

El origen temporal del concepto de gestión del conocimiento inicia con la conferencia celebrada en Boston a principios de 1993, específicamente dedicada a la gestión del conocimiento de acuerdo con Prusak (2001), quien distingue la práctica del aprendizaje organizacional de la asociada a la gestión del conocimiento, reconoce que el valor de las habilidades cognitivas aún no puede ser replicado por el silicio, lo que vuelve aún máspreciado a los componentes del conocimiento tácito tales como el juicio, el diseño, el liderazgo, las mejores decisiones, la persuasión, el ingenio, la innovación, la estética y el humor; lo que obliga a las organizaciones a preguntarse: ¿Qué sabemos? ¿Quién sabe? ¿Qué es lo que no sabemos? ¿Qué debemos saber?

La gestión del conocimiento es una disciplina que tiene como objeto generar, compartir y utilizar el conocimiento tácito (*Know-how*) y explícito (formal) existente en un determinado espacio, para dar respuestas a las necesidades de los individuos y de las comunidades en su desarrollo; la disciplina se ha centrado en la necesidad de administrar el conocimiento organizacional y los aprendizajes organizacionales, que los individuales, como mecanismos claves para el fortalecimiento de una región o espacio en relación con las visiones de futuro que van a determinar sus planes estratégicos de desarrollo en el mediano y largo plazo (Peluffo y Catalán, 2002).

La Gestión del Conocimiento es considerada como el proceso que promueve la generación, colaboración y utilización del conocimiento para el aprendizaje organizacional e innovación, con el que se genera nuevo valor y se eleva el nivel de competitividad en aras de alcanzar los objetivos organizacionales con eficiencia y eficacia. Es la gestión de los activos intangibles en función de las personas, los procesos (adquirir, organizar, divulgar, usar, medir) y la tecnología (Medina, D., Medina, A., y Nogueira, D., 2017).

4.2 Factores de la gestión del conocimiento

Una vez esbozado el escenario concerniente a la gestión del conocimiento, surge la necesidad de determinar aquellos elementos que estén vinculados con la gestión del conocimiento, entendida como el “proceso que promueve la generación, colaboración y utilización del conocimiento para el aprendizaje organizacional e innovación, con el que se genera nuevo valor y se eleva el nivel de competitividad en aras de alcanzar los objetivos organizacionales con eficiencia y eficacia” (Medina, D., Medina, A., y Nogueira, D., 2017, p. 17). A este respecto, se coincide en la necesidad de plantear como factores clave de gestión del conocimiento, a las personas, los procesos y la tecnología (Medina, D., Medina, A., y Nogueira, D., 2017; Bhatt, 2000; Ponjuán Dante, 2006; Petrides & Nodine, 2003; Quintana Fundora, 2006; y Medina Nogueira D., 2014).

En esta idea, las personas son las que gestionan el conocimiento. Por lo cual, la organización debe generar una estrategia, para crear el entorno adecuado en el que las personas estén formadas y motivadas para compartir el conocimiento necesario en el desempeño de su trabajo, que influya en el desarrollo de la cultura y la innovación (Medina, D., Medina, A., y Nogueira, D., 2017). Son las responsables de hacer efectiva la generación, la colaboración y utilización del conocimiento, con el cual se genera valor y eleva la competitividad en las organizaciones.

En cuanto a los procesos, Medina, D., Medina, A., y Nogueira, D., (2017) mencionan que los flujos de información de una organización están afectados principalmente por procesos como: adquirir, organizar, divulgar, usar, y medir, por quedar reflejados en la cadena de valor de conocimiento:

Adquirir: determinar fuentes de información, herramientas informáticas o las vías de recuperación de información necesarias para adquirir la información y realizar la captura.

Organizar: filtrar la información adquirida para obtener información útil, estructurarla (homogenizar) mediante el uso de metadatos y contextualizarla (puesta en valor de la información).

Divulgar: determinar las vías de divulgación y hacer llegar al público objetivo los productos /servicios creados.

Usar: implica usar la información a su alcance para la toma de decisiones, le agrega valor y la convierte en conocimiento para su posterior generalización (enfocado al cliente).

Medir: medir el uso e impacto de los productos/servicios brindados y detectar nuevas necesidades de información (enfocado al gestor).

Estos procesos deben estar relacionados con aquellos que promuevan la generación, colaboración y utilización del conocimiento para el aprendizaje organizacional e innovación, con el que se genera nuevo valor y se eleva el nivel de competitividad en aras de alcanzar los objetivos organizacionales con eficiencia y eficacia.

Finalmente se tiene el factor tecnología, entendido como un elemento facilitador para el soporte de la eficacia y la eficiencia de la organización, asociada con la aplicación de conocimientos para solucionar los problemas humanos; y con el conjunto de procesos, herramientas, métodos y equipo para producir bienes y servicios (Medina, D., Medina, A., y Nogueira, D., 2017). Este factor, también debe contribuir a generar una ventaja competitiva, nuevo valor y elevar el nivel de competitividad a fin de alcanzar los objetivos organizacionales con eficiencia y eficacia.

Por lo cual, la organización debe generar una estrategia, para crear el entorno adecuado en el que las personas estén formadas y motivadas para compartir el conocimiento necesario en el desempeño de su trabajo, que influya en el desarrollo de la cultura y la innovación (Medina, D., Medina, A., y Nogueira, D., 2017).

4.3 Clúster y su desarrollo

En el trabajo, además de abordar cómo la gestión del conocimiento se ve favorecida por factores definidos, también se toma en cuenta la contribución de estos factores en el desarrollo del clúster aeroespacial de Baja California. En este sentido, a partir de la definición de referencia y el marco teórico concerniente a los clústeres es como se extraen aquellos aspectos que dan muestra de que existe un desarrollo.

Una de las definiciones de clúster es propuesta por Porter (1998, 1998b), quien lo concibe como la concentración geográfica de empresas interconectadas, de proveedores de servicios especializados, de empresas relacionadas con otras industrias e instituciones asociadas como: universidades, agencias de estándares y asociaciones comerciales, en campos particulares, que compiten, pero también cooperan, vinculadas por elementos

comunes y complementarios. Abundando un poco más, agrega que los clústeres incluyen proveedores de insumos especializados, como componentes, maquinaria y servicios, y proveedores de infraestructura especializada, que se extienden aguas abajo a canales y clientes, y lateralmente a fabricantes de productos complementarios y a empresas en industrias relacionadas por habilidades, tecnologías o insumos comunes.

Sin duda, la ubicación geográfica y el entorno del clúster afectan la ventaja competitiva a través del crecimiento de la productividad de las organizaciones, que es el valor creado por día de trabajo y unidad de capital o recursos físicos empleados. Existen varias señales que hacen pensar que un clúster se está desarrollando favorablemente, principalmente cuando existen cambios en sus límites como:

- Cambios normativos asociados con políticas públicas de crecimiento y desarrollo, que incentivan y fomentan la interacción entre instituciones y organizaciones públicas y privadas. Es un proceso de largo plazo que implica eliminar obstáculos, relajar las restricciones y eliminar las ineficiencias que impiden la productividad e innovación.
- El surgimiento de subespecializaciones, que pueden estar enfocadas en la atención de necesidades técnicas, administrativas y normativas de las empresas o de segmentos específicos;
- La incorporación en el tiempo de nuevas empresas e industrias, o el crecimiento de las existentes, como resultado de nuevas inversiones locales y extranjeras, o la actualización o introducción de nuevas tecnologías de producción.
- Cambios en la participación de las organizaciones, no en un sentido geográfico sino en uno participativo, que se asocia con la capacidad de innovar en un ambiente abierto, donde la amplitud representa el número de vínculos con otras organizaciones y la profundidad la intensidad de la colaboración o participación.
- La creciente disposición de personal en todos sus niveles, desde los trabajos más operativos como estar en la línea de producción hasta trabajos técnicamente más complejos como estar en áreas de investigación y desarrollo, es una característica que no sólo atrae nuevas inversiones sino también, a recursos humanos de diferentes regiones, con distintas habilidades y competencias, que se ponen a disponibilidad en

beneficio de las organizaciones y que se van incorporando como parte del entorno del mismo clúster.

- Aumento en la subcontratación local, que facilita algunas tareas y actividades, sobre todo aquellas que se asocian a una reducción de costos y a disminuir la necesidad de tener grandes inventarios, además de evitar incurrir en costos adicionales y demoras al sustituir insumos de importación por locales o regionales. El aprovisionamiento dentro del clúster facilita la comunicación y la oferta de servicios auxiliares o de soporte, como instalación, depuración, capacitación, solución de problemas y reparación oportuna.

El desarrollo del clúster, suele llamar la atención de nuevos participantes y competidores para capturar las ventajas de la ubicación, como el acceso a habilidades especializadas, servicios, tecnología e información y otras oportunidades que a menudo se asocian con una disminución de costos y el acceso a instituciones especializadas que potencian sus capacidades para innovar, en contraste con ubicaciones que se distinguen por contar con salarios e impuestos más bajos, que se caracterizan porque carecen de infraestructura eficiente, proveedores disponibles, mantenimiento oportuno y otras condiciones que ofrecen los clústeres mejor consolidados.

Muchas de las ventajas competitivas de los clústeres dependen del libre flujo de información, de los intercambios o transacciones de valor agregado, de la voluntad de alinear las agendas y trabajar con todas las organizaciones, y de una fuerte motivación para mejorar. Lo anterior porque éstas están vinculadas no solo con lo local sino también con el contexto global, donde los costos de trasladar los productos son poco significativos para el valor del producto final como lo es en el sector aeroespacial. Las relaciones y las redes comprenden lo que es el valor social de los clústeres.

Derivado de esto, se destaca la relevancia de los clústeres sobre todo por su importancia económica en los lugares donde se establecen, sin embargo, otro elemento no menos importante es la generación y acumulación de conocimiento que estas aglomeraciones generan, brindando una ventaja a las empresas establecidas, toda vez que el proceso de transmisión y asimilación de este conocimiento es más lento a la distancia. Esta concentración de conocimiento, incrementa la probabilidad de que las empresas sean más innovadoras si se ubican junto a otras empresas innovadoras.

4.4 Modelo de innovación abierta

Exponerse a nuevas fuentes o estrategias externas para adquirir conocimiento de utilidad y poderlo digerir e incorporarlo en tecnología, no es una tarea fácil, se debe invertir en I&D interno con el propósito de ser capaces de utilizar tecnología externa, habilidades que Cohen and Levinthal (1989 y 1990), denominaron aprendizaje de la empresa o capacidades de absorción, para identificar, imitar, explotar el conocimiento externo, crear nuevo conocimiento y beneficiarse de los *spill overs*.

En esta idea, la innovación abierta debe entenderse como el uso deliberado de flujos de conocimiento hacia el interior y exterior de la organización para acelerar la innovación, y expandir el mercado; las empresas pueden y deben usar ideas externas así como ideas internas y caminos internos y externos al mercado, a medida que buscan avanzar en su tecnología; supone que las ideas internas también pueden llevarse al mercado a través de canales externos, fuera de los negocios actuales de la empresa, para generar valor adicional; las ideas valiosas pueden provenir de dentro o fuera de la empresa y pueden ir al mercado desde dentro o fuera de la empresa (Chesbrough, 2006).

Algunos aspectos que caracterizan y coadyuvan a socializar con mayor fuerza al modelo de innovación abierta entre las organizaciones para alcanzar la innovación y el mercado se consideran:

- El surgimiento de nuevas fuentes de financiamiento como el capital de riesgo, capital ángel, filántropos, inversionistas privados y estímulos gubernamentales coadyuvan a llevar al mercado las ideas de las empresas, universidades y centros de investigación, mediante la creación de organizaciones (*start ups*, *spin offs* o *spin outs*), con la finalidad de investigar y desarrollar nuevos descubrimientos en etapas tempranas de campos que podrían convertirse en la nueva ola económica de innovación.
- La formación de nuevos investigadores de alto nivel en ciencias por las universidades, ha incrementado la disponibilidad de recursos humanos y la oferta de servicios especializados, los cuales son la materia prima para el descubrimiento y el desarrollo, con conocimientos más amplios, que en conjunto con la difusión del conocimiento, contribuyen a descentralizar la I&D de las organizaciones y fomentar el efecto *spillover*.

- El gran dinamismo en la innovación abierta también se puede observar con el creciente número de solicitudes de patentes de fuentes como la Oficina de Patentes de Estados Unidos o el de la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual o de la Oficina Europea de Patentes o de las oficinas nacionales receptoras de patentes, lo cual es un indicador de la dimensión de la actividad inventiva en los países y el posicionamiento de los titulares de esas patentes en mercados extranjeros.
- Las presiones de mercado como los costos de desarrollo interno impulsan a las empresas a buscar lo que necesitan tan pronto como lo necesitan ya sea dentro o fuera de la organización.
- Se busca integrar al conocimiento que se genera en el laboratorio en tecnología, en beneficio propio o incluso para los competidores que buscan invertir en Propiedad Intelectual (PI), que los ayude a llegar al mercado lo antes posible, bajo la lógica de que entre más rápido sale del laboratorio más rápido los investigadores aprenden nuevas formas de aplicarlo.
- La organización no puede aislarse, debe encontrar fuentes de variedad, que les permitan crear nuevas combinaciones de tecnologías y de conocimiento (Nelson and Winter, 1982), así como vincularse con diferentes fuentes para adquirir ideas y recursos de fuentes externas de frente a la competencia (Chesbrough, 2003; Laursen and Salter, 2006; Dahlander and Gannb, 2010).
- Desde el marco de la innovación abierta se plantean los conceptos de amplitud y de profundidad, como dos dimensiones de estudio, para explicar la relación que existe entre las estrategias de búsqueda fuera de la organización que siguen las empresas, y el desempeño innovador (Laursen and Salter, 2006).

Bajo estas consideraciones, lo que se debe sobreentender del modelo de innovación abierta es que ahora las organizaciones se pueden enfocar en áreas específicas sin tener que hacerlo en todo el proceso de innovación. Es decir, pueden combinar el conocimiento interno y externo para crear nuevas formas de hacer las cosas, nuevos productos y servicios. Para esto se debe tener una buena gestión del conocimiento y los recursos al interior de la organización, para generar las capacidades que permitan a las empresas entender cómo trabaja la tecnología, reconocer el valor del conocimiento externo, asimilarlo y aplicarlo con fines comerciales (Cohen y Levinthal, 1990) y sociales.

Capítulo 5 Metodología

Las investigaciones dentro del campo de las ciencias sociales o del comportamiento, tienen entre sus responsabilidades, entender y explicar la conducta y los fenómenos sociales. Históricamente, el acercamiento con el objeto de estudio se ha realizado desde diferentes alternativas teórico-epistemológicas o paradigmas. A este respecto, Hurtado y Toro (2005) identifican tres estructuras coherentes: las analíticas (en las cuales se ubican las posturas positivistas, neopositivistas, empíreo-criticistas, pragmáticas, etc.); luego las dialécticas (fundamentalmente el marxismo) y finalmente las sistémicas (en las cuales se ubican el funcionalismo, el estructuralismo, el estructural funcionalismo, la teoría de sistemas, etc.).

Para los fines de la presente investigación es conveniente circunscribirse dentro del paradigma analítico porque para conocer la realidad, como lo indica Hurtado y Toro (2005), se hace a partir de unir o reconstruir los hechos, se buscan las causas que explican los fenómenos, se confrontan teorías y praxis, se detectan discrepancias y establecen conexiones entre variables, la experiencia es la fuente de conocimiento y por tanto existen verdades observables, se reconoce la realidad objetiva de los hechos sociales, propicia la utilización del método científico, que en la práctica resulta ser el método hipotético-deductivo.

De las posturas analíticas, la que se adopta como eje conductor del presente trabajo de investigación es la positivista porque en ella se aborda la realidad como todo aquello que existe dentro de las coordenadas tiempo, espacio y masa, y sólo considera la posibilidad de estudiar los hechos, los fenómenos, el dato experimentable, lo observable y lo verificable apoyándose del método científico; el cual es el más empleado, ya que, aunque es un método propio de las Ciencias Naturales, es ampliamente utilizado en las Ciencias Sociales (Hurtado y Toro, 2005).

En la práctica, con el método científico el investigador por medio de observaciones y reflexiones de muy variada naturaleza, llega a un conjunto de postulados (hipótesis) que supuestamente rigen el fenómeno en cuestión; de éstos deduce consecuencias observables (deducción) que después verifica para confirmar o refutar los postulados; en caso negativo los sustituye por otros y así sucesivamente, hasta que puede probar el fenómeno y llegar a conclusiones que pasan a formar parte de la teoría inicial (Hurtado y Toro, 2005).

Para llevar a cabo el proyecto de investigación, la postura que se adopta como eje conductor del trabajo es la positivista, porque ésta para explicar el fenómeno de estudio se apoya del método científico, el cual, a partir de la observación y la reflexión relaciona las variables

observadas en un postulado denominado hipótesis que se deberá probar. En particular, a partir de los temas de gestión del conocimiento, teoría de clústeres e innovación abierta. La hipótesis se sustenta en que el desarrollo del clúster aeroespacial de Baja California se ve favorecido por procesos de gestión del conocimiento que realizan las empresas bajo un ambiente de innovación abierta. Se consideran factores clave en la gestión del conocimiento las estrategias de gestión del conocimiento, los recursos humanos en sus distintos niveles, las tecnologías de producción y las nuevas inversiones en estos factores. Asimismo, se considera a las patentes gestionadas, la participación en convocatorias con proyectos vinculados y las nuevas inversiones como estrategias de gestión del conocimiento bajo el paraguas de la innovación abierta.

5.1 Enfoque de aproximación

Debido principalmente a la diferencia entre la esencia de la información, la disparidad de años y periodos de registro de los datos, no fue posible incorporar a todas las variables en una matriz susceptible de ser analizada por sólo una herramienta metodológica y así genera una respuesta determinante. En su lugar, de acuerdo con la heterogeneidad del abanico de datos disponible se observó que, para obtener una mejor apreciación, los datos se podían separar y evaluar en distintas dimensiones, con el empleo de diferentes herramientas metodológicas con las cuales procesar el abanico de datos y así generar una aproximación que permitiera explicar la hipótesis de investigación.

Por esta situación se optó buscar un enfoque que hiciera posible generar una respuesta que explicara la hipótesis de investigación envolviendo el conjunto de resultados obtenidos con las distintas herramientas metodológicas empleadas. En esta idea, se optó por un enfoque ecléctico de aproximación bajo el argumento de que el acercamiento ecléctico consiste en seleccionar lo mejor de varias doctrinas, teorías, ideas, metodologías, estilos y programas, tomando de cada una de ellas lo más aceptado para organizar una explicación al fenómeno estudiado.

Una vez elegido el enfoque ecléctico de aproximación como eje conductor para explicar la hipótesis. Y de acuerdo con la información disponible, se separaron los datos en cuatro conjuntos con características similares, y estar así en condiciones de emplear las siguientes cuatro metodologías complementarias: 1) Análisis de series de tiempo de variables

específicas contrastadas entre los principales clústeres aeroespaciales mexicanos, 2) Análisis de la capacidad inventiva con la dinámica del número de patentes entre los principales clústeres aeroespaciales, 3) Análisis de redes mediante el estudio de las vinculaciones en el Programa de Estímulos a la Innovación, Desarrollo Tecnológico e Innovación entre universidades y empresas de los principales clústeres aeroespaciales mexicanos, y 4) Análisis factorial con variables específicas al clúster aeroespacial de Baja California.

Tratando de aproximarse a explicar el desarrollo de clúster aeroespacial de Baja California con relación a distintas dimensiones de gestión del conocimiento bajo el paraguas del modelo de innovación abierta, se cuidó que la información evaluada por cada una de las herramientas metodologías empleadas, tuviera características que permitieran asociarla con un triple propósito, 1) como una actividad de gestión del conocimiento, 2) como una actividad bajo el enfoque de innovación abierta y 3) como resultado de las dos primeras se observará un cambio en los límites de las variables evaluadas como indicador de desarrollo del clúster aeroespacial de Baja California.

Con respecto a la información empleada, se hace énfasis en que el trabajo está relacionado con el clúster aeroespacial de Baja California, en donde la información técnica y económica formal y sistematizada asociada, en parte se encuentra en bases de datos por entidad federativa y a nivel de rama y subrama tomando como referencia la clasificación del CIAN, lo cual a este nivel únicamente se encuentra desglosada en los censos económicos nacionales que se realizan cada cinco años. Adicionalmente, en buena parte de las variables asociadas al sector aeroespacial en estos niveles (rama y subrama), se omite su publicación con el fin de garantizar el principio de confidencialidad y reserva por ser absolutos o por estar asociados a una empresa en particular. Esto derivó en una reducción y/o discontinuidad en los datos disponibles asociados al sector aeroespacial, lo cual, para procesar la información se requería un enfoque de permitiera utilizar diversas herramientas metodológicas para su análisis.

Otra razón por lo cual se optó por este enfoque se asocia con la escasa información derivada de la baja actividad del sector aeroespacial y nula para el estado de Baja California, como es el caso de las patentes concedidas, variable que es clave para evaluar la actividad inventiva de las organizaciones del clúster aeroespacial como una estrategia de

gestión del conocimiento, para apropiarse y proteger legalmente las innovaciones creadas en la empresa y como un referente de conducirse bajo el modelo de innovación abierta al ser un espacio de divulgación y promoción con fines comerciales con terceros interesados y observar cómo se han desplazado los límites del clúster aeroespacial en este tema.

Otro motivo por el cual se optó por este enfoque se relaciona con la evaluación del desarrollo del clúster aeroespacial de Baja California a través del incremento y profundidad de las interacciones entre actores del clúster aeroespacial, con base en el padrón de beneficiarios del Programa de Estímulos a la Innovación. Para evaluar este desarrollo, se requería una herramienta metodológica que permitiera evaluar la intensidad y frecuencia de las interacciones entre los actores con el triple propósito, 1) como una actividad de gestión del conocimiento, 2) que la actividad tuviera un enfoque de innovación abierta y 3) que como resultado de las dos primeras se observará un cambio que permitiera evaluar el cambio de los límites de esta variable como indicador de desarrollo del clúster aeroespacial de Baja California.

Adicionalmente, se contó con un conjunto diverso de variables, entre técnicas y económicas, asociadas a recursos humanos con diferentes niveles de formación y especialización, con aspectos de valor agregado relacionado con el tipo de tecnología empleada y con la posibilidad de potenciar dicho valor agregado. A este respecto se decidió emplear al análisis factorial debido a que es una herramienta de exploración que mediante la reducción de variables se genera una estructura de factores que respaldados teóricamente coadyuvan a explicar el fenómeno estudiado, en nuestro caso, nos referimos al desarrollo del clúster aeroespacial de Baja California. Cada una de las metodologías se presenta en apartados separados.

5.2 El enfoque ecléctico

El eclecticismo, de acuerdo con el diccionario de la lengua española de la Real Academia Española, es una “Escuela filosófica que procura conciliar las doctrinas que parecen mejores o más verosímiles, aunque procedan de diversos sistemas”. Etimológicamente, la palabra eclecticismo se refiere a la ciencia de la elección, su uso literario moderno implica ser “selectivo”, y seleccionar de una amplia gama de alternativas solo las verdaderamente relevantes (Valaskakis, 1975). De acuerdo con Bastidas (1989), en

el campo de la enseñanza un enfoque ecléctico trata de seleccionar los mejores procedimientos y técnicas de diferentes métodos para aplicarlos a una situación específica de enseñanza; en donde acompaña esta aseveración con citas de algunas definiciones del método ecléctico como: seleccionar lo que parece ser lo mejor de diversas fuentes, sistemas o estilos (Newton, 1974), una metodología ecléctica es aquella que utiliza las mejores (más apropiado y/o útil) partes de métodos existentes (Haskell, 1978). En general, el acercamiento ecléctico consiste en seleccionar lo mejor de varias doctrinas, teorías, ideas anteriores, metodologías, estilos y programas, tomando de cada una de ellas lo más aceptado para organizar una explicación al fenómeno estudiado.

De igual manera, como menciona Valaskakis (1975), el eclecticismo es un intento de modelar el presente de manera interdisciplinaria, en donde para desarrollar su modelo parte de la noción filosófica de escasez como la causa de muchos problemas sociales, relacionada con la insuficiencia de productos materiales y no materiales. En esta idea, derivado de la escasa información microeconómica a la que se tuvo acceso, principalmente la asociada a empresas que se genera regularmente por encuestas, como un bien no material, se adopta el enfoque ecléctico de aproximación como una forma de interpretar el papel que juega la gestión del conocimiento en el desarrollo del clúster aeroespacial de Baja California con la información disponible.

De manera general, en la literatura previa se han destacado algunas ventajas y desventajas como una recomendación a tomar en consideración en la aplicación del método ecléctico:

Ventajas:

- Permite estar abierto a escuchar y aprender diferentes posturas, y con base a estas juzgar la información y apropiarse de la que se ajuste mejor a cada criterio.
- Las complejas circunstancias de la gestión del conocimiento con diferentes materiales, métodos, etc...hace inconcebible que se pueda obtener un resultado exitoso con cualquier método o considerando todas las circunstancias.
- Las consideraciones particulares y complejas de la gestión del conocimiento impiden la aplicación de uno u otro método y obligan al investigador a buscar alternativas.

- Seleccionar de entre los métodos aquél que más se acerque a las necesidades y objetivos de los alumnos y de su programa.
- Seleccionar dos o más métodos que se complementen y se adapten a su circunstancia específica.

Desventajas:

- Uno de los peligros de la metodología ecléctica es la de crear un “Frankenstein” en lugar de crear una “Cinderella” (Haskell, 1978). Es decir, que la acumulación de diversos procedimientos, técnicas y materiales pueden producir un método tan irregular que es imposible de manejar y aplicar en una situación determinada.
- El eclecticismo corre el riesgo de interpretar que todos los métodos son válidos sin distinción alguna.
- Uno de los principales problemas de la tendencia ecléctica radica en la dificultad de formular convincentemente unos principios teóricos provenientes de diversas teorías... capaces de sustentar un plan... en forma sistemática y coherente.
- La independencia de los principios, procedimientos y técnicas provenientes de diversos métodos pueden generar una contraposición que va a contrarrestar la efectividad de la metodología ecléctica.

5.3 Análisis de series de tiempo de variables específicas contrastadas entre los principales clústeres aeroespaciales mexicanos

Mediante un proceso de análisis exploratorio de datos, a partir de herramientas estadísticas como gráficas de series de tiempo, se busca describir, explorar y comparar datos, con la finalidad de contribuir a entender como distintos indicadores asociados a la gestión del conocimiento contribuyen al desarrollo del clúster aeroespacial de Baja California en un ambiente de innovación abierta, contrastado con los principales clústeres aeroespaciales mexicanos.

El análisis de series de tiempo es un método cuantitativo que se utiliza para detectar patrones o cambios en los datos recolectados a través del tiempo. Con el análisis de series de tiempo se proyectan patrones con los cuales se puede observar el comportamiento de variable o situaciones con el paso del tiempo, lo cual permite obtener estimaciones sobre el crecimiento, fluctuaciones, variaciones regulares e irregulares. También, el análisis de

series de tiempo contribuye a manejar la incertidumbre asociada con acontecimientos futuros.

Los gráficos son una representación de variables continuas en el tiempo, generalmente asociada al eje de las abscisas. Estos se forman al unir los diferentes puntos en el tiempo por medio de segmentos rectilíneos. Tienen la ventaja de permitir la superposición en paralelo de dos o más líneas lo que facilita la comparación de otros fenómenos asociados al mismo período. En la realidad es una representación de una variable continua en el tiempo.

El procedimiento con el que se presenta la información de las variables sujetas al análisis estadístico asociado a series de tiempo, inicia con la mención de las variables, en donde se hace un preámbulo breve con el cual se destaca su relevancia como indicador, por contribuir al desarrollo a través de desplazar los límites de los clústeres en ese tema. Luego se muestran las tablas de datos y figuras correspondientes a cada variable, seguidas de una descripción de los patrones generados por los datos. En esta sección, además de buscar identificar las contribuciones de las variables en los cambios de los límites observados del clúster aeroespacial de Baja California, también se comparan con los cambios generados en otros clústeres aeroespaciales mexicanos (Chihuahua, Nuevo León, Querétaro y Sonora).

5.3.1 Descripción de las variables sujetas al análisis de series de tiempo de los principales clústeres mexicanos

Las variables que se seleccionaron como candidatas para desarrollar este análisis de series de tiempo se escogieron bajo los siguientes criterios: a) que fueran variables disponibles en sistemas, bases de datos, censos o padrones abiertos para su consulta, b) Que fueran asimilables, etiquetadas o específicas para el sector aeroespacial de acuerdo con el CIAN a nivel de rama (3364) o subrama (33641), Fabricación de equipo aeroespacial, y c) que fueran variables que evidenciaran un desplazamiento de los límites del clúster como resultado de la gestión directa o indirecta del conocimiento bajo el paraguas del modelo de innovación abierta. En esta idea, las variables que se abordaron son: Flujos de inversión extranjera directa, Empresas el clúster aeroespacial de Baja California, Ocupación en sector aeroespacial, Recursos humanos con formación superior y de posgrado, Recursos humanos de investigación, Valor agregado censal bruto y Valor agregado en promedio por persona ocupada.

5.3.1.1 Flujos de inversión extranjera directa

Una de las condiciones que caracteriza al sector aeroespacial mexicano es la cercanía que se tiene con los Estados Unidos y Canadá, esta ventaja hace que empresas y países que tienen como meta el mercado americano y canadiense se interesen cada vez más en traer inversiones, aunado a los esfuerzos del gobierno en sus distintos niveles por mejorar la participación del país en el mercado global. México se encuentra dentro de los países que mayor inversión extranjera directa (IED) han registrado en los últimos años. Incluso superiores a las captadas por estados Unidos, China, Rusia e India (FEMIA 2012)

Conocer los flujos de Inversión Extranjera Directa (IED) que se realizan en la industria manufacturera nacional y en particular en el sector aeroespacial es de suma relevancia porque es un indicativo de lo que se está invirtiendo en el país, pero cuando este indicador lo observamos en un periodo determinado a nivel del estado de Baja California y lo comparamos con el asociado a los estados de los principales clústeres aeroespaciales mexicanos, es posible apreciar el cambio que ha sufrido en el tiempo este parámetro, es decir, observar el incremento o decremento, en la idea de ver como se han movido los límites del clúster por el número y monto de las inversiones en los último años.

La IED tiene una fuerte relación con el establecimiento de nuevas empresas o subsidiarias de las previamente establecidas, también se asocia con la introducción de nuevas tecnologías de producción en sustitución de las anteriores o con la ampliación de actividades de manufactura al fabricar más o nuevos componentes en la planta. Al final, una de las implicaciones añadidas a estos procesos es la gestión del conocimiento a través de administrar las capacidades técnicas y humanas para su operación, con recursos internos o a través de terceros con servicios especializados, que bien pueden provenir del interior o ser ajenos al respectivo clúster aeroespacial.

5.3.1.2 Empresas de los clústeres aeroespacial

Otra variable que hace posible observar el desarrollo del clúster aeroespacial de Baja California es el cambio en el número de empresas comparado con los principales clústeres aeroespaciales mexicanos, porque esto permite ver como se han desplazado en un periodo determinado los límites del clúster en este tema. Un crecimiento en este indicador implica que el clúster ofrece condiciones para el desarrollo de actividades de manufactura o por su

ubicación, es estratégico para las empresas establecerse en el clúster de Baja California. Pero de alguna manera, este incremento de empresas requiere de más recursos humanos en todos los niveles, y fomenta el efecto *spillover* desde la parte operativa hasta la estratégica y de administración.

5.3.1.3 Ocupación en el sector aeroespacial

El sector aeroespacial está considerado como uno de alta especialización por el continuo desarrollo de nuevas tecnologías, materiales e innovaciones que contribuyen al crecimiento y el desarrollo económico y social de los países. En México y en los estados asociados a los principales clústeres aeroespaciales el sector es estratégico, no sólo por el número de empleos y remuneraciones salariales sino también por la vinculación e integración con otros sectores productivos a fines, como el automotriz, naval y ferroviario, de tal forma que constituyen una plataforma de desarrollo. Por esta razón, las actividades y políticas de gestión del conocimiento en todos los niveles son relevantes por la competencia que se genera con el crecimiento del número de nuevos integrantes, donde la tendencia es el desarrollo de actividades cada vez más sofisticadas técnicamente y el empleo de recursos humanos más especializados.

Cabe considerar que las personas, es decir, los recursos humanos de una organización forman parte de uno de los factores clave de la gestión del conocimiento, y es la organización la que establece las condiciones para que los procesos de generación, socialización y uso del conocimiento. Adicionalmente, como se ha mencionado, la creciente disposición de personal en todos sus niveles, no sólo atrae nuevas inversiones sino también, a recursos humanos de otras regiones, con distintas habilidades y competencias que se ponen a disponibilidad en beneficio de las organizaciones del clúster.

5.3.1.4 Recursos humanos con formación superior y de posgrado

Otro aspecto importante que contribuye a conocer con más detalle el contexto del clúster aeroespacial de Baja California es el número de egresados con perfiles asimilables por las empresas y organizaciones del sector. Se considera relevante porque de este recurso dependen la calificación y especialización del personal, motivo que contribuye al desarrollo del clúster en términos de atracción de inversión extranjera o nacional, y que en buena parte

determina el nivel de especialización de las actividades y productos a generar en cada clúster. Se hace la distinción de los recursos humanos en dos grupos, los egresados de nivel técnico y licenciatura, y los egresados con nivel de posgrado.

Los números y sus representaciones gráficas se asocian con el número de egresados de universidades y centros de investigación de los estados relacionados a los clústeres aeroespaciales mexicanos, que atienden al cuestionario realizado por la ANUIES, referente al número de alumnos matriculados, egresados y titulados, de los niveles técnico superior, licenciatura y posgrado en modalidades escolarizada y no escolarizada de áreas de ingeniería, manufactura y construcción, ciencias naturales, matemáticas y estadística, asimilables por el sector aeroespacial, excepto tecnologías de la información y comunicación relacionadas con cómputo e informática. Se incluyen los de sistemas digitales, control y telemática.

5.3.1.5 Recursos humanos de investigación

Una de las variables a considerar para el establecimiento de una empresa en una localidad o clúster, además del acceso y disponibilidad a recursos humanos, con las capacidades y habilidades necesarias para llevar a cabo las actividades y operaciones de forma satisfactoria, que permitan una producción continua, de calidad y de acuerdo a los estándares requeridos por la empresa y los mercados que atienden, son los recursos humanos altamente especializados, principalmente enfocados en áreas de investigación dedicados a producir conocimiento científico y tecnología.

En este sentido, con el propósito de comparar la disponibilidad del clúster aeroespacial de Baja California con los otros clústeres nacionales se hace un comparativo tomado como referente al Sistema Nacional de Investigadores (SNI) durante el periodo 1999-2019, que es un programa que otorga reconocimientos por el trabajo de las personas dedicadas a producir conocimiento científico y tecnología, a través de un riguroso proceso de evaluación por pares. Contar con ésta distinción simboliza la calidad y prestigio de los trabajos científicos, que contribuyen con la formación y consolidación de investigadores del más alto nivel, como un elemento fundamental para incrementar la cultura, productividad, competitividad y el bienestar social. El SNI cuenta con los siguientes reconocimientos:

investigador con nivel de candidato, de nivel 1, de nivel 2 y de nivel 3, más el reconocimiento de investigador Emérito.

Es necesario identificar las diferencias principales entre los niveles de SNI porque de esto depende la experiencia y consolidación de saberes en áreas de interés, o si éstas son de reciente incorporación en el clúster como temas de investigación. A este respecto, los que cuentan con el reconocimiento de candidato deben tener el grado de doctor, demostrar la habilidad y la capacidad de llevar a cabo investigaciones originales y no tener más de 15 años de la obtención del grado, son básicamente investigadores que se están incorporando y dependen de los más consolidados.

Para el nivel 1, el investigador debe mostrar su capacidad en la dirección de tesis, en la enseñanza a nivel profesional y licenciatura como también su experiencia en la creación de conocimiento en su campo. Para el nivel 2, se necesitan los requisitos anteriores, además la calidad de su investigación en su campo debe ser reconocida por el sistema (SNI). Se requiere un mayor nivel de dirección de tesis u otras formas de apoyo a la enseñanza. El nivel 3 está reservado para los investigadores que han hecho contribuciones significativas en sus campos en México, aquí se encuentran los investigadores consolidados, y reconocidos por su experiencia en líneas específicas de investigación.

Todos los niveles están sujetos a una re-evaluación excepto los Eméritos cuyo reconocimiento es vitalicio. El SNI organiza a los investigadores en siete áreas, no obstante, para tener información asociada a los perfiles de investigación afines a los temas de interés de las organizaciones que conforman los clústeres aeroespaciales, únicamente se han considerado los investigadores de las áreas de Ingeniería y Ciencias Físico Matemáticas y de la Tierra.

5.3.1.6 Valor agregado censal bruto

Esta variable, de acuerdo con el Sistema Automatizado de Información Censal del INEGI (SAIC), ésta es definida como “el valor de la producción que se añade durante el proceso de trabajo por la actividad creadora y de transformación del personal ocupado, el capital y la organización (factores de la producción), ejercida sobre los materiales que se consumen en la realización de la actividad económica. Aritméticamente, el Valor Agregado Censal Bruto (VACB) resulta de restar a la Producción Bruta Total el Consumo Intermedio.

Se le llama bruto porque no se le ha deducido el consumo de capital fijo”. Una de las premisas de la gestión del conocimiento es la generación y utilización de conocimiento para generar nuevo valor y elevar la productividad así, se puede interpretar que de acuerdo con el valor agregado es la intensidad del conocimiento utilizado para generarlo.

5.3.1.7 Valor agregado en promedio por persona ocupada

De acuerdo con el Sistema Automatizado de Información Censal del INEGI (SAIC), ésta variable es definida como el “Valor adicional que en promedio generó cada persona ocupada a la producción, durante cada etapa del proceso de trabajo. Resulta de dividir el valor agregado entre el personal ocupado total.”. Uno de los factores clave de la gestión del conocimiento son las personas, con esta variable se puede estimar cual es la intensidad en términos monetarios de valor agregado que produce cada individuo a lo largo del proceso de producción.

5.3.2 Análisis del comparativo entre series de tiempo de variables específicas de los principales clústeres aeroespaciales mexicanos

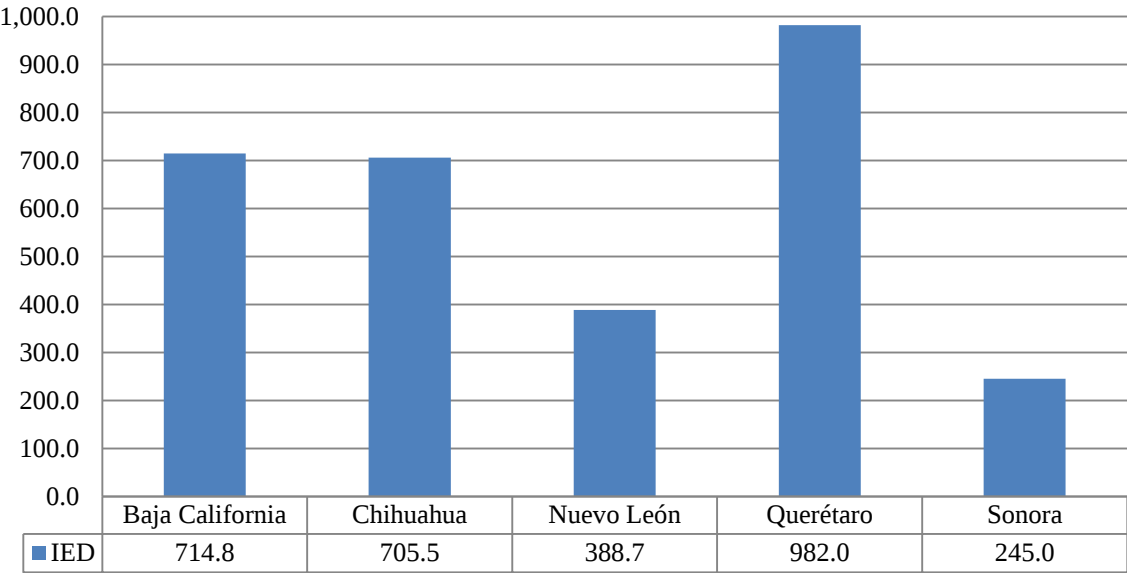
En esta sección mediante la representación gráfica de las series de tiempo se muestran las trayectorias del comportamiento de las variables específicas asociadas a los principales clústeres aeroespaciales. Se describen las figuras y luego se analizan aquellas trayectorias que destacan por el pronunciamiento de sus oscilaciones. Otro propósito de esta sección es mostrar cómo cada variable sometida a este análisis, cronológicamente han desplazado los límites del clúster aeroespacial de Baja California, contrastado con lo propio en los principales clústeres aeroespaciales mexicanos, para evaluar el desarrollo del clúster aeroespacial de Baja California, con base en cambio cronológico de variables relacionadas con procesos de gestión del conocimiento en un ambiente de innovación abierta.

5.3.2.1 Serie de tiempo de flujos de inversión extranjera directa

Para el desarrollo de este punto, se advierte que se retoma la información y gráficas presentadas previamente en el subapartado 3.4.6 Flujos de inversión extranjera directa, con la diferencia de que se adiciona la Tabla 5.1, con el propósito de mostrar las series de tiempo en tablas, que se utilizaron para su procesamiento en las distintas herramientas metodológicas empleadas, y hacer su análisis correspondiente.

A continuación, se muestra una representación de los flujos de Inversión Extranjera Directa que se han realizado en los estados de los principales clústeres aeroespaciales mexicanos, con el propósito de observar la situación del clúster aeroespacial de Baja California con respecto a los principales clústeres mexicanos. Para ello, a partir de los datos de Secretaría de Economía, asociados a IED y la clasificación del Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte (SCIAN), a nivel de rama 3364 Fabricación de equipo aeroespacial, se presenta en las Figuras 5.1 y 5.2 información que representa los flujos de IED en dos escenarios con los cuales se observa el dinamismo y los cambios que ha sufrido el clúster aeroespacial de Baja California, que nos permitirán inferir sobre la positividad de los cambios.

Figura 5.1 *Flujos de IED en clústeres aeroespaciales, agregado 1999-2020 (millones de dólares)*

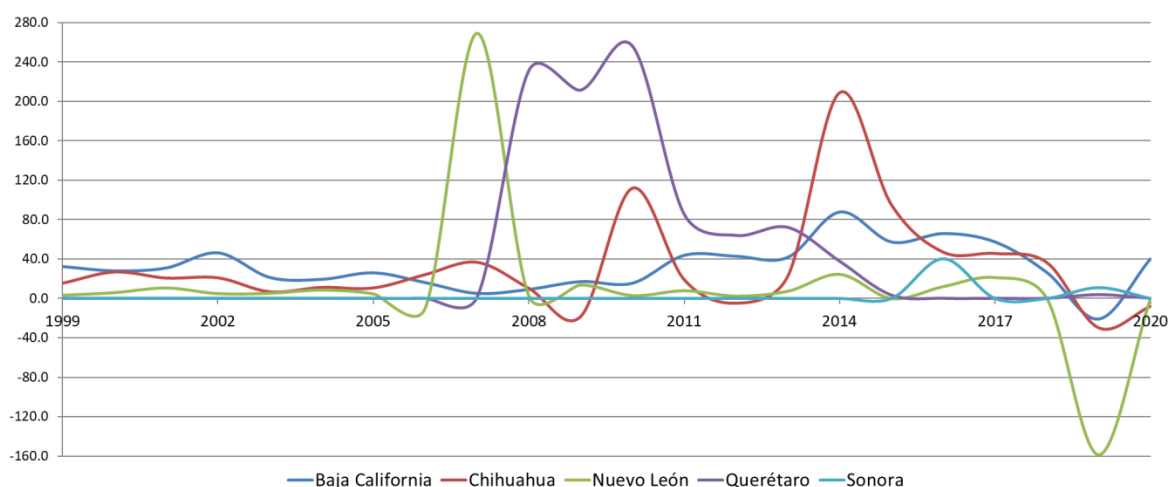


Fuente: Elaboración propia, datos de Secretaría de Economía. Información estadística de IED por entidad federativa. SCIAN 3364 Fabricación de equipo aeroespacial

En la Figura 5.1 se muestran de manera agregada los flujos de IED que se han realizado por clúster aeroespacial a partir de 1999 y hasta el año 2020 en millones de dólares. Así, se observa en orden descendente que el clúster aeroespacial de Querétaro con 982 millones de dólares es quien ha recibido mayores flujos de IED, seguido de Baja California con 714.8

millones, luego Chihuahua con 705.5 millones, Nuevo león con 388.7 millones y al final Sonora con 245 millones de dólares.

Figura 5.2 *Flujos de IED en clústeres aeroespaciales, por año 1999-2020 (millones de dólares)*



Fuente: Elaboración propia con datos de Secretaría de Economía. Información estadística de IED por entidad federativa. SCIAN 3364 Fabricación de equipo aeroespacial.

En la Figura 5.2 se muestra el patrón que genera la IED en forma anual desde el año 1999 hasta el 2020. Combinando la información de las Figuras 5.1 y Figura 5.2, cuando analizamos los años en que se han dado las inversiones, si bien el clúster aeroespacial de Querétaro es quien ha recibido el mayor flujo de IED, éste se encuentra concentrado entre los años 2008 y 2010, año a partir del cual se ha visto disminuido. En los casos de Nuevo León y Chihuahua también se observan fuertes inversiones en los años 2007, 2010 y 2014 respectivamente que han contribuido al incremento de la IED en el clúster. En el caso del clúster aeroespacial de Baja California, se aprecian inversiones más modestas pero constantes a partir de 1999, tal vez no ha tenido incrementos considerables puntualizados, pero sí diversificados, aunque existen antecedentes de inversiones que se remontan a la década de los ochentas y años previos. Se puede inferir a partir de la Figura 5.2 que ninguno de los clústeres aeroespaciales analizados cuenta con un crecimiento sostenido en IED en el tema de fabricación de equipo aeroespacial (SCIAN 3364), más bien, han sido inversiones concentradas en años específicos.

Tabla 5.1 *Flujos de IED en clústeres aeroespaciales, 1999-2020 (millones de dólares)*

	Baja California	Chihuahua	Nuevo León	Querétaro	Sonora
1999	32.6	15.3	3.4	C	C
2000	28.3	26.7	6.0	C	C
2001	31.2	20.5	10.8	C	C
2002	46.5	20.8	5.0	C	C
2003	21.5	6.6	5.4	C	C
2004	19.6	11.1	8.6	C	C
2005	26.3	10.5	4.8	C	C
2006	16.3	24.0	-9.4	C	C
2007	5.4	36.5	269.3	1.1	C
2008	9.5	10.1	2.5	231.1	C
2009	17.3	-18.5	13.8	211.2	C
2010	15.8	111.8	3.0	255.8	C
2011	44.0	18.8	7.9	85.0	C
2012	43.1	-5.0	2.5	63.8	C
2013	42.0	22.5	7.4	71.9	C
2014	87.9	208.9	24.6	37.6	C
2015	57.5	94.8	C	3.2	C
2016	66.0	46.8	12.1	C	40.3
2017	57.6	45.4	21.3	C	C
2018	26.6	36.3	C	C	C
2019	-20.6	-30.1	-158.7	3.7	11.0
2020	40.4	-8.2	C	0.0	C

Fuente: Elaboración propia con datos de Secretaría de Economía. Información estadística de IED por entidad federativa. SCIAN 3364 Fabricación de equipo aeroespacial.

"C" (confidencial), la información a nivel de empresa que obra en el RNIE no es de carácter público y se encuentra clasificada como confidencial, con fundamento en lo dispuesto por los artículos 31 de la Ley de Inversión Extranjera, 32 del Reglamento de la Ley de Inversión Extranjera y del Registro Nacional de Inversiones Extranjeras, 116 de la Ley General de Transparencia y Acceso a la Información Pública y 113 de la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública. El dato estadístico de esta celda no se muestra debido a que corresponde a una o dos empresas.

Si se analiza la información por periodos de seis años coincidentes con las administraciones gubernamentales federales, se puede ver en general tres ciclos, 2000-2006, 2006-2012 y 2012-2018, el primero de 2000 a 2006 es un ciclo con Baja California

como el estado con mayores inversiones y con pequeñas fluctuaciones con, el segundo de 2006-2012 es un ciclo que incluye las dos inversiones más altas registradas, con Nuevo León y Querétaro respectivamente y otra no menos significativa para Chihuahua. En el tercer ciclo 2012-2018, destacan dos inversiones, una mayor para Chihuahua y otra para Baja California. En los años posteriores 2019 y 2020 se observan inversiones negativas en tres de los cinco clústeres aeroespaciales, la mayor para Nuevo León seguida de Chihuahua y por último Baja California. Las cantidades específicas se pueden consultar en la Tabla 5.1. Respecto de Baja California, con el patrón anual observado de la IED por los últimos 20 años, se puede inferir que se ha tenido una inversión sostenida durante los últimos años, que si bien se adiciona a la previamente realizada no se ve asociada fuertemente con grandes inversiones relacionadas con el establecimiento de nuevas grandes empresas o filiales representativas del sector como el caso de la llegada de Bombardier a Querétaro en 2006.

La IED también se ha asociado en trabajos previos con un mejor desempeño en trabajadores con mayores habilidades y un nivel de preparación académica o conocimientos más altos. Lucas (1990) and Easterlin (1981) estudiaron la relación que existe entre el capital humano y la IED en países en desarrollo, encontrando que a menores habilidades y capacidades menor es la tasa de IED y en países donde el recurso humano cuenta con mejores habilidades y capacidades atraen mayor IED. Alarcón (2016) desarrolló un modelo basado en una lógica de eficiencia de la IED con datos relacionados a varios estados, entre ellos el de Baja California, en donde la IED busca países que cuenten como parte de su infraestructura tecnológica con recursos y mano de obra mejor preparada, encontrando que existe una alta relación entre IED y capital humano pero que ésta no es lineal. Este modelo hace una separación entre el recurso humano con formación profesional y con formación de posgrado, concluyendo que valdría la pena hacer un esfuerzo por generar una mayor masa crítica en recursos con estudios de posgrado debido a que éstos potenciarían la IED.

5.3.2.2 Serie de tiempo del número de empresas en los clústeres.

Para el desarrollo de este punto, se advierte que se retoma la información y gráficas presentadas previamente en el subapartado 3.4.7 Empresas en el clúster aeroespacial de Baja California, con la diferencia de que se adicionan las Tablas 5.2 y 5.3, con el propósito

de mostrar las series de tiempo en tablas, que se utilizaron para su procesamiento en las distintas herramientas metodológicas empleadas, y estar en condiciones de hacer el análisis correspondiente.

En este subapartado, se muestran dos ejercicios, uno desde una perspectiva más específica (Figura 5.3 con datos de la Tabla 5.2), considerando la clasificación del sistema SCIAN a nivel de subrama 33641 Fabricación de equipo aeroespacial, en el que se incluyen aquellas unidades económicas cuya producción se asocia principalmente a aviones (civiles, comerciales, de combate y fumigadores), avionetas, planeadores y helicópteros; partes, componentes y accesorios para ensamble de aeronaves, discos de freno, estabilizadores, fuselajes, hélices, rotores, trenes de aterrizaje, motores y turbinas, entre otros, y el segundo (Figura 5.4 con datos de la Tabla 5.3), desde un panorama más amplio que incluye unidades económicas que además de producir insumos para la industria aeroespacial generan producción que se destina principalmente a otras actividades económicas.

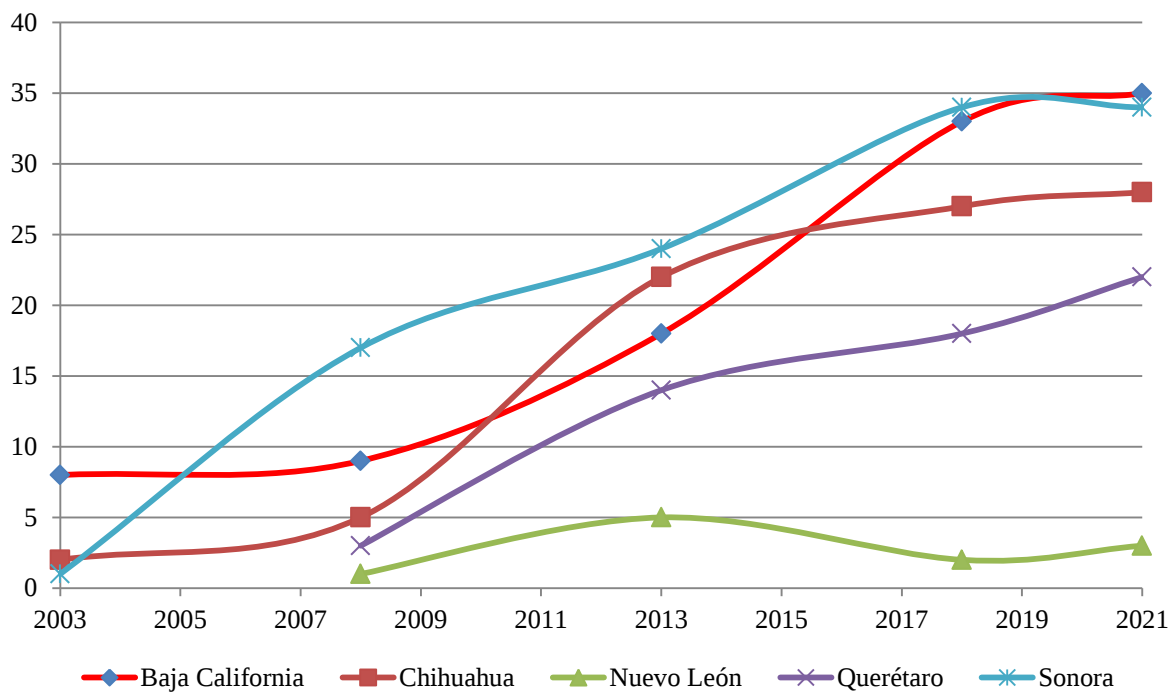
Tabla 5.2 Empresas por clúster aeroespacial a nivel de subrama 33641 Fabricación de equipo aeroespacial

	2003	2008	2013	2018	2021
Baja California	8	9	18	33	35
Chihuahua	2	5	22	27	28
Nuevo León	-	1	5	2	3
Querétaro	-	3	14	18	22
Sonora	1	17	24	34	34
Totales	11	35	83	114	122

Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI (2020 y 2020b).

A este nivel de agregación por subrama 33641 Fabricación de equipo aeroespacial, destaca la trayectoria de Sonora durante el primer quinquenio de la serie (ver Figura 5.3 y Tabla 5.2) al pasar de una a 17 unidades económicas para liderar este parámetro hasta el 2019, año partir del cual el clúster aeroespacial de Baja California toma la primera posición con el mayor número de unidades económicas registradas exclusivamente en fabricación de equipo aeroespacial, al pasar de 8 en 2013 a 35 en 2021.

Figura 5.3 *Empresas por clúster aeroespacial a nivel de subrama 33641 Fabricación de equipo aeroespacial*

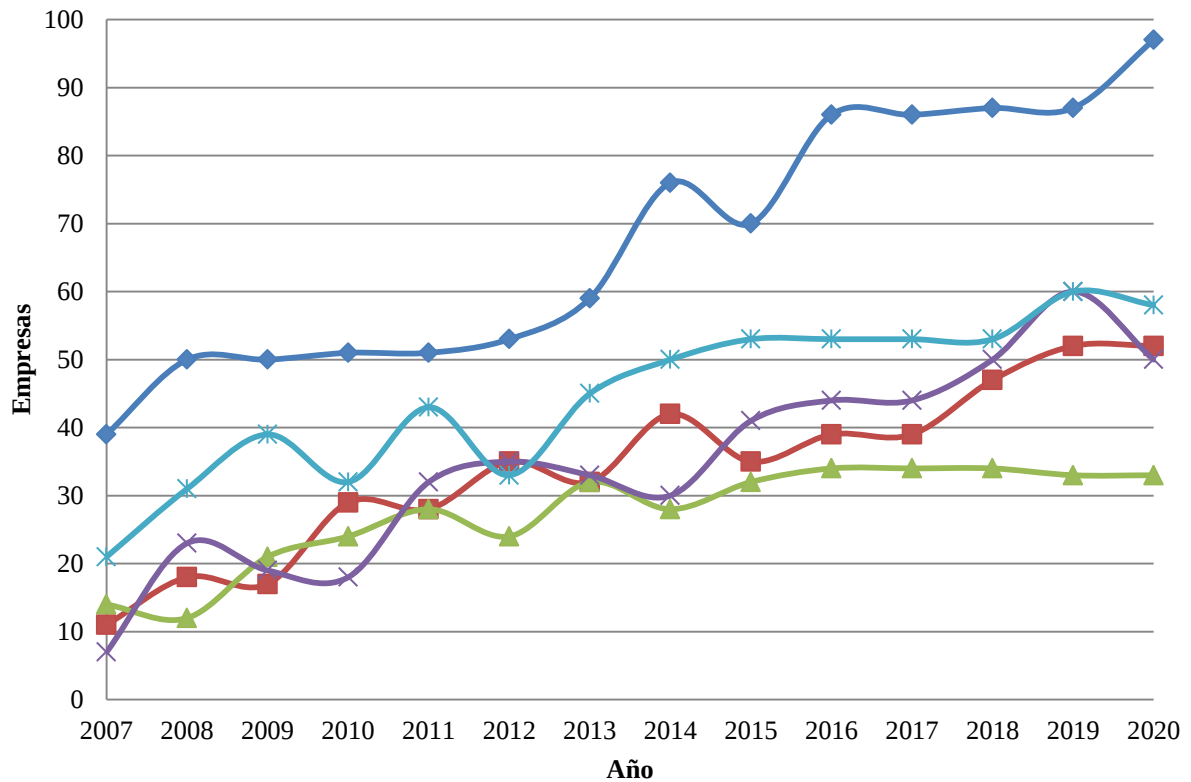


Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI (2020 y 2020b).

Nota: La información mostrada en la Figura 5.3, se obtuvo a partir de los censos económicos de los años 2003, 2008, 2013 y 2018, el año 2021 se obtuvo del Directorio estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE).

El clúster aeroespacial de Baja California está íntimamente ligado a la evolución de la industria maquiladora, toda vez que las actualizaciones al marco normativo asociado a las importaciones y exportaciones del sector maquilador, han tenido como finalidad además de poner reglas más claras para el tránsito de productos, el incentivar la participación, la incorporación y establecimiento de nuevas empresas. Las maquiladoras de acuerdo al decreto para el fomento y operación de la industria maquiladora de exportación del primero de julio de 1998, pueden clasificarse en maquiladoras de exportación, por capacidad ociosa, de servicios y que desarrollan programas de albergue.

Figura 5.4 *Empresas por clúster aeroespacial, 2007-2020*



Fuentes: Elaboración propia con datos de: año 2007 (Hualde y Carrillo, 2007); año 2008 (EXPANSIÓN, 2009, 22 de febrero); año 2009 (Metalmecánica Internacional, 2010, Agosto); año 2010 (FEMIA, 2010, 21 de octubre); año 2011 (Secretaría de Economía, 2011); año 2012 (FEMIA/SE, 2012); año 2013 (FEMIA 2013); año 2014 (PROMEXICO, 2014); año 2015 (Quintana, E. y Ortigoza, N., 22 de abril de 2015); año 2016 (Secretaria de Economía, 2017); año 2017 (Cintya, 2017, 01 de mayo); año 2018 (Secretaría de Innovación y Desarrollo Económico, Chihuahua, 2018); año 2019 (BAJA AEROSPACE CLUSTER, 2019, 5 de agosto); año 2020 (FEMIA, 2020).

Este segundo nivel de agregación es más amplio toda vez que se incluyen empresas que no sólo producen insumos para la industria aeroespacial sino atienden necesidades de empresas de otros sectores, tal es el caso de empresas que abastecen de materia prima y subproductos de acero, aluminio, aleaciones, fibras textiles, plásticos, dispositivos de control, que para su determinación se requirió de una revisión con mayor profundidad, por este motivo el parámetro es el resultado de la integración de hallazgos de diversos trabajos de investigación, donde la FEMIA se convierte en el principal proveedor de este dato.

En este tema, se puede observar claramente (ver Figura 5.4 y Tabla 5.3) el dominio que ha tenido el clúster aeroespacial de Baja California desde el inicio de la serie (2007-2020), y en particular se destaca el impulso que ha tomado al pasar de 39 empresas en 2007 a 97 en el 2020, es decir 58 nuevas empresas, registrando 39 más que Sonora, su inmediato

seguidor con 58 unidades económicas en total. Cabe destacar que el clúster de Querétaro cuenta con la segunda mayor tasa de crecimiento al registrar una incorporación de 43 nuevas empresas en el mismo periodo.

Tabla 5.3 *Empresas por clúster aeroespacial, 2007-2020*

Años	Baja California	Chihuahua	Nuevo León	Querétaro	Sonora
2007	39	11	14	7	21
2008	50	18	12	23	31
2009	50	17	21	19	39
2010	51	29	24	18	32
2011	51	28	28	32	43
2012	53	35	24	35	33
2013	59	32	32	33	45
2014	76	42	28	30	50
2015	70	35	32	41	53
2016	86	39	34	44	53
2017	86	39	34	44	53
2018	87	47	34	50	53
2019	87	52	33	60	60
2020	97	52	33	50	58

Fuente: Elaboración propia con datos de: año 2007 (Hualde y Carrillo, 2007); año 2008 (EXPANSIÓN, 2009, 22 de febrero); año 2009 (Metalmecánica Internacional, 2010, Agosto); año 2010 (FEMIA, 2010, 21 de octubre); año 2011 (Secretaría de Economía, 2011); año 2012 (FEMIA/SE, 2012); año 2013 (FEMIA 2013); año 2014 (PROMEXICO, 2014); año 2015 (Quintana, E. y Ortigoza, N., 22 de abril de 2015); año 2016 (Secretaría de Economía, 2017); año 2017 (Cintya, 2017, 01 de mayo); año 2018 (Secretaría de Innovación y Desarrollo Económico, Chihuahua, 2018); año 2019 (BAJA AEROSPACE CLUSTER, 2019, 5 de agosto); año 2020 (FEMIA, 2020).

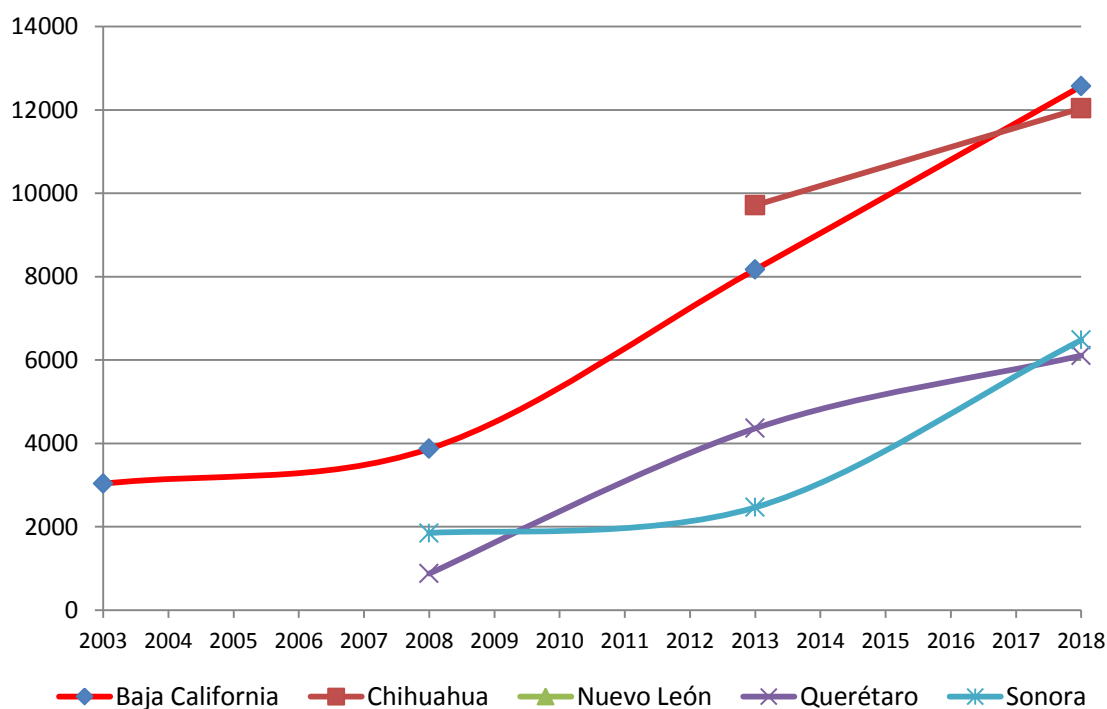
En conclusión, considerando los dos ejercicios, se corrobora que el clúster aeroespacial de Baja California se ha desarrollado en este parámetro al ampliar sus límites con el mayor crecimiento en el número de nuevas empresas, no sólo dedicadas a la fabricación de equipo aeroespacial sino de aquellas que además de atender con materia prima y partes al clúster aeroespacial también abastecen a otras actividades económicas, generalmente asociadas a otros sectores manufactureros. Aún es recomendable cruzar este parámetro con datos como la inversión extranjera directa, la ocupación y disponibilidad de personal especializado para tener una percepción más amplia de los motivos que han generado estos cambios del clúster

aeroespacial de Baja California en comparación con otros clústeres aeroespaciales mexicanos.

5.3.2.3 Serie de tiempo de ocupación en el sector aeroespacial

Para el desarrollo de este punto, se advierte que se retoma la información y gráficas presentadas previamente en el subapartado 3.4.9 Empleo en sector aeroespacial, con la diferencia de que se adicionan las Tablas 5.4 y 5.5, con el propósito de mostrar las series de tiempo en tablas, que se utilizaron para su procesamiento en las distintas herramientas metodológicas empleadas, y estar en condiciones de hacer el análisis correspondiente.

Figura 5.5 *Personal ocupado en los principales clústeres aeroespaciales a nivel de subrama 33641 Fabricación de equipo aeroespacial.*



Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI (2020). Notas: Incluye los censos de los años 2003, 2008, 2013 y 2018. Los datos referentes a Nuevo León y de los años 2003, 2008 y faltantes, el SAIC los omite.

Una muestra del crecimiento no sólo del clúster aeroespacial de Baja California sino de los principales clústeres aeroespaciales del país se puede observar mediante el incremento

del número de empleos generados en los estados donde se desarrolla dicho sector, como se muestra en la Figura 5.5 y Tabla 5.4.

Para los fines del comparativo mostrado en la Figura 5.5, se toman como referencia los censos económicos 2003, 2008, 2013 y 2018, a nivel de subrama de acuerdo con la clasificación del CIAN, 33641, donde están incluidas las empresas con actividades de fabricación de equipo aeroespacial. A este nivel de clasificación, la información que brinda el Sistema Automatizado de Información Censal (SAIC), no es una limitante para apreciar la tendencia creciente del número de personal ocupado en las empresas de los clústeres asociados, excepto en Nuevo León, año 2003 para Querétaro y Sonora, años 2003 y 2008 para Chihuahua, que no se muestran por ser considerados absolutos y para garantizar el principio de confidencialidad y reserva.

Tabla 5.4 Personal ocupado en los principales clústeres aeroespaciales a nivel de subrama 33641 Fabricación de equipo aeroespacial

Entidades Federativas/Años	2003	2008	2013	2018
Baja California	3034	3872	8171	12572
Chihuahua	-	-	9716	12042
Nuevo León	-	-	-	-
Querétaro	-	878	4362	6108
Sonora	-	1850	2466	6481

Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI (2020). Notas: Incluye información de los censos de los años 2003, 2008, 2013 y 2018. Los datos referentes a Nuevo León y de los años 2003, 2008 y faltantes, el SAIC los omite con el fin de garantizar el principio de confidencialidad y reserva por ser absolutos.

Los únicos datos completos en la Figura 5.5 durante el periodo manejado son los del estado de Baja California, que muestran una tendencia ligeramente mayor a Chihuahua, y en un orden estimado del doble sobre Sonora y Querétaro respectivamente. De este dato se puede decir que el clúster aeroespacial de Baja California se ha desarrollado en una proporción mayor a los demás, situación que puede estar asociada al crecimiento, introducción e incorporación de nuevas empresas, como al incremento de la inversión extranjera directa, al pasar de 3,034 en 2003 a 12,572 trabajadores en el año 2018, un incremento del 400%. El crecimiento del clúster se asocia también con un incremento en el número de recursos humanos requeridos, principalmente en actividades intensivas en mano de obra, pero también de recursos humanos más especializados asociados con actividades

técnicas, de diseño y científicas, que motivan la llegada de recursos de otras regiones nacionales y extranjeras.

Tabla 5.5 *Personal ocupado en los principales clústeres aeroespaciales a nivel de subsector 336 Fabricación de equipo de transporte*

Entidades Federativas / Años	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Baja California	14,059	13,675	10,840	11,981	16,913	20,078	22,594	23,099	25,718	25,276	26,252	28,901	29,668
Chihuahua	104,871	95,705	71,842	81,433	92,510	109,785	119,609	130,796	146,171	151,224	153,157	159,439	163,225
Nuevo León	42,641	39,439	35,007	39,918	48,024	51,391	54,191	59,700	64,968	67,461	69,143	73,410	74,722
Querétaro	23,916	22,782	18,814	22,268	26,220	30,680	34,006	35,619	35,030	35,291	37,320	40,196	41,244
Sonora	27,262	35,344	28,071	26,768	29,451	31,024	33,053	32,623	32,382	32,527	34,299	33,968	34,076

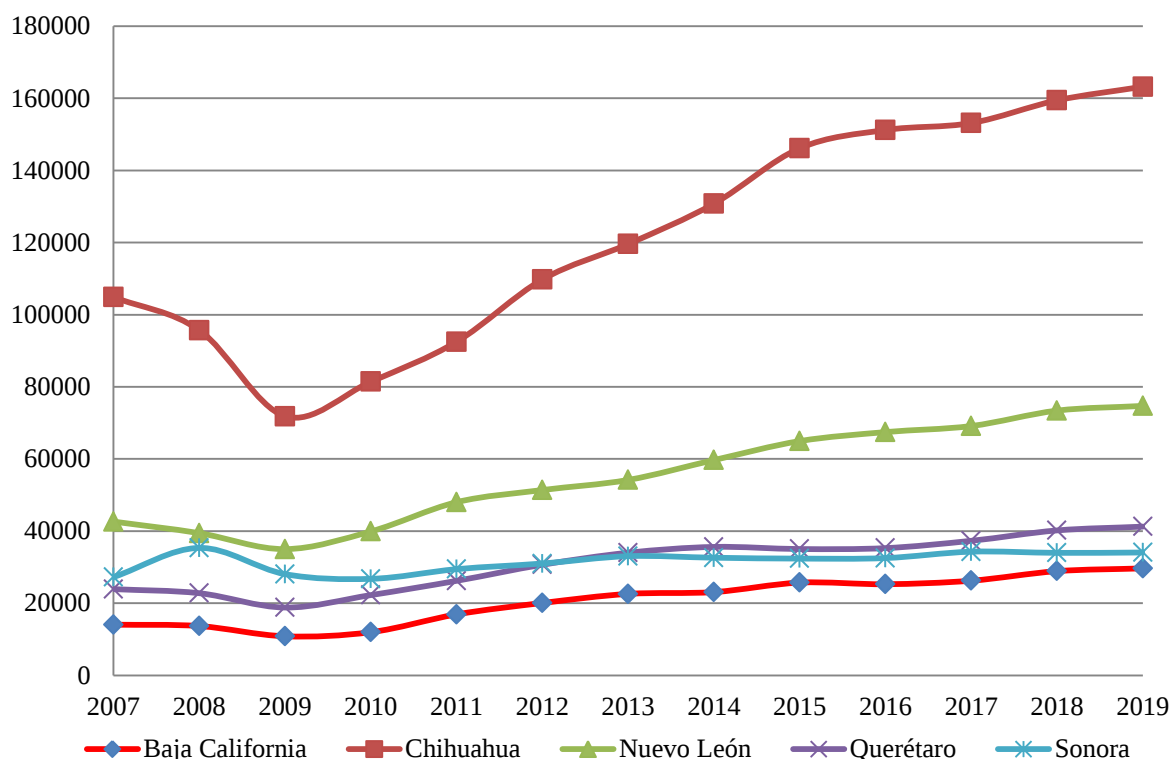
Fuente: Elaboración propia con datos de de INEGI (2020c).

Nota: Incluye el periodo 2007 – 2019.

A manera de comparativo, mientras que a nivel de subrama 33641 en el clúster aeroespacial de Baja California la tendencia es creciente y mayor en los últimos años de la serie con respecto a los otros clústeres, el personal ocupado en las empresas a nivel de subsector 336 (Figura 5.6 y Tabla 5.5), es el menor para el estado de Baja California comparativamente con los otros estados. Debido a que a nivel de subsector quedan incluidos la fabricación de automóviles, equipo aeroespacial, camiones, remolques, equipo ferroviario, barcos, motocicletas y sus partes. Esto denota una mayor actividad en sectores afines al sector aeroespacial, es decir, en sectores donde los materiales como el plástico, acero, aluminio, material eléctrico y electrónico, así como los procesos de manufactura son similares a los empleados en el sector aeroespacial.

Esta situación abre la oportunidad a la existencia de una mayor integración entre las empresas del sector aeroespacial con las de otros sectores como el automotriz, ferroviario o naval entre otros. Esta posibilidad se abre porque empresas que proveen de materiales, servicios o manufactura a las empresas de otros sectores también pueden proveer de productos similares a las empresas del sector aeroespacial, condición que puede verse disminuida en el estado de Baja California al tener una dinámica o actividad más contraída en estos sectores afines como el automotriz, ferroviario o naval entre otros. En su conjunto, dan evidencia de una mayor capacidad técnica y de recursos humanos disponibles para atender las necesidades de los sectores incluyendo el aeroespacial.

Figura 5.6 *Personal ocupado en los principales clústeres aeroespaciales a nivel de subsector 336 Fabricación de equipo de transporte*



Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI (2020c).

Nota: Incluye el periodo 2007 - 2019.

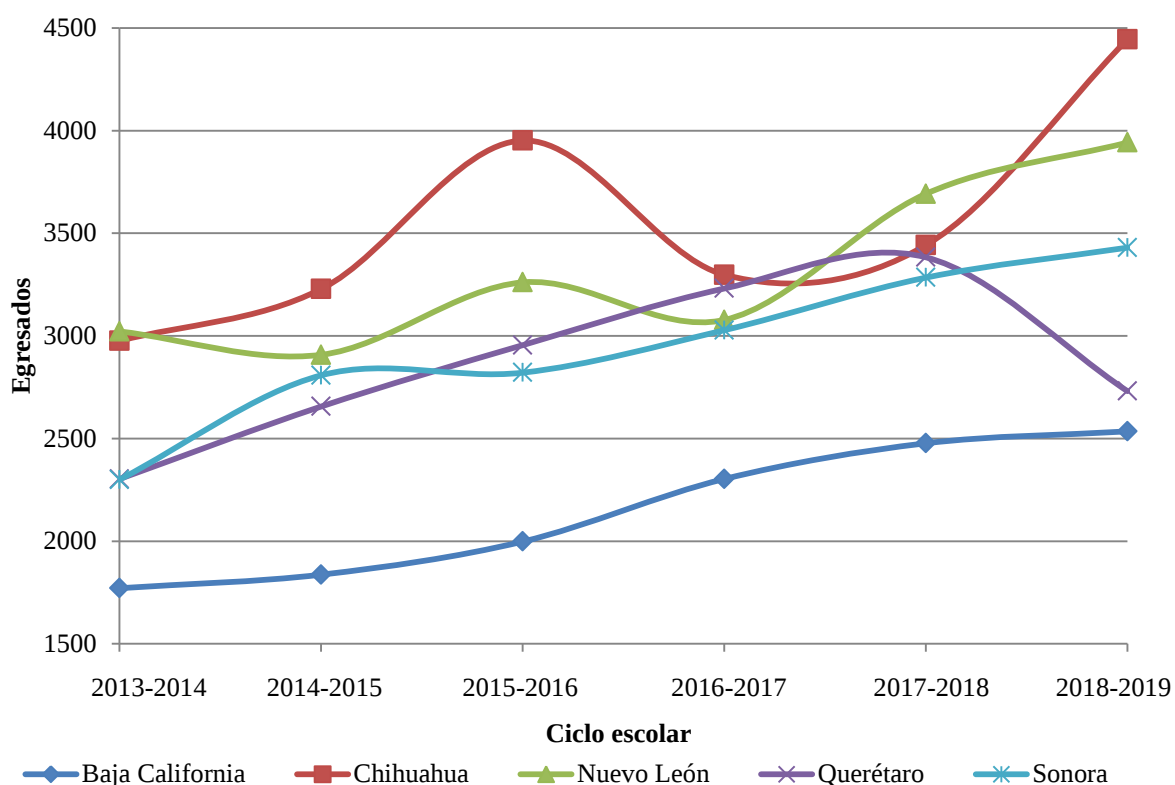
5.3.2.4 Serie de tiempo de recursos humanos con formación superior y de posgrado

Para el desarrollo de este punto, se advierte que se retoma la información y gráficas presentadas previamente en el subapartado 3.4.10 Recursos humanos con formación superior y de posgrado, que se utilizaron para su procesamiento en las distintas herramientas metodológicas empleadas, y estar en condiciones de hacer el análisis correspondiente.

Las cantidades que se muestran a continuación, están asociadas únicamente al rubro de alumnos en calidad de egresados, por ciclo escolar y clúster aeroespacial, en la idea de contar con una estimación de la disponibilidad de recursos humanos con formación profesional con el propósito de contrastar este parámetro entre clústeres aeroespaciales mexicanos. En la Tabla 5.6 se muestran los números de egresados con nivel técnico y de

licenciatura, y en la Figura 5.7 se muestra la representación de esos números por ciclo escolar y clúster aeroespacial durante seis ciclos escolares recientes.

Figura 5.7 *Egresados con nivel técnico y de licenciatura por ciclo escolar y clúster aeroespacial*



Fuente: Elaboración propia con información de ANUIES (2021).
Nota: Anuarios estadísticos de educación superior, varios años.

Uno de los hallazgos que se observan según el número de egresados con nivel técnico y de licenciatura de áreas de ingeniería, manufactura y construcción, ciencias naturales, matemáticas y estadística asimilables por el sector aeroespacial, exceptuando tecnologías de la información y comunicación relacionadas con cómputo e informática, pero incluyendo los de sistemas digitales, control y telemática, consiste en que el clúster aeroespacial de Baja California con respecto a los otros clústeres del país, es el que cuenta con menos egresados, lo cual puede significar un déficit de recursos humanos profesionales y capacidad técnica, con una mayor concentración en actividades intensivas en mano de obra poco especializada si se contrasta con ser un clúster con el mayor número de personal

empleado que también se asocia a menor valor agregado y derrama local. No obstante, la demanda del clúster por recursos humanos con formación profesional puede quedar subsanada por egresados con perfiles similares de instituciones de otros estados y que no quedan reflejados en esta representación.

Tabla 5.6 *Egresados con nivel técnico y de licenciatura por ciclo escolar y clúster aeroespacial*

	2013-2014	2014-2015	2015-2016	2016-2017	2017-2018	2018-2019
Baja California	1,771	1,837	1,998	2,303	2,477	2,535
Chihuahua	2,976	3,228	3,952	3,298	3,442	4,445
Nuevo León	3,022	2,908	3,261	3,078	3,692	3,942
Querétaro	2,303	2,656	2,955	3,231	3,383	2,731
Sonora	2,300	2,808	2,821	3,028	3,284	3,430

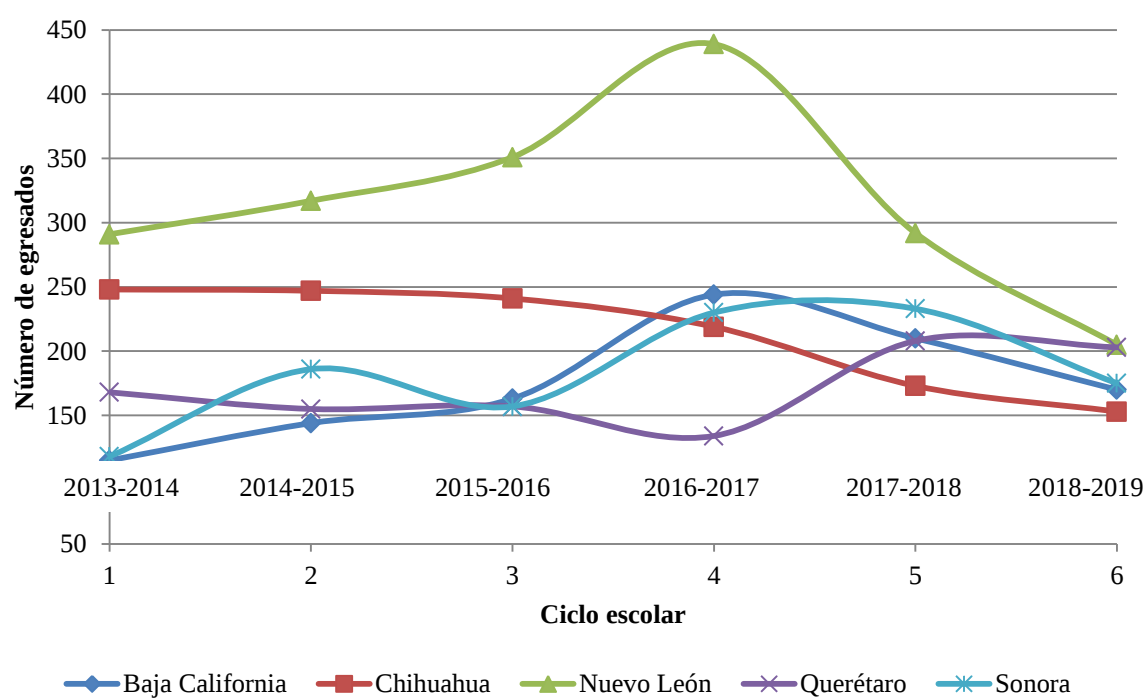
Fuente: Elaboración propia con datos de ANUIES (2021), anuarios estadísticos varios años. Nota: Incluye egresados de modalidades escolarizada y no escolarizada de áreas de ingeniería, manufactura y construcción, ciencias naturales, matemáticas y estadística, asimilables por el sector aeroespacial, excepto tecnologías de la información y comunicación relacionadas con cómputo e informática. Se incluyen los de sistemas digitales, control y telemática.

Mientras el estado del clúster aeroespacial de Chihuahua tiene el mayor número de egresados que le dan la primera posición en este tema, el estado de Baja California se mantiene en la última posición pese a tener una tendencia creciente pero aún insuficiente para mejorar su posición respecto de los otros clústeres. También es cierto que buena parte de estos perfiles además de ser asimilables en la fabricación de equipo aeroespacial también lo son en la fabricación de automóviles, camiones, remolques, equipo ferroviario, barcos, motocicletas y sus partes, en donde estados como Chihuahua, Nuevo León y Querétaro tiene mayor participación.

Así, con esta representación, se podrían concluir diferentes situaciones a reserva de ser respaldado con más información que alimente tales conclusiones, entre las que pueden encontrarse que el clúster aeroespacial de Baja California es el que cuenta con el menor número de egresados a nivel técnico y profesional a pesar de ser el clúster con el mayor número de empresas, y el que más empleos genera en la fabricación de equipo aeroespacial, por lo cual, también se podría inferir que es un clúster menos integrado con otros sectores.

La profundidad con la que se conoce y trabaja en un sector está asociada también al nivel de especialización del personal que labora en él. En esta situación, el nivel de formación y especialización no sólo en el área técnica sino también en el ámbito de la investigación depende y queda a cargo principalmente de personal con un perfil que se adquiere a través de estudios de posgrado. De acuerdo con información de la ANUIES (2021), abajo se muestra el número de egresados por estado asociado a los principales clústeres aeroespaciales nacionales, con nivel de especialización, maestría y doctorado de modalidades escolarizada y no escolarizada en áreas de ingeniería, manufactura y construcción, ciencias naturales, matemáticas y estadística asimilables por el sector aeroespacial, excepto tecnologías de la información y comunicación relacionadas con cómputo e informática. Se incluyen los de sistemas digitales, control y telemática.

Figura 5.8 Egresados con nivel de posgrado por clúster aeroespacial



Fuente: Elaboración propia con información de ANUIES (2021).
 Nota: Anuarios estadísticos de educación superior, varios años.

A este respecto, de acuerdo con la información de ANUIES (2021) (ver Tabla 5.7 y Figura 5.8), se aprecia un incremento en los clústeres de Baja California, Sonora y

Querétaro mientras que en los de Chihuahua y Nuevo León se ve una disminución en el número de egresados con nivel de posgrado, sin embargo, la demanda de personal especializado no cubierta por el propio clúster puede ser atendida por egresados de instituciones de otros estados que no queda reflejado en las gráficas expuestas. Se destaca el comparativo entre el clúster de Baja California con los de Nuevo León, Querétaro y Chihuahua, en donde se muestran con un número mayor de egresados, lo cual puede ser motivo de una mayor oferta de programas de estudio debido a la demanda por este tipo de perfiles dentro del clúster y otros sectores.

Tabla 5.7 *Egresados con nivel de posgrado por clúster aeroespacial*

	2013-2014	2014-2015	2015-2016	2016-2017	2017-2018	2018-2019
Baja California	115	144	163	244	210	170
Chihuahua	248	247	241	219	173	153
Nuevo León	291	317	351	439	292	205
Querétaro	168	155	157	134	208	203
Sonora	118	186	157	230	233	175

Fuente: Elaboración propia con datos de ANUIES (2021), anuarios estadísticos varios años. Nota: Incluye egresados de modalidades escolarizada y no escolarizada de áreas de ingeniería, manufactura y construcción, ciencias naturales, matemáticas y estadística, asimilables por el sector aeroespacial, excepto tecnologías de la información y comunicación relacionadas con cómputo e informática. Se incluyen los de sistemas digitales, control y telemática.

Cabe mencionar que el número de egresados con nivel de posgrado en Baja California no es superiormente contundente comparado con Nuevo León, Chihuahua y Sonora, excepto con Querétaro que muestra una ligera diferencia a favor. Este tipo de perfiles, principalmente los que cuentan con el grado de doctor se enfocan principalmente en la investigación.

5.3.2.5 Serie de tiempo de recursos humanos de investigación

Para el desarrollo de este punto, se advierte que se retoma la información y gráficas presentadas previamente en el subapartado 3.4.11 Recursos humanos de investigación, con la diferencia de que se adicionan las Tablas 5.8 a la 5.11, con el propósito de mostrar las series de tiempo en tablas, que se utilizaron para su procesamiento en las distintas herramientas metodológicas empleadas, y estar en condiciones de hacer el análisis correspondiente.

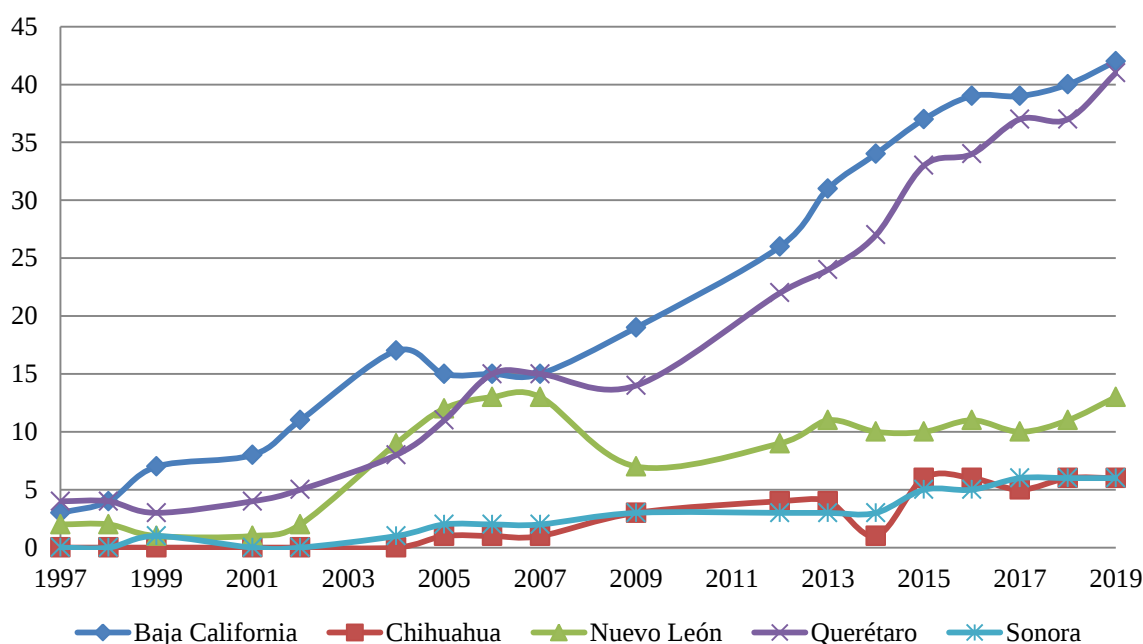
Primero se muestra un comparativo en el número de investigadores incorporados al Sistema Nacional de Investigadores en el nivel 3 (SNI 3), durante el periodo 1997-2019, en los estados asociados a los clústeres aeroespaciales mexicanos (ver Tabla 5.8 y Figura 5.9). Se observa para el periodo analizado que los clústeres aeroespaciales de Baja California y Querétaro han incrementado el número de investigadores que se caracterizan por contar con las contribuciones más significativas y específicas en áreas afines al sector aeroespacial.

Tabla 5.8 *Investigadores SIN nivel 3 en los estados asociados a los clústeres aeroespaciales*

	1997	1998	1999	2001	2002	2004	2005	2006	2007	2009	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Baja California	3	4	7	8	11	17	15	15	15	19	26	31	34	37	39	39	40	42
Chihuahua	0	0	0	0	0	0	1	1	1	3	4	4	1	6	6	5	6	6
Nuevo León	2	2	1	1	2	9	12	13	13	7	9	11	10	10	11	10	11	13
Querétaro	4	4	3	4	5	8	11	15	15	14	22	24	27	33	34	37	37	41
Sonora	0	0	1	0	0	1	2	2	2	3	3	3	3	5	5	6	6	6
Total general	9	10	12	13	18	35	41	46	46	46	64	73	75	91	95	97	100	108

Fuente: Elaboración propia con datos de Conacyt (2020b), varios años.

Figura 5.9 *Investigadores SNI nivel 3 en los estados asociados a los clústeres aeroespaciales.*



Fuente: Elaboración propia con datos de Conacyt (2020b), varios años.

La tendencia entre estos clústeres es muy similar por lo cual, sólo por el mayor número en este nivel, el clúster aeroespacial de Baja California tiene una ventaja sobre el resto al contar con la mayor cantidad de investigadores SNI 3 respecto de los otros clústeres, y una diferencia importante con el clúster de Nuevo León que pese a disponer del mayor número de egresados con nivel de posgrado cuenta con menos de la mitad de investigadores de nivel 3, lo cual representa mayor actividad de investigación de frontera en Baja California que en los otros clústeres aeroespaciales nacionales en áreas de Ingeniería y Ciencias Físico Matemáticas y de la Tierra.

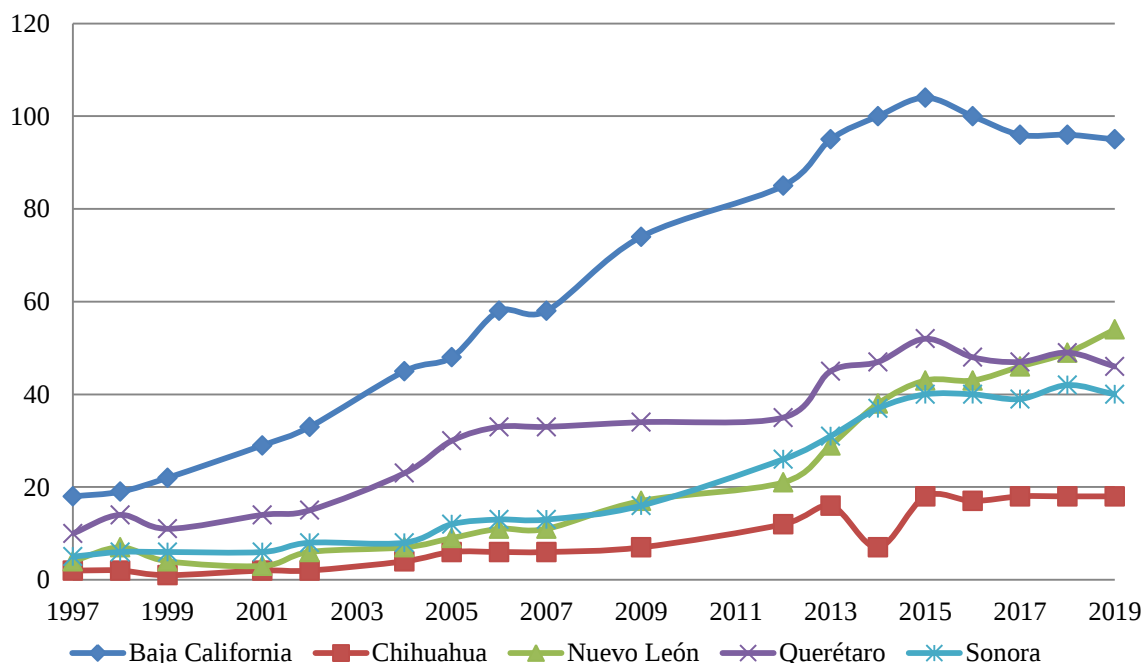
Tabla 5.9 *Investigadores SNI nivel 2 en los estados asociados a los clústeres aeroespaciales.*

	1997	1998	1999	2001	2002	2004	2005	2006	2007	2009	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Baja California	18	19	22	29	33	45	48	58	58	74	85	95	100	104	100	96	96	95
Chihuahua	2	2	1	2	2	4	6	6	6	7	12	16	7	18	17	18	18	18
Nuevo León	4	7	4	3	6	7	9	11	11	17	21	29	38	43	43	46	49	54
Querétaro	10	14	11	14	15	23	30	33	33	34	35	45	47	52	48	47	49	46
Sonora	5	6	6	6	8	8	12	13	13	16	26	31	37	40	40	39	42	40
Total general	39	48	44	54	64	87	105	121	121	148	179	216	229	257	248	246	254	253

Fuente: Elaboración propia con datos de Conacyt (2020b), varios años.

Con respecto al número de investigadores incorporados al Sistema Nacional de Investigadores en el nivel 2 (SNI 2) durante el periodo 1997-2019, en los estados asociados a los clústeres aeroespaciales mexicanos, la Figura 5.10 y Tabla 5.9 muestra un comparativo donde destaca significativamente el clúster aeroespacial de Baja California. Los investigadores SNI 2 son reconocidos en el sistema por su nivel de producción y especificidad en sus líneas de investigación, además que son candidatos al siguiente nivel, lo cual representa un indicador acerca de que se están ampliando las áreas de especialización, de interés para las organizaciones del clúster aeroespacial correspondiente. No se omite observar que en este nivel los clústeres de Nuevo León y Querétaro se mantienen con una tendencia positiva, no obstante, el clúster aeroespacial de Baja California aventaja en este rubro y con las políticas institucionales adecuadas tiene la posibilidad de ampliar aún más esta ventaja.

Figura 5.10 *Investigadores SNI nivel 2 en los estados asociados a los clústeres aeroespaciales.*



Fuente: Elaboración propia con datos de Conacyt (2020b), varios años.

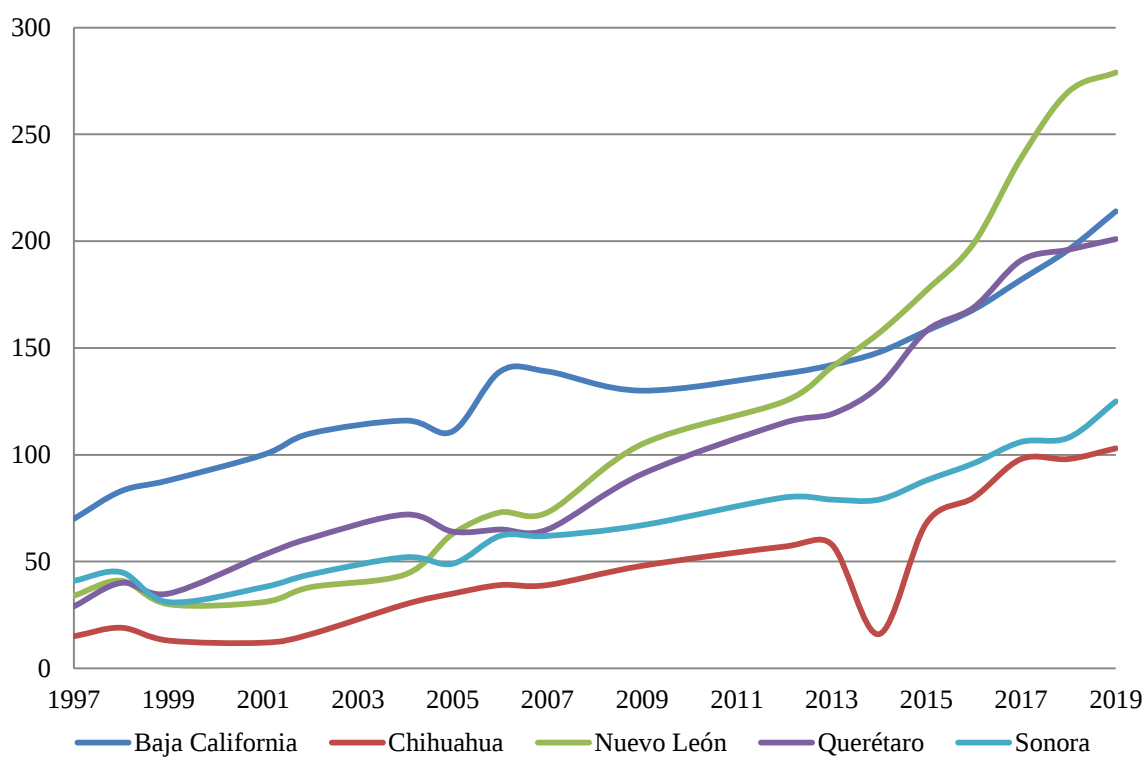
La Figura 5.11 y Tabla 5.10 muestran un comparativo en el número de investigadores incorporados al Sistema Nacional de Investigadores en el nivel 1 (SNI 1) durante el periodo 1997-2019, en los estados asociados a los clústeres aeroespaciales mexicanos. Con respecto a los investigadores SNI 1, es evidente el trabajo que han venido realizando las instituciones de educación e investigación de Nuevo León durante al menos los últimos 12 años, no sólo por ser el clúster con mayor número de egresados con nivel de posgrado sino también al destacar por encima de los otros estados en este nivel, si tomamos en cuenta que en los niveles 2 y 3 se ve superado por Baja California y Querétaro. Los investigadores de este nivel, serán aquellos que en el mediano y largo plazo reduzcan la brecha que existe con Baja California y Querétaro en los niveles superiores, generando una masa crítica de especialización en condiciones de potenciar la investigación en favor del clúster aeroespacial asociado, el estado y la sociedad.

Tabla 5.10 *Investigadores SNI nivel 1 en los estados asociados a los clústeres aeroespaciales.*

	1997	1998	1999	2001	2002	2004	2005	2006	2007	2009	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Baja California	70	83	88	100	110	116	111	139	139	130	138	142	148	158	168	182	196	214
Chihuahua	15	19	13	12	16	30	35	39	39	48	57	58	16	68	80	98	98	103
Nuevo León	34	41	30	31	38	44	63	73	73	105	125	141	157	177	199	239	270	279
Querétaro	29	40	35	53	61	72	64	65	65	91	115	119	132	158	169	191	196	201
Sonora	41	45	31	38	44	52	49	62	62	67	80	79	79	88	96	106	108	125
Total general	189	228	197	234	269	314	322	378	378	441	515	539	532	649	712	816	868	922

Fuente: Elaboración propia con datos de Conacyt (2020b), varios años.

Figura 5.11 *Investigadores SNI nivel 1 en los estados asociados a los clústeres aeroespaciales.*



Fuente: Elaboración propia con datos de Conacyt (2020b), varios años.

Finalmente, en el número de investigadores incorporados al Sistema Nacional de Investigadores en el nivel de candidatos (SNI C) durante el periodo 1997-2019, en los estados asociados a los clústeres aeroespaciales mexicanos (ver Figura 5.12 y Tabla 5.11).

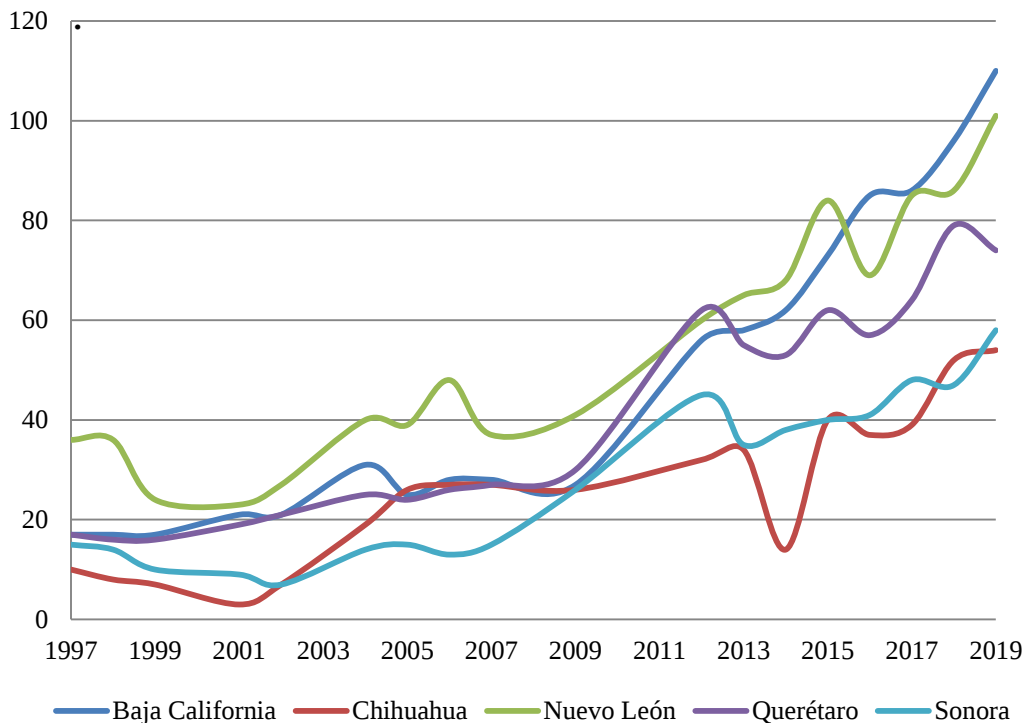
Los doctores con este reconocimiento, son investigadores que se están iniciando en el ámbito de la investigación, que antes de consolidarse con líneas de investigación, comienzan colaborando con investigadores previamente consolidados mientras adquieren las herramientas y abordan los temas que marcarán su trayectoria de investigación. En buena medida apoyan a los investigadores con más experiencia en actividades más operativas como la docencia, dirección de tesis, coordinación de los equipos de trabajo por mencionar algunas de las actividades.

Tabla 5.11 *Investigadores SNI nivel C en los estados asociados a los clústeres aeroespaciales*

	1997	1998	1999	2001	2002	2004	2005	2006	2007	2009	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Baja California	17	17	17	21	21	31	25	28	28	27	56	58	62	73	85	86	96	110
Chihuahua	10	8	7	3	7	19	26	27	27	26	32	34	14	40	37	39	52	54
Nuevo León	36	36	24	23	27	40	39	48	37	41	60	65	68	84	69	85	86	101
Querétaro	17	16	16	19	21	25	24	26	27	30	62	55	53	62	57	64	79	74
Sonora	15	14	10	9	7	14	15	13	15	26	45	35	38	40	41	48	47	58
Total general	95	91	74	75	83	129	129	142	134	150	255	247	235	299	289	322	360	397

Fuente: Elaboración propia con datos de Conacyt (2020b), varios años.

Figura 5.12 *Investigadores SNI nivel C en los estados asociados a los clústeres aeroespaciales*



Fuente: Elaboración propia con datos de Conacyt (2020b), varios años.

De manera similar como en los niveles superiores del SNI que se han analizado, los investigadores candidatos en el estado de Baja California, en los últimos cinco años se encuentran en mayor cantidad que en los estados de Nuevo León y Querétaro, que son estados asociados a los clústeres aeroespaciales con los que se compara porque podrían parecer atractivos para la inversión en el sector aeroespacial por su reciente potencial.

En conclusión, si consideramos estos números como un indicador de recursos humanos especializados de alto nivel, se puede decir que Baja California es el clúster aeroespacial que cuenta con una mayor cantidad de recursos humanos especializados de alto nivel, tanto de investigadores consolidados con líneas más específicas de investigación, como de investigadores que están en proceso de formación y que son candidatos para ampliar en el mediano y largo plazo los temas de investigación de interés para el clúster aeroespacial de Baja California. En resumen, este aspecto representa una fortaleza del clúster aeroespacial de Baja California.

5.3.2.6 Serie de tiempo de valor agregado censal bruto

De acuerdo con la representación gráfica de los datos asociados al valor agregado censal bruto, en la Tabla 5.12 y Figura 5.13 se observa a partir del 2008 una tendencia creciente de este valor en los clústeres aeroespaciales de Chihuahua, Querétaro, Baja California y menos pronunciado en Sonora. Una observación a destacar de acuerdo con la tendencia se refiere a los clústeres de Chihuahua y Querétaro, si bien su tendencia era creciente, se situaban por debajo del valor de Baja California hasta este año 2017, año partir del cual el valor agregado censal bruto superó al de Baja California.

Tabla 5.12 *Valor agregado censal bruto (millones de pesos)*

	Baja California	Chihuahua	Nuevo León	Querétaro	Sonora
2003	530.92	-	-	-	-
2004	561.28	-	-	-	-
2005	593.38	-	-	-	-
2006	627.31	-	-	-	-
2007	663.19	-	-	-	-
2008	701.11	-	-	763.56	951.87
2009	867.91	-	-	804.11	1,143.90
2010	1,074.38	-	-	846.81	1,374.67
2011	1,329.98	-	-	891.77	1,651.99
2012	1,646.38	-	-	939.13	1,985.25
2013	2,038.06	1,379.73	-	989.00	2,385.75
2014	2,398.65	1,789.37	-	1,375.23	2,501.38
2015	2,823.04	2,320.63	-	1,912.31	2,622.61
2016	3,322.52	3,009.62	-	2,659.13	2,749.73
2017	3,910.38	3,903.16	-	3,697.60	2,883.00
2018	4,602.24	5,062.01	-	5,141.64	3,022.73

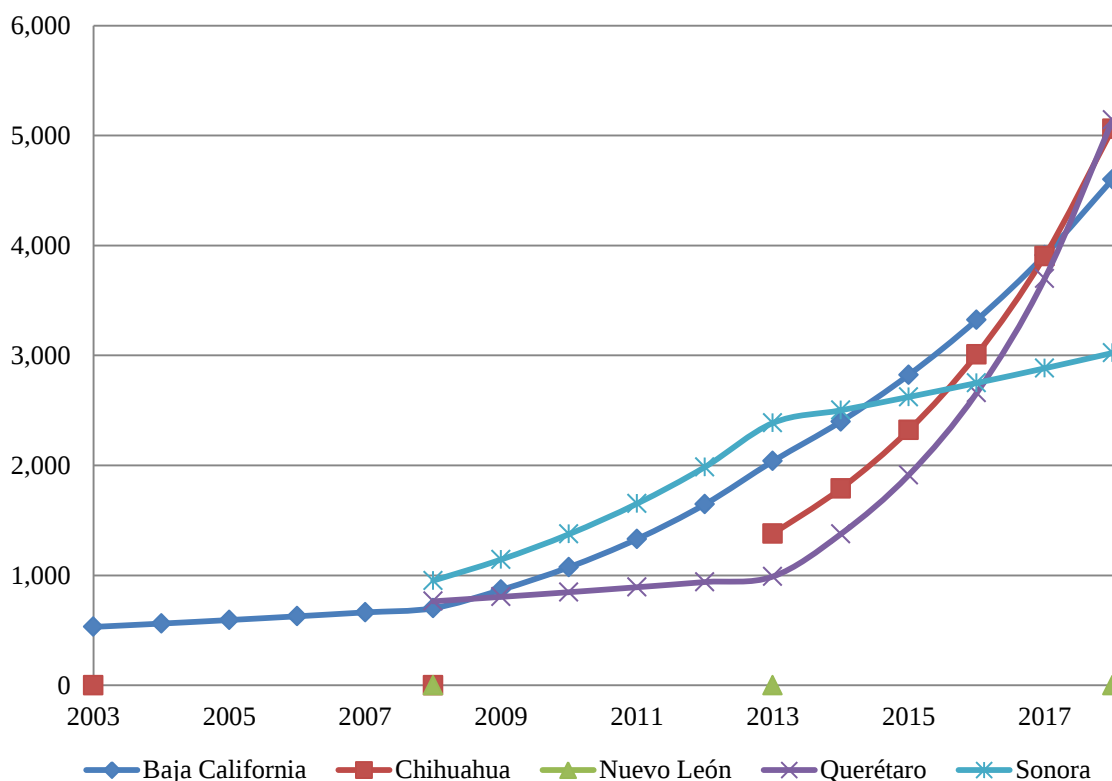
Fuente: Elaboración propia con datos INEGI (2020).

Notas: Incluye información de los censos de los años 2003, 2008, 2013 y 2018. Los datos referentes a Nuevo León y de los años 2003, 2008 y faltantes, el SAIC los omite con el fin de garantizar el principio de confidencialidad y reserva por ser absolutos.

Si consideramos que Baja California cuenta con el mayor número de empresas, es uno de los que mayor ocupación presenta en el sector, es el segundo que más IED ha recibido, cuenta con el mayor número investigadores reconocidos en el padrón del SNI de Conacyt asimilables por el sector aeroespacial, se podría dejar ver que en los últimos años el clúster

aeroespacial de Baja California ha estado perdiendo competitividad frente a sus similares de Chihuahua y Querétaro.

Figura 5.13 *Valor agregado censal bruto (millones de pesos)*



Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI (2020).

Notas: Incluye información de los censos de los años 2003, 2008, 2013 y 2018. Los datos referentes a Nuevo León y de los años 2003, 2008 y faltantes, el SAIC los omite con el fin de garantizar el principio de confidencialidad y reserva por ser absolutos.

5.3.2.7 Serie de tiempo de valor agregado en promedio por persona ocupada

De acuerdo con el Sistema Automatizado de Información Censal del INEGI (SAIC), ésta variable es definida como el “Valor adicional que en promedio generó cada persona ocupada a la producción, durante cada etapa del proceso de trabajo. Resulta de dividir el valor agregado entre el personal ocupado total”.

Con la Tabla 5.13 y la Figura 5.14, se observa la tendencia del valor agregado en promedio por persona. De esta representación surgen tendencias peculiares como las de Sonora y Querétaro, donde Querétaro muestra a partir del 2008 un valor agregado alto si

consideramos que para ese año el personal ocupado no era el más alto, pero dicho valor se fue perdiendo hasta el 2013, año a partir del cual también el número de empresas inicio a crecer y por tanto el número de empleados también, comportamiento del cual se puede inferir que las actividades por persona ocupada son las de mayor valor agregado actualmente. Por otro lado, Sonora inició el 2008 con un crecimiento en el valor agregado promedio hasta alcanzar en 2013 el máximo valor observado en el periodo de tiempo representado, año a partir del cual comenzó a disminuir hasta alcanzar niveles muy similares a los de Chihuahua, Baja California y Nuevo León.

Tabla 5.13 *Valor agregado en promedio por persona ocupada (Pesos)*

	Baja California	Chihuahua	Nuevo León	Querétaro	Sonora
2003	174,473.87	131,134.615			
2004	175,773.94	160,392.18			
2005	177,083.69	196,177.42			
2006	178,403.20	239,946.74			
2007	179,732.55	293,481.47			
2008	181,071.79	358,960.39		869,658.31	514,526.49
2009	193,049.59	298,193.62		664,631.29	583,784.35
2010	205,819.70	247,713.79		507,940.59	662,364.68
2011	219,434.54	205,779.45		388,190.63	751,522.32
2012	233,950.00	170,943.99		296,672.43	852,681.02
2013	249,425.65	142,005.66	104,148.70	226,730.17	967,456.20
2014	269,318.29	176,428.75	134,490.83	294,746.01	836,096.83
2015	290,797.45	219,196.23	173,672.67	383,165.63	722,573.18
2016	313,989.64	272,330.81	224,269.54	498,109.88	624,463.56
2017	339,031.51	338,345.57	289,607.03	647,535.78	539,675.07
2018	366,070.55	420,362.73	373,979.59	841,787.33	466,399.01

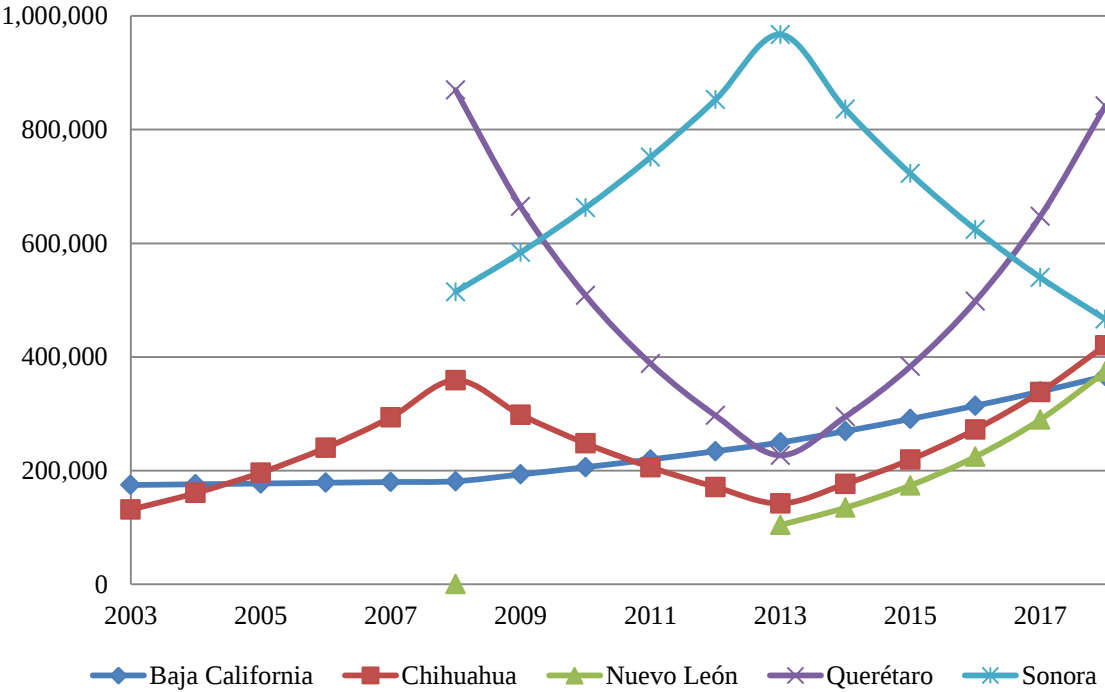
Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI (2020).

Notas: Incluye información de los censos de los años 2003, 2008, 2013 y 2018. Los datos referentes a Nuevo León y de los años 2003, 2008 y faltantes, el SAIC los omite con el fin de garantizar el principio de confidencialidad y reserva por ser absolutos.

Con el clúster aeroespacial de Baja California no se aprecian cambios abruptos, solo una tendencia creciente con poca pendiente al pasar de 174,473.00 en 2003 a 366,070.554 pesos en el año 2018. Lo anterior es un indicador que se puede interpretar como positivo en la idea de que, si bien hay un crecimiento, éste se encuentra por abajo de los niveles actuales

de Sonora, Chihuahua y Querétaro que es el más alto. Otra línea de interpretación se asocia con que la industria aeroespacial en Baja California es intensiva en mano de obra, por lo cual el indicador de valor agregado promedio por personal ocupado es bajo.

Figura 5.14 *Valor agregado en promedio por persona ocupada (Pesos)*



Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI (2020).
 Notas: Incluye información de los censos de los años 2003, 2008, 2013 y 2018. Los datos referentes a Nuevo León y de los años 2003, 2008 y faltantes, el SAIC los omite con el fin de garantizar el principio de confidencialidad y reserva por ser absolutos.

5.4 Análisis de la capacidad inventiva con la dinámica del número de patentes entre los principales clústeres aeroespaciales

Para el desarrollo de este punto, se advierte que se retoma información y gráficas presentadas previamente en el apartado 3.4.12 Capacidad inventiva en el clúster aeroespacial de Baja California, como punto de partida para integrar los puntos 5.4.1, 5.4.2 y 5.4.3, con la diferencia de que se adiciona la Tablas de datos 5.14, con el propósito de mostrar las series de tiempo en tablas, que se utilizaron para su procesamiento en las distintas herramientas metodológicas empleadas, y estar en condiciones de hacer el análisis correspondiente.

Contar con una política de gestión del conocimiento, constituye un instrumento para implementar un conjunto de acciones, con el propósito de orientar los flujos de conocimiento generados por las actividades e interacciones tanto al interior como al exterior de la organización. El fin último de obtener y registrar el conocimiento resultante de estas actividades es obtener alguna utilidad del mismo. Una manera legal de observar la cantidad y calidad del desarrollo tecnológico e innovación que se está generando de forma individual o como un conjunto de organizaciones, es a través del número de registros de propiedad industrial que pueda tener una organización, en específico me refiero a las patentes y solicitudes de patentes.

La dinámica en el número de solicitudes de patentes y de patentes concedidas en un sector en particular como el aeroespacial es un indicador que nos brinda una intensidad relativa con la que se está generando desarrollo tecnológico e innovación como resultado del aprovechamiento práctico del conocimiento científico, técnico y de investigación. En esta idea, una forma de percibir la intensidad de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación que se está generando en los estados asociados a los principales clústeres aeroespaciales mexicanos, es a través de las solicitudes de patentes y patentes concedidas por los residentes de los estados asociados a los principales clústeres aeroespaciales.

Por otro lado, las solicitudes y patentes como una estrategia de gestión del conocimiento son un indicador de la dimensión de la actividad inventiva en los países y el posicionamiento de los titulares de esas patentes en mercados extranjeros, pero al mismo tiempo, también reflejan, como menciona Chesbrough (2006), el dinamismo bajo el paraguas de la innovación abierta con el creciente número de solicitudes de patentes de fuentes como la Oficina de Patentes de Estados Unidos (USPTO) o el de la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual o de la Oficina Europea de Patentes o de las oficinas nacionales receptoras de patentes.

Para realizar el análisis de la capacidad inventiva como estrategia de gestión del conocimiento, basada en la dinámica de patentes del clúster de Baja California, comparado con la misma actividad con los principales clústeres aeroespaciales mexicanos, a continuación se hace una aproximación de la situación que guarda el clúster aeroespacial de Baja California en este tema con cuatro apartados asociados con: Solicitudes de patentes realizadas en México por residentes de los estados asociados a los principales clústeres

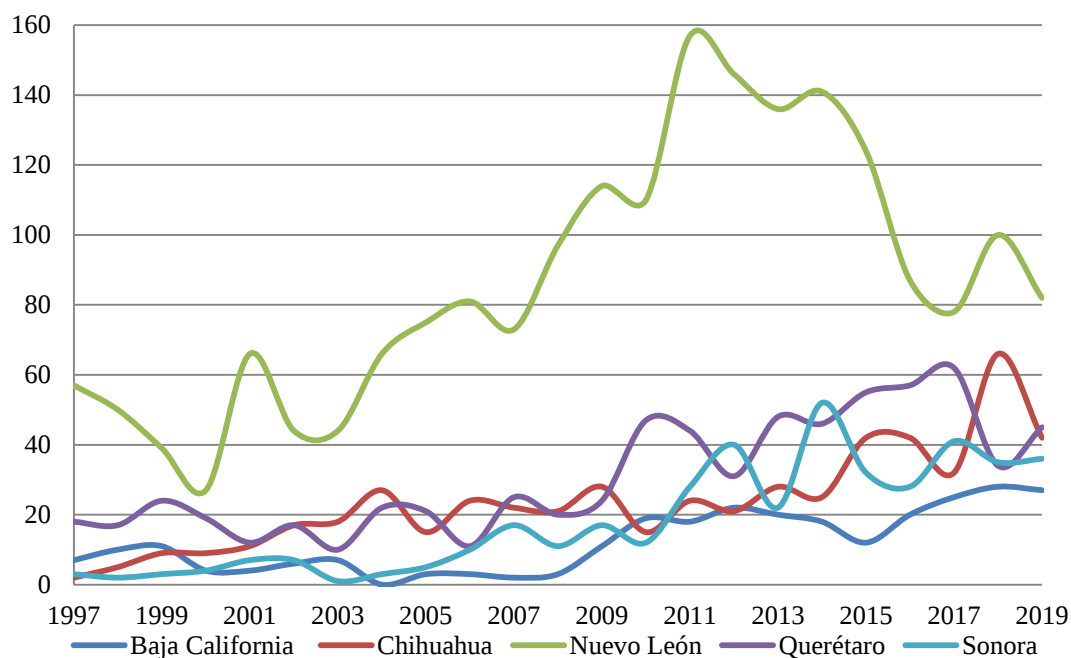
aeroespaciales mexicanos, Patentes aeroespaciales concedidas en México a residentes de los estados de los principales clústeres aeroespaciales mexicanos, Patentes aeroespaciales por país concedidas por la oficina de patentes mexicana, Patentes aeroespaciales por país concedidas por la oficina de patentes de EEUU.

El criterio para utilizar las bases de patentes de México y EEUU se basa primero, en que es de interés para el trabajo conocer la situación del estado asociado al clúster aeroespacial de Baja California y esta situación respecto de los otros clústeres aeroespaciales mexicanos, para esto se recurrió a el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial que es la instancia que genera los datos oficiales para México. Segundo, adicionalmente, para hacer más tangible la situación no solo de los principales clústeres aeroespaciales sino de México en el mundo, se compara el número de patentes mexicanas con las patentes de los principales países que solicitan en México, tomando como referencia la información de la USPTO, que es la principal fuente de patentes por su relevancia comercial y por estar asociada a uno de los países más importantes y dinámicos en el sector aeroespacial.

5.4.1 Solicitudes de patentes realizadas en México por residentes de los estados asociados a los principales clústeres aeroespaciales mexicanos

Con base en las cifras registradas por el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (IMPI) durante el periodo de 1997 al 2019, correspondientes a solicitudes de patentes de residentes de los estados asociados a los clústeres aeroespaciales mexicanos: Baja California, Chihuahua, Nuevo León, Querétaro y Sonora; se graficaron los registros para apreciar la dinámica en este rubro entre estados (ver Figura 5.15). Las cantidades graficadas incluyen la totalidad de solicitudes de patentes, es decir, incluyen las solicitudes del conjunto de sectores industriales, incluidos entre ellos el sector aeroespacial. Antes de continuar, es necesario reiterar, que las cifras manejadas se refieren únicamente a solicitudes realizadas en la oficina de patentes en México.

Figura 5.15 *Solicitudes de patentes de residentes de los estados asociados a los clústeres aeroespaciales nacionales, 1997-2019*



Fuente: Elaboración propia con datos del IMPI (2021), varios años.

La intención de la Tabla 5.14 y Figura 5.15 es observar la dinámica del estado de Baja California por estar asociado al clúster aeroespacial, objeto de estudio del presente trabajo, frente a la actividad en el mismo concepto con los estados asociados a los otros clústeres aeroespaciales mexicanos. Así, se observa que Baja California como estado es el que menor actividad registra en el rubro de solicitudes de patente en contraste con Nuevo León que destaca de manera importante, y frente a Querétaro, Chihuahua y Sonora que muestran un ligero, pero mejor desempeño. La pregunta que surge ahora es, cómo es el comportamiento de estos estados en específico con el sector aeroespacial.

Tabla 5.14 *Solicitudes de patentes de residentes de los estados asociados a los clústeres aeroespaciales nacionales, 1997-2019*

Año	Baja California	Chihuahua	Nuevo León	Querétaro	Sonora
1997	7	2	57	18	3
1998	10	5	50	17	2
1999	11	9	39	24	3
2000	4	9	27	19	4
2001	4	11	66	12	7
2002	6	17	44	17	7
2003	7	18	44	10	1
2004	0	27	66	22	3
2005	3	15	75	21	5
2006	3	24	81	11	10
2007	2	22	73	25	17
2008	3	21	97	20	11
2009	11	28	114	24	17
2010	19	15	110	47	12
2011	18	24	157	44	28
2012	22	21	146	31	40
2013	20	28	136	48	22
2014	18	25	141	46	52
2015	12	42	124	55	32
2016	20	42	87	57	28
2017	25	32	78	62	41
2018	28	66	100	34	35
2019	27	42	82	45	36
Totales	280	545	1994	709	416

Fuente: Elaboración propia con datos del IMPI (2021), varios años.

5.4.2 Patentes aeroespaciales concedidas en México a residentes de los estados de los principales clústeres aeroespaciales mexicanos

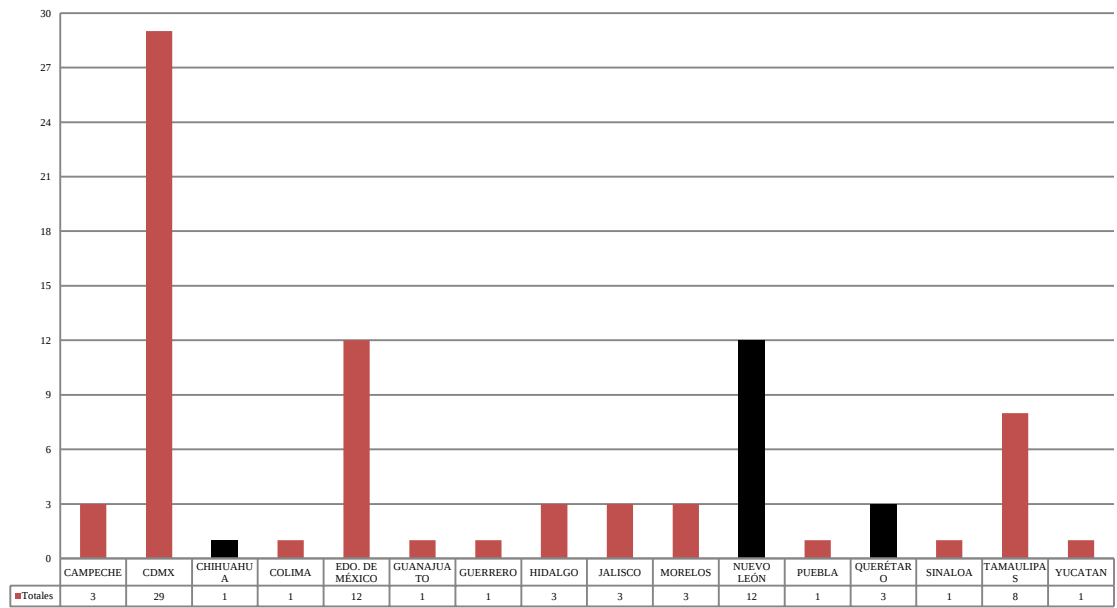
Para brindar información que muestre el comportamiento del clúster aeroespacial de Baja California frente a los otros estados asociados a los clústeres aeroespaciales mexicanos, se ha hecho uso de la Clasificación Internacional de Patentes. Esta clasificación se puede consultar en el portal de la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual⁵. Como los libros de una biblioteca suelen ser clasificados por áreas temáticas, las patentes también son clasificadas por áreas temáticas, para ser preciso cuenta con ocho que van de la

⁵ (<https://www.wipo.int/classifications/ipc/es/>)

letra “A” a la “H”. En específico nos referiremos al segundo grupo encabezado por la letra B, vinculado a “Técnicas industriales diversas; transportes”, subgrupo B64 que comprende temas en los que se incluyen todas aquellas patentes que reclaman exclusividad de algún producto, proceso o uso de una técnica asociada a: aeronaves, aviación, y/o astronáutica.

Algunos de los productos, procesos o usos que quedan incluidos en la clasificación B64 son los asociados a: aeronaves más ligeras que el aire, aeroplanos, helicópteros, equipamiento interior o acoplable a aeronaves, trajes de vuelo, paracaídas, disposiciones o montaje de grupos motores o de transmisiones de propulsión en aeronaves, instalaciones en tierra o instalaciones en cubierta de portaaviones especialmente adaptadas para su uso en conexión con aeronaves, diseño, fabricación, ensamblaje, limpieza, mantenimiento o reparación de aeronaves, manipulación, transporte, ensayo o inspección de componentes de aeronaves, astronáutica, vehículos o equipos a este efecto.

Figura 5.16 *Patentes de nacionales por entidad federativa según la clasificación B64* durante el periodo 1975-2018*



Fuente: Elaboración propia con datos del IMPI (2021b).

La información que nos muestra la actividad de los estados asociados a los clústeres aeroespaciales mexicanos se obtuvo del Sistema de la Gaceta de la Propiedad Industrial asociada exclusivamente al grupo de patentes que reclaman un producto, un proceso o el

uso de alguna técnica de aplicación industrial en aeronaves, aviación y/o astronáutica, clase B64 desde 1975 al año 2018. Esta información se puede observar en la Figura 5.16, donde se aprecia que, de los cinco estados asociados a los clústeres aeroespaciales mexicanos, sólo en tres se registra actividad es decir, en todo el periodo manejado en Chihuahua se reporta una, Nuevo León 12 y Querétaro 3 patentes. No hay registros de patentes en la clase B64 para los estados de Baja California y Sonora.

Tabla 5.15 *Patentes de nacionales por entidad federativa según la clasificación B64* durante el periodo 1975-2018.*

RESIDENTE	1975	1983	1992	2001	2002	2005	2007	2008	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	Total
Campeche	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	3
CDMX	1	-	2	-	1	5	3	1	2	-	1	-	-	7	-	4	2	29
Chihuahua	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1
Colima	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1
Edo. de México	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1	-	1	6	3	-	-	12
Guanajuato	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1
Guerrero	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Hidalgo	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	3
Jalisco	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	3
Morelos	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	3
Nuevo León	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	8	2	-	-	12
Puebla	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1
Querétaro	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	3
Sinaloa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1
Tamaulipas	-	-	-	-	-	-	-	7	-	-	-	-	1	-	-	-	-	8
Yucatán	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1
Total general	1	1	2	3	1	7	4	8	5	1	3	1	5	27	5	6	3	83

Fuente: Elaboración propia con datos del IMPI (2021b).

Para este grupo de patentes (B64) durante el periodo indicado de 1975 a 2018, el número de patentes de nacionales es relativamente bajo, apenas llega a 83. Debido a la discontinuidad de patentes entre años durante el periodo manejado, la evolución anual se puede percibir mejor en comparación con otros estados en la Tabla 5.15, donde se reportan solo los años donde se otorgaron patentes. Se observa una mayor dinámica a partir del 2013 que en años previos y se ratifica la falta de participación de los estados de Baja California y Sonora.

5.4.3 Patentes aeroespaciales por país concedidas por la oficina de patentes mexicana

Adicionalmente, para percibir cómo es la dinámica de la producción nacional de patentes otorgadas por la oficina de patentes mexicana, respecto de otros países, incluidos implícitamente los clústeres aeroespaciales mexicanos, en la Tabla 5.16 se muestran los números de patentes que se han otorgado por país, asociadas exclusivamente al grupo que reclama un producto, un proceso o el uso de alguna técnica de aplicación industrial en aeronaves, aviación y/o astronáutica, clase B64. Como es de observarse, existen 299 patentes de residentes de EEUU, que representan más del triple de las patentes de mexicanos (83). También países como Alemania, Canadá, Francia, Israel, Reino Unido y Suiza muestran actividad importante que se ve reflejada en los registros de patentes, es decir, presentan sus solicitudes porque existe un mercado y una tecnología que les representa una ventaja competitiva.

Tabla 5.16 *Patentes por país según la clasificación B64* durante el periodo 1975-2019*

Año	Alemania	Argentina	Australia	Austria	Bélgica	Brasil	Canadá	China	Corea	Cuba	Dinamarca	Eslovaquia	España	Francia	Irán	Irlanda	Israel	Italia	Japón	Luxemburgo	Malasia	Noruega	Nueva Zelanda	Países Bajos	Reino Unido	Rumania	Suecia	Suiza	Turquía	USA	México	Total		
1975	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1		
1976	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	3		
1978	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1		
1979	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	3		
1980	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	2		
1981	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	2		
1982	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4		
1983	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	3	
1984	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1		
1987	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	2		
1988	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	2		
1989	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	2	
1990	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	2	
1991	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	3	
1992	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	5	
1993	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	3	-	5		
1994	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12	-	14	
1995	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1		
1996	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9	-	9	
1997	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	4	-	-	-	-	2	-	3	2	-	6	-	19	
1998	3	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	7	-	12	
1999	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	2
2000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	2	
2001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	2	-	1	3	-	-	3	11	
2002	-	-	-	-	-	-	-	1	-	2	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	4	1	11	
2003	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	6	
2004	1	-	2	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	8	-	16	
2005	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	7	13	
2006	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	3	-	-	16	-	21		
2007	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	4	-	-	-	2	-	-	-	-	2	-	2	-	-	-	-	20	4	37		
2008	-	-	-	-	-	-	2	-	-	2	-	2	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	28	8	43		
2009	2	-	-	-	-	-	6	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2	20	-	35		
2010	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9	5	17	
2011	2	2	-	-	2	1	10	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	20	1	41		
2012	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	2	-	-	-	2	-	-	-	-	2	2	-	-	8	3	22	
2013	-	-	-	2	-	-	1	-	-	-	-	-	1	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	10	1	19	
2014	5	-	-	-	-	-	3	7	-	-	-	3	-	3	-	-	1	-	-	-	1	-	3	-	-	-	-	-	-	-	8	5	39	
2015	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	10	-	-	-	-	14	27	56		
2016	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	2	2	4	-	-	-	-	9	-	-	-	1	9	5	33		
2017	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	-	-	-	9	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	16	6	39			
2018	6	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	34	3	47		
2019	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	1	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	7	-	-	12	
Total	26	2	5	4	2	1	34	8	2	1	7	3	5	26	1	1	17	8	4	4	4	5	2	4	30	1	11	15	3	299	83	618		

Fuente: Elaboración propia con datos del IMPI (2021b), varios años.

5.5 Análisis de redes sociales mediante el estudio de las vinculaciones en el Programa de Estímulos a la Innovación, Desarrollo Tecnológico e Innovación entre universidades y empresas de los principales clústeres aeroespaciales mexicanos

Como parte del enfoque ecléctico de aproximación que se está empleando para estimar la relación propuesta en la hipótesis de investigación, está considerado emplear la metodología de Análisis de Redes Sociales (ARS), con base en los datos del padrón de proyectos apoyados del Programa de Estímulos a la Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación (PEI), asociado a los principales clústeres aeroespaciales mexicanos, destacando el caso del clúster aeroespacial de Baja California, durante el periodo comprendido entre los años 2009-2018.

5.5.1 Descripción general del Programa de Estímulos a la Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación (PEI)

El Programa de Estímulos a la Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación (PEI) constituyó un instrumento de política pública en materia de ciencia, tecnología e innovación a través del cual el Consejo Nacional de Ciencia y tecnología (CONACYT) otorgó apoyos económicos complementarios a las empresas para la maduración tecnológica de los proyectos apoyados, fomentando esencialmente la inversión de las empresas en proyectos con actividades de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación (IDTI) y el fortalecimiento de la vinculación entre éstas y con las Instituciones de Educación Superior (IES) y Centros de Investigación Públicos Nacionales (CI).

Los objetivos específicos del programa consistían básicamente en:

- I. Contribuir a la generación de nuevos productos, procesos y/o servicios.
- II. Promover la maduración de tecnologías desarrolladas por empresas.
- III. Fomentar la vinculación academia empresa.
- IV. Fomentar el crecimiento anual de inversión del sector productivo nacional en IDTI.
- V. Impulsar la realización de proyectos de desarrollo tecnológico e innovación en todas las entidades federativas de la República Mexicana.
- VI. Promover la protección y difusión del conocimiento generado por el sector productivo mediante los esquemas de protección de la propiedad intelectual.
- VII. Propiciar la inclusión de recursos humanos de alto nivel a través de la generación de nuevos empleos de calidad.

Los proyectos se presentaban y apoyaban en tres modalidades de acuerdo al tamaño de la empresa:

- Innovación Tecnológica para las Micro, Pequeñas y Medianas Empresas (INNOVAPYME). Modalidad dedicada exclusivamente a propuestas y proyectos cuyo proponente sean empresas MIPYMES. En esta modalidad las empresas podrán presentar propuestas de manera individual o vinculada con IES, CI o ambos.
- Innovación Tecnológica para las Grandes Empresas (INNOVATEC): Modalidad dedicada exclusivamente a propuestas y proyectos cuyo proponente sea empresas Grandes. En esta modalidad las empresas podrán presentar propuestas de manera individual o vinculada con IES, CI o ambos.
- Proyectos en Red Orientados a la Innovación (PROINNOVA): Modalidad dedicada exclusivamente a propuestas y proyectos que se presenten en vinculación con al menos dos IES, o dos CI o uno de cada uno.

El programa de incentivos otorgaba el mayor número de apoyos a las MIPYME que a las empresas Grandes, asimismo, se apoyó en mayor medida a las propuestas vinculadas con IES/CI sobre las propuestas individuales. Según la modalidad, el tamaño de la empresa y la condición de vinculación, el porcentaje de apoyo sobre el costo total del proyecto era determinado de acuerdo con la Tabla 5.17.

Los porcentajes de gasto de la empresa y de las IES/CI así como el tope máximo de apoyo por empresa indicados en la Tabla 5.17, son ejemplificativos, debido a que entre convocatorias durante el periodo 2009 – 2018, el porcentaje y monto del apoyo estaba sujeto a la disponibilidad presupuestal del CONACYT y a la propuesta aprobada por el Comité Técnico Intersecretarial de Innovación por lo cual existen variaciones entre convocatorias.

Tabla 5.17 *Porcentaje de apoyo respecto al gasto elegible del proyecto en el ejercicio fiscal 2018.*

Modalidad	Tamaño de Empresa (*)	Proyecto individual	Proyecto en Vinculación con IES/CI		Tope máximo de apoyo por empresa (Pesos Moneda Nacional)
		% del gasto de la empresa	% del gasto de la empresa	% de gastos de las IES / CI	
INNOVAPYME	MIPYME	30%	35%	70%	15 Millones
INNOVATEC	Empresas Grandes	25%	30%	70%	25 Millones
PROINNOVA	MIPYME	No aplica	50%	70%	19 Millones
	Empresas Grandes		35%		

Fuente: Términos de Referencia de la convocatoria del PEI 2018 (Conacyt, 2020c).

Nota: (*) Conforme a la Tabla de Estratificación de las micro, pequeñas y medianas empresas, emitida por la Secretaría de Economía, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 30 de junio de 2009.

5.5.2 Panorama nacional de los apoyos otorgados por el PEI

El PEI fue un programa que alentó la participación de las empresas en colaboración con las IES y/o CI, en los 32 estados del país, para avanzar en la maduración tecnológica de proyectos, cuya cobertura se asocia a 33 áreas industriales incluyendo la aeroespacial. La Tabla 5.18 muestra de manera agregada el número total de proyectos apoyados por Estado, ordenados según la modalidad de participación durante el periodo 2009 – 2018. Se cuentan 6,472 proyectos apoyados en total, con 1,883 en modalidad Innovapyme, 1,441 en Innovatec y 3,148 en Proinnova. Cerca del 50% de los proyectos se apoyaron bajo la modalidad Proinnova, que se caracterizan por estar vinculados con al menos dos IES, o dos CI o uno de cada uno.

Tabla 5.18 *Proyectos a nivel nacional apoyados por el PEI en el periodo 2009 – 2018*

Estado	Modalidad			TOTAL
	INNOVAPYME	INNOVATEC	PROINNOVA	
1. Aguascalientes	44	13	58	115
2. Baja California	102	78	113	293
3. Baja California Sur	13	0	28	41
4. Campeche	19	2	52	73
5. Chiapas	8	3	47	58
6. Chihuahua	22	101	161	284
7. Ciudad de México	166	216	202	584
8. Coahuila	140	39	170	349
9. Colima	13	3	44	60
10. Durango	48	20	23	91
11. Guanajuato	176	67	102	345
12. Guerrero	5	0	33	38
13. Hidalgo	76	35	125	236
14. Jalisco	112	93	245	450
15. México	101	155	194	450
16. Michoacán	61	41	73	175
17. Morelos	60	27	103	190
18. Nayarit	10	1	43	54
19. Nuevo León	163	194	250	607
20. Oaxaca	31	0	61	92
21. Puebla	65	62	65	192
22. Querétaro	100	74	119	293
23. Quintana Roo	3	11	54	68
24. San Luis Potosí	69	56	98	223
25. Sinaloa	47	6	105	158
26. Sonora	57	26	109	192
27. Tabasco	23	7	59	89
28. Tamaulipas	24	21	71	116
29. Tlaxcala	15	25	47	87
30. Veracruz	33	32	114	179
31. Yucatán	71	31	137	239
32. Zacatecas	6	2	43	51
Total	1,883	1,441	3,148	6,472
Total porcentaje	29	22	49	100

Nota: Se incluyen todas las áreas industriales. Fuente: Elaboración propia a partir del padrón de beneficiarios del Programa de Estímulos a la Innovación durante el periodo 2009-2018 (Conacyt, 2020d).

5.5.3 Panorama nacional de los apoyos otorgados por el PEI etiquetados con el área industrial de aeroespacial

El área industrial etiquetada como aeroespacial es una de las 33 áreas en las que el PEI aportó recursos económicos para la maduración tecnológica de proyectos. En la Tabla 5.19 se observa el número total de proyectos apoyados en el área industrial aeroespacial por estado durante el periodo 2009 – 2018. El número de proyectos apoyados en aeroespacial asciende a 167 con 36 en modalidad Innovapyme, 63 en Innovatec y 68 en Proinnova.

Tabla 5.19 *Proyectos a nivel nacional apoyados por el PEI en el área industrial aeroespacial para el periodo 2009 – 2018*

Estado	Modalidad			Total Aeroespacial
	INNOVAPYME	INNOVATEC	PROINNOVA	
1. AGUASCALIENTES	0	0	1	1
2. BAJA CALIFORNIA	0	27	4	31
3. CHIHUAHUA	1	8	15	24
4. CIUDAD DE MÉXICO	0	7	3	10
5. COAHUILA	5	0	2	7
6. GUANAJUATO	0	0	2	2
7. HIDALGO	0	1	0	1
8. JALISCO	3	1	4	8
9. MÉXICO	2	0	2	4
10. NAYARIT	2	0	1	3
11. NUEVO LEÓN	5	1	10	16
12. OAXACA	7	0	0	7
13. PUEBLA	0	0	1	1
14. QUERÉTARO	6	16	14	36
15. SAN LUIS POTOSÍ	1	0	2	3
16. SONORA	4	2	6	12
17. TLAXCALA	0	0	1	1
Total general	36	63	68	167
Total porcentaje	21	38	41	100

Nota: Se incluyen todas las áreas industriales. Fuente: Elaboración propia con datos específicos del área industrial etiquetada como aeroespacial, conforme al padrón de beneficiarios del Programa de Estímulos a la Innovación durante el periodo 2009-2018 (Conacyt, 2020d).

El mayor porcentaje se encuentra en la modalidad Proinnova (41%), que se caracteriza porque los proyectos están vinculados con al menos dos IES, o dos CI o uno de cada uno. De igual manera, el porcentaje de proyectos en modalidad Innovatec es de 38%, cuyo rasgo

principal es la participación solo de grandes empresas que pueden presentar propuestas de manera individual o vinculada con IES, CI o ambos.

También se aprecia en la Tabla 5.19, la participación de empresas de solo 17 estados de 32, con proyectos vinculados a la industria aeroespacial. Los cinco estados con mayor número de proyectos apoyados por el PEI coinciden con los principales clústeres aeroespaciales nacionales: con el mayor número de proyectos apoyados está el clúster de Querétaro con 36, seguido de Baja California con 31; en tercer lugar está Chihuahua con 24 seguido de Nuevo León con 16 y en quinta posición Sonora con 12 proyectos.

5.5.4 Análisis de los proyectos apoyados por el PEI en los principales clústeres aeroespaciales mexicanos.

En esta sección, se presentan distintos arreglos con base en el número de participantes y proyectos apoyados por el PEI, desde el ámbito nacional hasta el asociado con los estados de los principales clústeres aeroespaciales mexicanos, con el afán de comparar los números del clúster aeroespacial de Baja California con los relativos a los clústeres aeroespaciales de Chihuahua, Nuevo León, Querétaro y Sonora.

5.5.4.1 Número de proyectos aeroespaciales por modalidad y clúster

Para dimensionar la participación de las empresas de los cinco principales clústeres aeroespaciales con proyectos aprobados en el PEI, etiquetados con el área industrial de aeroespacial durante el periodo 2009 – 2018, se parte que de los 6,472 proyectos apoyados por el programa, 167 pertenecen a este sector, representando un 2.58% del total del universo de proyectos apoyados por el PEI. Asimismo, de estos 167 proyectos, 119 corresponden a los principales clústeres aeroespaciales nacionales: el clúster aeroespacial de Baja California (31), Chihuahua (24), Nuevo León (16), Querétaro (36) y Sonora (12). Lo que representa el 71 % de los proyectos etiquetados con el área industrial de aeroespacial y el 1.83% del total de proyectos apoyados por el PEI (Ver Tabla 5.20).

Tabla 5.20 *Proyectos PEI por modalidad, principales clústeres aeroespaciales durante el periodo 2009-2018*

CLÚSTER	INNOVAPYME	INNOVATEC	PROINNOVA	TOTAL	%	
					Clústeres	Nacional
Baja California	0	27	4	31	26	19
Chihuahua	1	8	15	24	20	14
Querétaro	6	16	14	36	30	21
Nuevo León	5	1	10	16	14	10
Sonora	4	2	6	12	10	7
Total	16	54	49	119	100	71
%Clústeres	14	45	41	100		

Nota: % Clústeres toma como referencia 119 proyectos y % Nacional considera 167 proyectos. Fuente: Elaboración propia con datos específicos del área industrial etiquetada como aeroespacial, conforme al padrón de beneficiarios del Programa de Estímulos a la Innovación durante el periodo 2009-2018 (Conacyt, 2020d).

Una vez determinado el número de proyectos apoyados por el PEI etiquetados con el área industrial de aeroespacial a empresas de los principales clústeres aeroespaciales, un dato importante que se desprende de la Tabla 5.20 es el número de proyectos y el correspondiente porcentaje de participación por clúster aeroespacial. Así, se tiene al clúster de Querétaro con 36 proyectos que representan el 30%, Baja California con 31 proyectos y el 26%, Chihuahua con 24 proyectos y 20%, Nuevo León con 16 proyectos y 14%, y Sonora con 12 proyectos y el 10% del total. También se observa que de los 119 proyectos, 54 corresponden a la modalidad Innovatec (45%), cuyo rasgo principal es la participación solo de grandes empresas que pueden presentar propuestas de manera individual o vinculada con IES, CI o ambos; 49 a la modalidad Proinnova (41%), que se caracterizan por estar vinculados con al menos dos IES, o dos CI o uno de cada uno; y 16 en modalidad Innovapyme (14%), que son Mipymes con proyectos individuales o vinculados con IES, CI o ambos.

5.5.4.2 Número de proyectos aeroespaciales por tamaño de empresa y clúster

De acuerdo con la Tabla 5.21, de los 119 proyectos apoyados a empresas de los principales clústeres aeroespaciales, mayoritariamente fueron para empresas grandes con 65, seguidos de pequeñas y microempresas con 26 y 19 respectivamente. La participación de las medianas se limita a 9 proyectos. Un tema donde destaca el clúster de Baja California es en la participación de empresas grandes, con 27 de 31 proyectos seguido del clúster de Querétaro con 22 de 36 proyectos. Contrasta el clúster de Nuevo León con 14 proyectos

entre pequeñas (9) y microempresas (5) y sólo uno asociado a grandes empresas de 16 proyectos en total para el clúster.

Tabla 5.21 *Proyectos PEI por tamaño de empresa, principales clústeres aeroespaciales durante el periodo 2009-2018*

Clúster	Grande	Mediana	Pequeña	Microempresa	Total
Baja California	27	0	0	4	31
Chihuahua	9	2	8	5	24
Nuevo León	1	1	9	5	16
Querétaro	22	6	5	3	36
Sonora	6	0	4	2	12
Total	65	9	26	19	119

Nota: Elaboración propia con datos específicos del área industrial etiquetada como aeroespacial, conforme al padrón de beneficiarios del Programa de Estímulos a la Innovación durante el periodo 2009-2018 (Conacyt, 2020d).

5.5.4.3 Número de proyectos aeroespaciales por modalidad de vinculación y clúster

Otro aspecto importante a considerar y que en cierta forma refleja la política de gestión de conocimiento de las empresas o la estrategia de hacerse de información útil, es el acompañamiento que tienen los proyectos, es decir, si el proyecto es uno individual en donde sólo participa la empresa proponente o vinculado en donde colabora la empresa con IES y/o CI. En esta idea, de los 119 proyectos asociados a los principales clústeres aeroespaciales, 97 de ellos se realizaron en forma vinculada y 22 en modalidad individual.

Tabla 5.22 *Proyectos PEI por tipo de acompañamiento, principales clústeres aeroespaciales durante el periodo 2009-2018*

Clúster	Individual	Vinculado	Total
Baja California	15	16	31
Chihuahua	1	23	24
Nuevo León	0	16	16
Querétaro	4	32	36
Sonora	2	10	12
Total	22	97	119

Nota: Elaboración propia con datos específicos del área industrial etiquetada como aeroespacial, conforme al padrón de beneficiarios del Programa de Estímulos a la Innovación durante el periodo 2009-2018 (Conacyt, 2020d).

Aunque la mayoría de los proyectos son vinculados, en particular se aprecian contrastes como el caso de Baja California, donde el número entre modalidades es similar con 15 individuales y 16 vinculados de 31 proyectos. Caso contrario en los clústeres de Chihuahua, Nuevo León, Sonora y Querétaro donde más del 80% de los proyectos se presentaron como vinculados (Ver Tabla 5.22).

5.5.4.4 Número de proyectos aeroespaciales por empresas participantes y clúster

Analizando con mayor profundidad la información asociada con los 119 proyectos apoyados por el PEI a los principales clústeres aeroespaciales, en la Tabla 5.23 se aprecia el número de empresas participantes, es decir, las empresas a las cuales se les brindó el apoyo, observando 49 razones sociales diferentes. Los clústeres con mayor número de empresas participantes fueron los de Querétaro y Nuevo León con 14 y 15 razones sociales diferentes. En Baja California sólo 8 empresas lograron el apoyo, 9 en Chihuahua y 3 en Sonora.

Tabla 5.23 *Número de empresas apoyadas, principales clústeres aeroespaciales durante el periodo 2009-2018*

Clúster	Empresas participantes	Proyectos apoyados
Baja California	8	31
Chihuahua	9	24
Nuevo León	14	16
Querétaro	15	36
Sonora	3	12
Total	49	119

Nota: Elaboración propia con datos específicos del área industrial etiquetada como aeroespacial, conforme al padrón de beneficiarios del Programa de Estímulos a la Innovación durante el periodo 2009-2018 (Conacyt, 2020d).

5.5.4.5 Número de proyectos aeroespaciales por empresa y clúster

Tomado en cuenta que se apoyaron 119 proyectos con la participación de solo 49 empresas, en la Tabla 5.24 se muestran tres situaciones, primero, la razón social de cada una de las 49 empresas participantes, segundo, el número de proyectos apoyados por empresa y tercero, el clúster al que pertenece cada una de las 49 empresas. De esta forma se pueden encontrar razones sociales a las que se les apoyo más de un proyecto, como el caso

de las empresas en Baja California Honeywell Aerospace de Mexico S de RL de CV y Honeywell Aerospace Systems Laboratory Company S de RL de CV con 8 y 12 proyectos respectivamente. Luego tres empresas con seis proyectos apoyados, dos de ellas pertenecientes al clúster de Querétaro: ITP Ingeniería y Fabricación SA de CV y Messier Services Americas SA de CV; y una del clúster de Sonora: Maquilas Teta Kawi S.A. de C.V.

De igual manera destacan las empresas Labinal de México SA de CV de Chihuahua y Turborreactores SA de CV de Querétaro con cinco proyectos cada una. Luego se tienen cuatro casos con cuatro proyectos, tres de estos pertenecen al clúster de Chihuahua: Aisystems, S.A. de C.V., Altaser SA de CV y Servicios y Operaciones Integrales S.A. de C.V., y finalmente Tecnodí Advance SA de CV del clúster de Sonora. Las empresas Goodrich Aerospace De Mexico, S. de R.L. de C.V. de Baja California, Honeywell Aerospace de México S de RL de CV de Chihuahua, el Centro de Ingeniería Avanzada en Turbomaquinas S de RL de CV de Querétaro obtuvieron tres apoyos cada una. Finalmente, hay nueve empresas que obtuvieron el apoyo de dos proyectos y 25 con solo un proyecto apoyado (ver Tabla 5.24).

Con la información presentada en Tabla 5.23 y Tabla 5.24, se puede apreciar la intensidad con la que participaron las empresas en el PEI, ya sea como el resultado de su política de gestión del conocimiento o el fomento de estas prácticas en el interior de cada uno de los clústeres, la cual debe contemplar la búsqueda de recursos económicos, sobre todo si estos son fondos públicos de riesgo. De estos datos, se puede destacar la concentración de proyectos apoyados en pocas empresas, en los clústeres de Baja California, Chihuahua y Sonora, destacando Baja California y Sonora. Si se toma en cuenta el número de empresas identificadas por clúster aeroespacial en relación con las empresas que obtuvieron el apoyo para sus propuestas presentadas en el PEI, se puede decir que hay poco interés de parte de las empresas en vincularse con IES o CI, o se cuenta con escasas capacidades de gestión del conocimiento, el cual incluye la habilidad para hacerse de recursos económicos y de esa manera disminuir el riesgo económico frente a la innovación.

Tabla 5.24 *Proyectos PEI por empresa, principales clústeres aeroespaciales durante el periodo 2009-2018*

EMPRESA	ABREVIATURA	BAJA CALIFORNIA	CHIHUAHUA	NUEVO LEÓN	QUERÉTARO	SONORA	TOTAL
1. 3G HERRAMIENTAS ESPECIALES SA DE CV	3G	0	0	2	0	0	2
2. ADD ENGINEERING SA DE CV	ADD	0	0	0	1	0	1
3. ADEK SA DE CV	ADEK	0	0	1	0	0	1
4. AIRTRAIN MEXICO, S.A. DE C.V.	AIRTRAIN	1	0	0	0	0	1
5. AISYSTEMS, S.A. DE C.V.	AISYSTEMS	0	4	0	0	0	4
6. ALTAIDEA SA DE CV	ALTAIDEA	0	0	1	0	0	1
7. ALTASER SA DE CV	ALTASER	0	4	0	0	0	4
8. AM DL MRO JV S.A.P.I. DE C.V.	AM DL	0	0	0	2	0	2
9. BOMBARDIER AEROSPACE MEXICO SA DE CV	BOMBARDIER	0	0	0	2	0	2
10. CENTRO DE INGENIERIA AVANZADA EN TURBOMAQUINAS S DE RL DE CV	CIAT	0	0	0	3	0	3
11. COMERCIALIZADORA Y EROSIONADOS DE QUERETARO SA DE CV	COMEQ	0	0	0	1	0	1
12. CORETOOL SA DE CV	CORETOOL	0	0	0	1	0	1
13. CYBER MAYOREO SA DE CV	CYBER	0	0	1	0	0	1
14. ESTUDIO DE DISEÑO SUIT S DE RL DE CV	EST SUIT	0	0	1	0	0	1
15. EXSYS TOOL MEXICO S DE RL DE CV	EXSYS	0	0	1	0	0	1
16. FH TECNOLOGIAS S DE RL MI	FH TEC	0	1	0	0	0	1
17. FORJACHISA S.A. DE C.V.	FORJACHISA	0	1	0	0	0	1
18. GALNIK SA DE CV	GALNIK	0	0	0	2	0	2
19. GOALTECH ENGINEERING SOLUTIONS S DE RL DE CV	GOALTECH	0	1	0	0	0	1
20. GOODRICH AEROSPACE DE MEXICO, S. DE R.L. DE C.V.	GOODRICH	3	0	0	0	0	3
21. GRUPO AMERICAN INDUSTRIES SA DE CV	GAI	0	1	0	0	0	1
22. HONEYWELL AEROSPACE DE MEXICO S DE RL DE CV	HONEYWELL	8	0	0	0	0	8
23. HONEYWELL AEROSPACE DE MEXICO S DE RL DE CV	HONEYWELL CHIH	0	3	0	0	0	3
24. HONEYWELL AEROSPACE ENGINE SIMULATION COMPANY S DE RL DE CV	HONEYWELL AES	1	0	0	0	0	1
25. HONEYWELL AEROSPACE SYSTEMS LABORATORY COMPANY S DE RL DE CV	HONEYWELL ASL	12	0	0	0	0	12
26. HONEYWELL INGENIERIA Y TECNOLOGIA AEROSPAIAL DE MEXICO S DE RL DE CV	HONEYWELL ITA	3	0	0	0	0	3
27. INNOVATOOL SA DE CV	INNOVATOOL	0	0	0	2	0	2
28. ITP INGENIERIA Y FABRICACION SA DE CV	ITP	0	0	0	6	0	6
29. LABINAL DE MEXICO SA DE CV	LABINAL	0	5	0	0	0	5
30. MAQ REY SA DE CV	MAQ REY	0	0	1	0	0	1
31. MAQUILAS TETA KAWI S.A. DE C.V.	TETA KAWI	0	0	0	0	6	6
32. MAQUINADOS EXPRESS SA DE CV	MAQ EXPRESS	0	0	1	0	0	1
33. MESSIER SERVICES AMERICAS SA DE CV	MESSIER	0	0	0	6	0	6
34. PINNACLE SOFTWARE ENGINEERING S DE RL DE CV	PINNACLE	0	0	0	0	2	2
35. PRAGMATEC, S.A. DE C.V.	PRAGMATEC	0	0	0	1	0	1
36. QUETZAL AEROSPAIAL S DE RL DE CV	QUETZAL	0	0	0	2	0	2
37. RAPHSON & VON MISES CONSULTING SA DE CV	RAPHSON	0	0	0	1	0	1
38. REACCIONES QUIMICAS SA DE CV	REAC QUIM	0	0	1	0	0	1
39. RFID MEXICO SA DE CV	RFID	0	0	1	0	0	1
40. SERVICIOS Y OPERACIONES INTEGRALES S.A. DE C.V.	SOPI	0	4	0	0	0	4
41. SIMPLE COMPLEXITY SA DE CV	SIMPLE	2	0	0	0	0	2
42. SISTEMAS AEREOS DE ANALISIS DE AVANZADA SA DE CV	SAAA	0	0	2	0	0	2
43. SNECMA AMERICA ENGINE SERVICES S.A. DE C.V.	SNECMA	0	0	0	1	0	1
44. TECNODI ADVANCE SA DE CV	TECNODI	0	0	0	0	4	4
45. TECNOLOGIA PROCESOS Y MAQUINADOS SA DE CV	TEC MAQ	0	0	1	0	0	1
46. TECNOLOGIA Y DISEÑOS 2000 SA DE CV	TEC 2000	0	0	1	0	0	1
47. THUMBSAT MEXICO S.A. DE C.V.	THUMBSAT	1	0	0	0	0	1
48. TRANSPORTES Y SERVICIOS LOGISTICS UP S DE RL DE CV	TSL UP	0	0	1	0	0	1
49. TURBORREACTORES SA DE CV	TURBORREACTORES	0	0	0	5	0	5
Total		31	24	16	36	12	119

Nota: Elaboración propia con datos específicos del área industrial etiquetada como aeroespacial, conforme al padrón de beneficiarios del Programa de Estímulos a la Innovación durante el periodo 2009-2018 (Conacyt, 2020d).

5.5.4.6 Número de vinculaciones por empresa y clúster

Una vez revisada la intensidad con la que participaron las empresas de los principales clústeres aeroespaciales nacionales en el PEI, el siguiente nivel de análisis corresponde a la vinculación, es decir, mostrar la intensidad con la cual las empresas participantes colaboraron con IES y/o CI para desarrollar y madurar técnicamente sus proyectos. Para esto, la Tabla 5.25 evidencia dos situaciones, primero el número de vinculaciones realizadas por cada una de las 49 empresas participantes y segundo, el número total de vinculaciones resultante por clúster aeroespacial.

Así, se aprecian tres empresas con al menos una decena de vinculaciones, Turborreactores SA de CV del clúster aeroespacial de Querétaro con 16 vinculaciones, Maquilas Teta Kawi S.A. de C.V. del clúster Sonora con 12 y Aisystems, S.A. de C.V. de Chihuahua con 10 colaboraciones. Seguidamente está Quetzal Aeroespacial S de RL de CV de Querétaro con 9, Altaser SA de CV y Servicios y Operaciones Integrales S.A. de C.V. de Chihuahua con 8, y 3G Herramientas Especiales SA de CV de Nuevo León con 7 vinculaciones. Luego de 6 vinculaciones Honeywell Ingeniería y Tecnología Aeroespacial de México S de RL de CV y Simple Complexity SA de CV de Baja California, Messier Services Americas SA de CV de Querétaro y Tecnodi Advance SA de CV de Sonora. Con cinco vinculaciones están Honeywell Aerospace Systems Laboratory Company S de RL de CV de Baja California, Innovatool SA de CV de Querétaro y Labinal de México SA de CV de Chihuahua. De cuatro vinculaciones están AM DL MRO JV S.A.P.I. de C.V. y Centro de Ingeniería Avanzada en Turbomáquinas S de RL de CV de Querétaro, y Maq Rey SA DE CV de Nuevo León. Finalmente se tienen 10 empresas con tres, 14 con dos, 5 con una, y 3 con ninguna vinculación.

Tabla 5.25 Vinculaciones por empresa con Institución de Educación Superior/Centro de Investigación en proyectos PEI, principales clústeres aeroespaciales durante el periodo 2009-2018

	EMPRESA	ABREVIATURA	BAJA CALIFORNIA	CHIHUAHUA	NUEVO LEÓN	QUERÉTARO	SONORA	Total
1.	3G HERRAMIENTAS ESPECIALES SA DE CV	3G	0	0	7	0	0	7
2.	ADD ENGINEERING SA DE CV	ADD	0	0	0	0	0	0
3.	ADEK SA DE CV	ADEK	0	0	3	0	0	3
4.	AIRTRAIN MEXICO, S.A. DE C.V.	AIRTRAIN	3	0	0	0	0	3
5.	AISYSTEMS, S.A. DE C.V.	AISYSTEMS	0	10	0	0	0	10
6.	ALTAIDEA SA DE CV	ALTAIDEA	0	0	2	0	0	2
7.	ALTASER SA DE CV	ALTASER	0	8	0	0	0	8
8.	AM DL MRO JV S.A.P.I. DE C.V.	AM DL	0	0	0	4	0	4
9.	BOMBARDIER AEROSPACE MEXICO SA DE CV	BOMBARDIER	0	0	0	2	0	2
10.	CENTRO DE INGENIERIA AVANZADA EN TURBOMAQUINAS S DE RL DE CV	CIAT	0	0	0	4	0	4
11.	COMERCIALIZADORA Y EROSIONADOS DE QUERETARO SA DE CV	COMEQ	0	0	0	3	0	3
12.	CORETOOL SA DE CV	CORETOOL	0	0	0	2	0	2
13.	CYBER MAYOREO SA DE CV	CYBER	0	0	2	0	0	2
14.	ESTUDIO DE DISEÑO SUIT S DE RL DE CV	EST SUIT	0	0	1	0	0	1
15.	EXSYS TOOL MEXICO S DE RL DE CV	EXSYS	0	0	3	0	0	3
16.	FH TECNOLOGIAS S DE RL MI	FH TEC	0	0	0	0	0	0
17.	FORJACHISA S.A. DE C.V.	FORJACHISA	0	2	0	0	0	2
18.	GALNIK SA DE CV	GALNIK	0	0	0	3	0	3
19.	GOALTECH ENGINEERING SOLUTIONS S DE RL DE CV	GOALTECH	0	2	0	0	0	2
20.	GOODRICH AEROSPACE DE MEXICO, S. DE R.L. DE C.V.	GOODRICH	3	0	0	0	0	3
21.	GRUPO AMERICAN INDUSTRIES SA DE CV	GAI	0	2	0	0	0	2
22.	HONEYWELL AEROSPACE DE MEXICO S DE RL DE CV	HONEYWELL	2	0	0	0	0	2
23.	HONEYWELL AEROSPACE DE MEXICO S DE RL DE CV	HONEYWELL CHIH	0	3	0	0	0	3
24.	HONEYWELL AEROSPACE ENGINE SIMULATION COMPANY S DE RL DE CV	HONEYWELL AES	2	0	0	0	0	2
25.	HONEYWELL AEROSPACE SYSTEMS LABORATORY COMPANY S DE RL DE CV	HONEYWELL ASL	5	0	0	0	0	5
26.	HONEYWELL INGENIERIA Y TECNOLOGIA AEROESPACIAL DE MEXICO S DE RL DE CV	HONEYWELL ITA	6	0	0	0	0	6
27.	INNOVATOOL SA DE CV	INNOVATOOL	0	0	0	5	0	5
28.	ITP INGENIERIA Y FABRICACION SA DE CV	ITP	0	0	0	3	0	3
29.	LABINAL DE MEXICO SA DE CV	LABINAL	0	5	0	0	0	5
30.	MAQ REY SA DE CV	MAQ REY	0	0	4	0	0	4
31.	MAQUILAS TETA KAWI S.A. DE C.V.	TETA KAWI	0	0	0	0	12	12
32.	MAQUINADOS EXPRESS SA DE CV	MAQ EXPRESS	0	0	2	0	0	2
33.	MESSIER SERVICES AMERICAS SA DE CV	MESSIER	0	0	0	6	0	6
34.	PINNACLE SOFTWARE ENGINEERING S DE RL DE CV	PINNACLE	0	0	0	0	0	0
35.	PRAGMATEC, S.A. DE C.V.	PRAGMATEC	0	0	0	2	0	2
36.	QUETZAL AEROESPACIAL S DE RL DE CV	QUETZAL	0	0	0	9	0	9
37.	RAPHSON & VON MISES CONSULTING SA DE CV	RAPHSON	0	0	0	1	0	1
38.	REACCIONES QUIMICAS SA DE CV	REAC QUIM	0	0	1	0	0	1
39.	RFID MEXICO SA DE CV	RFID	0	0	2	0	0	2
40.	SERVICIOS Y OPERACIONES INTEGRALES S.A. DE C.V.	SOPI	0	8	0	0	0	8
41.	SIMPLE COMPLEXITY SA DE CV	SIMPLE	6	0	0	0	0	6
42.	SISTEMAS AEREOS DE ANALISIS DE AVANZADA SA DE CV	SAAA	0	0	2	0	0	2
43.	SNECMA AMERICA ENGINE SERVICES S.A. DE C.V.	SNECMA	0	0	0	1	0	1
44.	TECNODI ADVANCE SA DE CV	TECNODI	0	0	0	0	6	6
45.	TECNOLOGIA PROCESOS Y MAQUINADOS SA DE CV	TEC MAQ	0	0	1	0	0	1
46.	TECNOLOGIA Y DISEÑOS 2000 SA DE CV	TEC 2000	0	0	2	0	0	2
47.	THUMBSAT MEXICO S.A. DE C.V.	THUMBSAT	3	0	0	0	0	3
48.	TRANSPORTES Y SERVICIOS LOGISTICS UP S DE RL DE CV	TSL UP	0	0	3	0	0	3
49.	TURBORREACTORES SA DE CV	TURBORREACTORES	0	0	0	16	0	16
Total			30	40	35	61	18	184

Nota: Elaboración propia con datos específicos del área industrial etiquetada como aeroespacial, conforme al padrón de beneficiarios del Programa de Estímulos a la Innovación durante el periodo 2009-2018 (Conacyt, 2020d).

5.5.4.7 Número de vinculaciones por IES y/o CI y clúster

Una vez identificadas las empresas que fueron apoyadas en las convocatorias del PEI, ahora corresponde reconocer a las principales IES y CI con las que las empresas se vincularon para efectos de avanzar la tecnología correspondiente. De esta manera, la Tabla 5.26 muestra tres situaciones, primero, las IES y CI con las que las empresas se vincularon, segundo, el número de vinculaciones de estas IES y CI por clúster aeroespacial y tercero, el total de vinculaciones por clúster aeroespacial. Así, considerando desde la perspectiva de la gestión del conocimiento y la innovación abierta, en donde las organizaciones no solo reciben sino también transfieren conocimiento, se toma como referencia la participación de las IES y CI. En esta idea, se observa que la Universidad Aeronáutica en Querétaro participó en 18 proyectos con empresas de cuatro clústeres, luego el Centro de Investigación en Materiales Avanzados SC con 17 proyectos, el Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial con nueve 9 proyectos y la Universidad Autónoma de Chihuahua con 7 proyectos, vinculados con empresas de tres de cinco clústeres diferentes.

Tabla 5.26 Vinculaciones de Institución de Educación Superior/Centros de Investigación en proyectos PEI, principales clústeres aeroespaciales durante el periodo 2009-2018

INSTITUCIÓN DE EDUCACIÓN SUPERIOR/CENTRO DE INVESTIGACIÓN	ABREVIATURA	BAJA CALIFORNIA	CHIHUAHUA	NUEVO LEÓN	QUERÉTARO	SONORA	Total
1. BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA	BUAP	0	0	0	1	0	1
2. CENTRO DE INGENIERÍA Y DESARROLLO INDUSTRIAL	CIDESI	2	0	1	6	0	9
3. CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN MATERIALES AVANZADOS SC	CIMAV	0	15	1	1	0	17
4. CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DE ESTUDIOS AVANZADOS DEL I.P.N.	CINVESTAV	0	0	1	1	0	2
5. CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DE ESTUDIOS AVANZADOS DEL I.P.N. / UNIDAD QUERÉTARO	CINVESTAV QRO	0	0	0	4	0	4
6. CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DE ESTUDIOS AVANZADOS DEL I.P.N. / UNIDAD SALTILLO	CINVESTAV SALT	0	0	2	0	0	2
7. CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO EN ELECTROQUÍMICA SC	CIDETEQ	0	0	0	10	0	10
8. CENTRO DE TECNOLOGÍA AVANZADA (CIATEQ AC)	CIATEQ	0	0	0	9	0	9
9. CENTRO EDUCATIVO LATINO, A.C.	CEL	1	0	0	0	0	1
10. CORPORACIÓN MEXICANA DE INVESTIGACIÓN EN MATERIALES SA DE CV	COMIMSA	0	0	0	0	4	4
11. ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN SUPERIOR AC / CAMPUS LAS TORRES	EISAC	0	0	6	4	0	10
12. IEDD INSTITUCIONES EDUCATIVAS DEL DESIERTO, S.C.	IEDD	0	0	0	0	1	1
13. INSTITUTO EDUCATIVO DEL NOROESTE AC (CETYS UNIVERSIDAD)	CETYS	8	0	0	0	0	8
14. INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL	IPN	1	0	0	6	0	7
15. INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CHIHUAHUA	ITCHIH	0	1	0	0	0	1
16. INSTITUTO TECNOLÓGICO DE HERMOSILLO	ITH	0	0	0	0	7	7
17. INSTITUTO TECNOLÓGICO SANMIGUELENSE DE ESTUDIOS SUPERIORES, A. C.	ITSES	0	0	1	0	0	1
18. INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE MONTERREY	ITESM	0	0	1	0	1	2

19.	INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE MONTERREY / CAMPUS CHIHUAHUA	ITESM CHIH	0	1	0	0	0	1
20.	INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE MONTERREY / CAMPUS MONTERREY	ITESM Monterrey	0	3	0	0	0	3
21.	INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE MONTERREY / CAMPUS QUERÉTARO	ITESM QRO	0	0	0	2	0	2
22.	INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE MONTERREY / CAMPUS SONORA NORTE	ITESM SONORA	0	0	0	0	1	1
23.	UNIVERSIDAD AERONÁUTICA EN QUERÉTARO	UNAQ	4	4	1	9	0	18
24.	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA	UABC	6	0	0	0	0	6
25.	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIHUAHUA	UACH	2	4	0	1	0	7
26.	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CIUDAD JUÁREZ	UACJ	0	1	0	0	0	1
27.	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE COAHUILA	UAC	2	0	0	0	0	2
28.	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN	UANL	0	0	10	2	0	12
29.	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO	UAQ	0	0	1	0	0	1
30.	UNIVERSIDAD DE MONTEMORELOS A. C.	U MON MORELOS	0	0	7	4	0	11
31.	UNIVERSIDAD DE MONTERREY	UM	0	0	3	0	0	3
32.	UNIVERSIDAD DE SONORA	UNISON	0	0	0	0	1	1
33.	UNIVERSIDAD ESTATAL DE SONORA	UES	0	0	0	0	2	2
34.	UNIVERSIDAD LA SALLE CHIHUAHUA AC	LA SALLE CHIH	0	10	0	0	0	10
35.	UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE BAJA CALIFORNIA	UPBC	1	0	0	0	0	1
36.	UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE PACHUCA	UPP	1	0	0	1	0	2
37.	UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE CHIHUAHUA.	UTCH	0	1	0	0	0	1
38.	UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE GUAYMAS	UTGUAY	0	0	0	0	1	1
39.	UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE TIJUANA	UTT	1	0	0	0	0	1
40.	UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA METROPOLITANA	UTM	1	0	0	0	0	1
TOTALES			30	40	35	61	18	184

Nota: Elaboración propia con datos específicos del área industrial etiquetada como aeroespacial, conforme al padrón de beneficiarios del Programa de Estímulos a la Innovación durante el periodo 2009-2018 (Conacyt, 2020d).

A continuación, se reconocen a las IES y CI que cuentan con vinculaciones con empresas de dos clústeres distintos, independientemente del número de vinculaciones colocado en paréntesis: CINVESTAV (2), EISAC (10), IPN (2), ITESM (2), UANL (12), U MON MORELOS (11) y UPP (2). De igual forma, se observan IES y CI que independientemente del número de proyectos solo se vincularon con empresas del clúster aeroespacial al que pertenecen. Entre estas tenemos las que tuvieron más de una vinculación: CINVESTAV QRO (4), CINVESTAV SALT (2), CIDETEQ (10), CIATEQ (9), COMIMSA (4), CETYS (8), ITH (7), ITESM Monterrey (3), ITESM QRO (2), UABC (6), UAC (2), UM (3), UES (2), LA SALLE CHIH (10) y UPP (2). Las que únicamente se vincularon una vez, es decir participaron en un proyecto: BUAP (1), CEL (1), IEDD (1), ITCHIH (1), ITSES (1), ITESM CHIH (1), ITESM SONORA (1), UACJ (1), UAQ (1), UNISON (1), UPBC (1), UTCH (1), UTGUAY (1), UTT (1) y UTM (1).

Se puede observar de parte de las IES y CI participantes, que 22 de ellas contribuyeron con empresas de al menos dos clústeres distintos y 18 acompañaron proyectos del mismo

clúster al que pertenecen. También se aprecian IES y CI con alta vinculación, pero limitada al clúster donde se encuentran establecidas como CIDETEQ (10), CIATEQ (9), CETYS (8), ITH (7), UABC (6), en contraste, con las que muestran una débil vinculación, aunque asociada con al menos dos clústeres CINVESTAV (2), IPN (2), ITESM (2) y UPP (2).

5.5.4.8 Número de proyectos aeroespaciales por convocatoria y clúster

Hasta hora se ha mostrado evidencia sobre el número de proyectos apoyados por el PEI etiquetados con el área industrial de aeroespacial, asociados a los principales clústeres aeroespaciales mexicanos que asciende a 119. También se ha manejado que estos proyectos corresponden al periodo 2009 – 2018. Cabe mencionar que desde su creación, el PEI ha emitido convocatorias anuales, así como la publicación de la relación de los proyectos aprobados y los apoyados. No todos los proyectos aprobados son apoyados, es decir, por distintas circunstancias tanto de tipo administrativo, legal o económico no todos los convenios de asignación de recursos logran formalizarse. En nuestro caso nos hemos estado refiriendo a los proyectos apoyados que son los que recibieron recursos económicos del PEI.

Una óptica distinta de ver la información relacionada con los proyectos apoyados es a través de los proyectos otorgados por cada convocatoria. A este respecto, de la información mostrada en la Tabla 5.27 se observa en las primeras convocatorias del PEI una mayor participación de proyectos del clúster de Baja California, después Querétaro y Chihuahua. En las convocatorias de 2013 a 2016 se apoyó poco más del cincuenta por ciento de los proyectos, siendo el 2014 el año con mayor número (22) de proyectos apoyados. En las dos últimas convocatorias, se tiene el registro del menor número de proyectos apoyados.

Tabla 5.27 *Proyectos PEI por convocatoria, área industrial aeroespacial, principales clústeres aeroespaciales durante el periodo 2009-2018*

Año Convocatoria	Baja California	Chihuahua	Nuevo León	Querétaro	Sonora	Total
2009	6	0	0	2	0	8
2010	9	0	1	6	0	16

2011	4	1	2	2	0	9
2012	0	3	0	4	1	8
2013	1	4	5	4	2	16
2014	2	4	6	6	4	22
2015	3	4	2	4	2	15
2016	2	5	0	5	2	14
2017	2	1	0	2	1	6
2018	2	2	0	1	0	5
Total	31	24	16	36	12	119

Nota: Elaboración propia con datos específicos del área industrial etiquetada como aeroespacial, conforme al padrón de beneficiarios del Programa de Estímulos a la Innovación durante el periodo 2009-2018 (Conacyt, 2020d).

5.5.4.9 Monto apoyado por convocatoria y clúster, todas las áreas industriales

La Tabla 5.28 muestra el monto en millones de pesos captados por convocatoria vía el PEI en los estados asociados a los principales clústeres aeroespaciales nacionales, considerando los proyectos de todas las áreas tecnológicas por convocatoria. De los estados asociados a los cinco clústeres aeroespaciales, Baja California es el que menos obtuvo recursos del PEI con 991 millones, mientras que Nuevo León con 2601 millones fue el estado que más recursos captó, seguido de Chihuahua con 1146 millones, luego Querétaro con 1099 y Sonora con 1019 millones de pesos.

Tabla 5.28 Monto del apoyo por convocatoria a los proyectos PEI, todas las áreas industriales, principales clústeres aeroespaciales durante el periodo 2009-2018 (millones de pesos)

Año Convocatoria	Baja California	Chihuahua	Nuevo León	Querétaro	Sonora	Total
2009	76	30	278	82	42	507
2010	96	92	326	101	109	724
2011	93	95	180	84	95	547
2012	85	86	169	76	72	488
2013	101	122	323	108	147	800

2014	124	160	472	145	141	1043
2015	142	196	316	158	167	978
2016	138	221	335	197	157	1047
2017	95	85	122	78	46	426
2018	42	60	81	71	44	297
Total	991	1,146	2,601	1,099	1,019	6,856

Nota: Se incluyen todas las áreas industriales. Fuente: Elaboración propia con datos específicos del área industrial etiquetada como aeroespacial, conforme al padrón de beneficiarios del Programa de Estímulos a la Innovación durante el periodo 2009-2018 (Conacyt, 2020d).

5.5.4.10 Monto apoyado por convocatoria y clúster, proyectos aeroespaciales

Otra manera de observar la contribución al desarrollo de los principales clústeres aeroespaciales nacionales a parte del número de proyectos apoyados, proyectos vinculados con IES y CI del mismo clúster y provenientes de otros clústeres, es el monto del apoyo recibido por convocatoria y por clúster. Como se aprecia en la Tabla 5.29, el clúster de Querétaro fue el que obtuvo la mayor cantidad de recursos acumulados del PEI durante el periodo 2009 – 2018 con 189.3 millones de pesos, coincidiendo también con el mayor número de proyectos apoyados (36). Seguido del clúster aeroespacial de Baja California, con un monto de 159 millones distribuidos en 31 proyectos. En tercer sitio se encuentra el clúster de Chihuahua con 133 millones de pesos y 24 proyectos apoyados. A pesar de que Sonora obtuvo menos proyectos apoyados, 12 proyectos, captó 84.2 millones, más de los 80.9 millones de Nuevo León, con 16 proyectos.

Tabla 5.29 *Monto del apoyo por convocatoria a los proyectos PEI, área industrial aeroespacial, principales clústeres aeroespaciales durante el periodo 2009-2018 (millones de pesos)*

Año Convocatoria	Baja California	Chihuahua	Nuevo León	Querétaro	Sonora	Total
2009	52.3	0.0	0.0	15.5	0.0	67.9
2010	15.4	0.0	10.3	29.8	0.0	55.4
2011	6.0	2.0	15.8	24.0	0.0	47.9
2012	0.0	16.3	0.0	9.8	0.2	26.2
2013	1.0	20.8	22.4	18.4	16.1	78.7
2014	5.7	20.8	22.1	28.5	26.7	103.8
2015	23.2	23.1	10.3	28.9	18.1	103.5
2016	29.7	31.9	0.0	13.4	15.0	90.1

2017	13.7	9.8	0.0	13.7	8.0	45.2
2018	11.9	8.4	0.0	7.5	0.0	27.7
Total	159.0	133.0	80.9	189.3	84.2	646.5

Nota: Elaboración propia con datos específicos del área industrial etiquetada como aeroespacial, conforme al padrón de beneficiarios del Programa de Estímulos a la Innovación durante el periodo 2009-2018 (Conacyt, 2020d).

5.5.4.11 Porcentaje relativo de apoyo por convocatoria y clúster aeroespacial

Una forma adicional de mostrar la información referente a los montos del apoyo recibido vía el PEI por clúster aeroespacial, es vía el porcentaje relativo. Con esto, se pretende mostrar la participación del sector aeroespacial en la totalidad de los recursos recibidos por convocatoria en el clúster correspondiente, considerando todas las áreas industriales. Las cantidades observadas en la intersección del año de la convocatoria con cada uno de los cinco clústeres de la Tabla 5.30, indica el monto apoyado al clúster en porcentaje en esa convocatoria respecto del monto total apoyado en ese año considerando todas las áreas industriales. Por ejemplo, en la convocatoria 2009, considerando todas las áreas industriales Baja California captó 76 millones de pesos (ver Tabla 5.28), de los cuales 52.3 millones corresponden al área industrial etiquetada por el PEI como aeroespacial (ver Tabla 5.29). Esta relación de 52.3 respecto de los 76 millones representa una participación del clúster aeroespacial del 69% (ver Tabla 5.30) en el monto estatal capturado vía el PEI. La fila de totales sigue la misma relación.

Tabla 5.30 *Porcentaje de apoyo para el área industrial etiquetada como aeroespacial, respecto al total por convocatoria, principales clústeres aeroespaciales durante el periodo 2009-2018. (Porcentaje)*

Año Convocatoria	Baja California	Chihuahua	Nuevo León	Querétaro	Sonora
2009	69	0	0	19	0
2010	16	0	3	30	0
2011	6	2	9	29	0
2012	0	19	0	13	0
2013	1	17	7	17	11
2014	5	13	5	20	19
2015	16	12	3	18	11
2016	22	14	0	7	10

2017	14	12	0	17	18
2018	28	14	0	11	0
Total	16	12	3	17	8

Nota: El “Total” representa el porcentaje del monto apoyado respecto al monto agregado de las convocatorias por estado. Fuente: Elaboración propia con datos específicos del área industrial etiquetada como aeroespacial, conforme al padrón de beneficiarios del Programa de Estímulos a la Innovación durante el periodo 2009-2018 (Conacyt, 2020d).

5.5.5 Análisis de los principales clústeres aeroespaciales mexicanos

Participar en convocatorias de manera intencionada para obtener algún apoyo económico, y sobretodo, realizar las gestiones técnicas, administrativas y legales para cumplir con las reglas y condiciones de participación indicadas por los lineamientos, que para el caso en particular nos referimos a los Términos de Referencia y a las bases de la respectiva convocatoria del PEI, es un indicador de la existencia de una política de gestión del conocimiento, bajo el paraguas de la innovación abierta, cuya finalidad es llevar a un nivel superior la técnica propuesta, principalmente porque la convocatoria no solo estimula la participación individual de las empresas sino también en vinculación o colaboración con IES y/o CI, sin limitar el lugar de procedencia de estos últimos, es decir, si proceden del interior o del exterior de los límites del respectivo clúster aeroespacial.

Más allá de la vinculación o colaboración entre las empresas e IES y/o CI, la convocatoria busca que se den flujos de conocimiento entre las partes, y con ello disminuir la brecha tecnológica que existe entre los participantes. Esto implica un reto para los colaboradores, en el caso de las empresas implica compartir o dar acceso a su diseño y tecnología de producción, y para las IES y/o CI implica un reto porque primero deben entender y explicar la tecnología de la empresa y de esta manera en conjunto trabajar en una propuesta de solución, de desarrollo o de mejora para avanzar la tecnología motivo de la colaboración.

5.5.5.1 Análisis de redes sociales de los principales clústeres aeroespaciales mexicanos

En el afán de aproximarnos a entender cómo la gestión del conocimiento en un ambiente de innovación abierta contribuye al desarrollo de los clústeres aeroespaciales, se empleó el

método de Análisis de Redes Sociales (ARS) porque es una perspectiva que se ha utilizado ampliamente en las ciencias sociales y otras áreas del conocimiento, y representa una herramienta que permite conocer la amplitud y profundidad de las interacciones entre cualquier clase de individuos partiendo de datos cuantitativos. Además, porque se ajusta a nuestras necesidades en el sentido de que una red de innovación está conformada por un conjunto de organizaciones de carácter heterogéneo con diferentes capacidades, que deciden integrar sus competencias con la finalidad de desarrollar e introducir innovaciones en el mercado a través de acuerdos conjuntos para desarrollar proyectos de investigación y desarrollo, acuerdos de intercambio de tecnología, licenciamiento de tecnologías, subcontratación de proyectos de investigación, bancos de información e intercambio de personal para la realización de actividades (López, 2005).

Una manera de apreciar la colaboración y el recíproco flujo de conocimiento entre empresas e IES y/o CI, como resultado de una estrategia de gestión del conocimiento bajo el paraguas de la innovación abierta, es mostrando una estructura en forma de red, que muestre la intensidad y dirección de los flujos de conocimiento, además de permitir identificar si las colaboraciones de las empresas son con IES y/o CI del clúster o si éstas provienen del exterior del clúster aeroespacial. Para esto se utilizó como herramienta informática el software libre UCINET 6, el cual es posible configurar para mostrar los diagramas de red, que muestran los flujos de conocimiento con las características deseadas asociados a los principales clústeres aeroespaciales nacionales.

Para construir el diagrama de red en donde se muestran los flujos de conocimiento se partió de la elaboración de la matriz de adyacencia. En su construcción, primero se consideró que los flujos de conocimiento son recíprocos para una efectiva colaboración, esto se observa porque la dirección de las líneas de vinculación están en ambas direcciones para todos los casos, segundo, la matriz de adyacencia queda en función del número de interacciones lo cual permite visualizar la intensidad de la interacción, esto se aprecia con el grosor de la línea que une a los nodos de la red y por el número que se indica sobre dicha línea el cual es indicado dos veces sobre la misma línea, es decir, entre más colaboraciones más gruesa la línea de unión de los nodos, tercero, el diagrama permite diferenciar el número de proyectos que las empresas realizaron en forma individual y/o vinculada, cuarto, se aprecian las IES y/o CI con los que se vincularon y mediante el color verde se destacan

aquellas que son externas al respectivo clúster aeroespacial y último, se considera la totalidad de proyectos apoyados durante el periodo 2009 – 2018 como el conjunto de información, lo cual permite observar la red de flujos de conocimiento que se generó a partir de la participación de las empresas en el PEI.

En esta sección del análisis, por clúster aeroespacial, primero se presenta a manera de resumen información relacionada con las cantidades en millones de pesos, motivo de los apoyos otorgados a los proyectos, así como el número de proyectos aeroespaciales correspondiente. Segundo, se mencionan las empresas y se asocian con el número de proyectos apoyados, así como con la modalidad de vinculación, es decir, si el proyecto fue vinculado o no, adicionalmente se muestra el número de IES y/o CI con los que se asoció la empresa para la realización de los proyectos apoyados. Tercero, se mencionan las IES y/o CI con los que se asociaron o vincularon las empresas para avanzar técnicamente los proyectos apoyados por el PEI. Cuarto, se muestra la red de flujo de conocimiento entre empresas con IES y/o CI, resultante de los apoyos otorgados por el PEI a proyectos aeroespaciales de empresas de los estados asociados a los clústeres.

5.5.5.2 Indicadores del análisis de redes sociales de los principales clústeres aeroespaciales mexicanos

Los actores de la red están representados por nodos que se asocian con atributos que brindan información adicional, que representa diferencias entre actores y que contribuyen a explicar el comportamiento de un conjunto de actores, o de la red en su totalidad. Si los actores poseen atributos, los vínculos que se establecen entre ellos también los pueden tener, así es posible distinguir entre fuerza e intensidad de los vínculos y frecuencia de los mismos (Granovetter, 1973). Un tercer elemento de la red, es la direccionalidad del vínculo, lo cual hace posible la representación de redes dirigidas y no dirigidas (Hanneman & Riddle, 2011). Así, las relaciones y patrones generan la estructura de la red, de la que se derivan indicadores estructurales (Wasserman & Faust, 1994).

Dentro del ARS, se reconocen dos tipos de indicadores, los de estructura o de cohesión, que se asocian a la red completa, frente a las medidas de centralidad que son indicadores individuales. Permiten establecer comparaciones entre diferentes redes y entre redes a lo largo del tiempo. Evalúan la coordinación, el funcionamiento y el flujo de información entre los miembros de la red (Ramos-Vidal, 2015). También se reconocen dos tipos

fundamentales de niveles de análisis: a nivel de redes completas y a nivel de actores o nodos individuales (Aguilar-Gallegos, Martínez-González, & Aguilar-Ávila, 2017).

Cabe mencionar que la estructura de la red a la que se asocian las redes analizadas en el presente documento, corresponden a las de una red simétrica no dirigida, es decir, simétrica porque en la matriz de adyacencia tiene los mismos actores en filas como en columnas, y no dirigida debido a que la frecuencia de la interacción entre dos actores relacionados es la misma para ambos, en contraste a las interacciones que no son recíprocas, o se les asignan pesos diferentes para cada actor. Asimismo, los indicadores que se utilizaron son a nivel nodal, es decir, son indicadores que toman como referencia a toda la red, aunque se asocian a los nodos en lo individual. Como menciona Aguilar-Gallegos, Martínez-González y Aguilar-Ávila (2017), los indicadores referidos a los nodos que componen la red (nivel individual) estarán siempre asociados a la red completa (nivel completo) y viceversa. Vale destacar que los indicadores empleados en el presente trabajo son indicadores básicos en el ARS.

Los indicadores a nivel nodal más comunes en el ARS que ayudan a caracterizar a la red y que se consideran de primer orden son la centralidad de grado, cercanía e intermediación (Aguilar-Gallegos et al., 2016), porque vinculan directamente a dos nodos de un solo paso, en cambio, los indicadores que toman en cuenta los vínculos indirectos como el eigenvector, la centralidad Beta de Bonacich, e integración y radialidad, son considerados de segundo orden (Aguilar-Gallegos, Martínez-González, & Aguilar-Ávila, 2017). En este contexto, los indicadores empleados en el presente trabajo para el análisis de las redes son el grado, la cercanía y la intermediación como de primer orden y el eigenvector como de segundo orden, los cuales se presentan en la matriz de indicadores correspondiente a cada clúster aeroespacial.

La centralidad de grado puede considerarse como un indicador de la exposición que tiene un nodo dentro de la red (Borgatti et al., 2013), es decir, es el número de vínculos que concentra un nodo (n). Los actores que cuentan con más vínculos o con un grado alto tienen más oportunidades, alternativas y mayor probabilidad de ser alcanzado en la red que los otros actores. El grado normalizado indica la centralidad del nodo, es decir el porcentaje con el cual se acerca a tener una configuración en forma de estrella, donde todos los nodos se encuentran conectados a un paso del nodo sobre el que se calcula el grado.

La centralidad de cercanía puede ser vista como la independencia que tiene un nodo con respecto a todos los demás nodos en la red (Freeman, 1979). Es decir, si un “nodo A” necesita de varios nodos para alcanzar a otros más, entonces es distante; en comparación, si un “nodo B” está en contacto con otros y necesita de pocos nodos para alcanzar a otros más, entonces es cercano. En este sentido, la forma de calcular la cercanía es a través de la suma de las distancias geodésicas de un nodo hacia todos los otros (Freeman, 1979). Sin embargo, mientras más grande sea la suma obtenida de las distancias de un nodo, más lejano estará éste de los demás nodos, y viceversa, por lo cual, los nodos en la periferia de la red se encuentran en una situación más desventajosa.

La cercanía es la capacidad de un nodo (actor) de alcanzar a los otros actores de la red, siguiendo los caminos más cortos (distancias geodésicas). Para este indicador, se utilizó para su estimación la mejora propuesta por Wassermant-Faust (1994), la cual, en los casos con redes integradas por más de un componente, considera su valor respecto del componente de red y luego respecto del total de la red. Primero, se calculó la lejanía o distancias geodésicas de cada nodo i . Segundo, se obtuvo la distancia geodésica promedio de i respecto del componente conexo asociado. Tercero, se estimó la fracción de nodos de la red hacia los que el nodo i tiene un camino. Finalmente, la cercanía se obtiene de la proporción resultante de la fracción de nodos de la red hacia los que el nodo i tiene un camino entre la distancia geodésica promedio de i respecto del componente conexo asociado.

La centralidad de intermediación es una medida con la cual un nodo se encuentra ubicado entre los caminos geodésicos (camino más corto) que conectan a otros pares de nodos en la red. También es interpretada como una medida del potencial de control que tiene un actor sobre “lo que fluye” a través de la red; en este sentido, los actores con alto nivel de intermediación están en una posición ventajosa pues pueden retener, interrumpir o distorsionar la operación de la misma, pero también pueden acelerar la propagación de información entre la red (Borgatti et al., 2013; Freeman, 1979). La intermediación de un actor es cero cuando no está o no forma parte del camino más corto entre cualquier otro par de nodos en la red. Esto puede ocurrir, cuando un nodo está aislado o cuando todos los actores con los que está conectado el actor al que se le está calculando el indicador, están conectados unos con otros (Borgatti et al., 2013).

El eigenvector es un índice de segundo orden que considera y pondera los vínculos de los actores a las que el nodo original está conectado y, así sucesivamente derivando en una medida simple de la popularidad de un actor, que se aplica únicamente a redes simétricas (Bonacich, 1972). El eigenvector se puede interpretar como una medida de la popularidad de un actor en el sentido de que un nodo con alto valor del indicador está conectado a nodos que a su vez están bien conectados (Borgatti et al., 2013). Este indicador, al tomar en cuenta las relaciones indirectas, también ofrece más información con respecto a los vínculos de los nodos, porque puede ser que existan nodos con centralidad de grado bajas, pero que estén conectados a nodos con grados altos y, por tanto, su eigenvector será alto; al contrario, puede ser que haya actores altamente conectados (grados elevados) pero que éstos no están conectados a nadie, por tanto, su eigenvector será bajo.

5.5.6 Análisis del clúster aeroespacial de Baja California

Después de analizar los números de los proyectos aeroespaciales apoyados por el PEI, se tiene una primera aproximación con la situación que guarda el clúster aeroespacial de Baja California, el cual deja ver su posicionamiento respecto de los demás clústeres aeroespaciales mexicanos. Adicionalmente, en esta sección se caracteriza en función de las relaciones, la red que resulta de las vinculaciones entre las empresas establecidas en Baja California con las IES y CI, asociadas con los proyectos aeroespaciales apoyados por el PEI al estado de Baja California como clúster aeroespacial. Primero, se presenta a manera de resumen información relacionada con las cantidades en millones de pesos, motivo de los apoyos otorgados a los proyectos, así como por el número de proyectos aeroespaciales correspondiente.

Segundo, se mencionan las empresas y se asocian con el número de proyectos apoyados, como también en la modalidad de vinculación, es decir, si el proyecto fue vinculado o no, adicionalmente se muestra el número de IES y/o CI con los que se asoció la empresa para la realización de los proyectos apoyados. Tercero, se mencionan las IES y/o CI con los que se asociaron o vincularon las empresas para avanzar técnicamente los proyectos apoyados por el PEI. Cuarto, se muestra la red de flujo de conocimiento entre empresas con IES y/o CI, resultante de los apoyos otorgados por el PEI a proyectos aeroespaciales de empresas del

estado de Baja California. Quinto, se muestran los indicadores del Análisis de Redes Sociales del clúster aeroespacial de Baja California.

5.5.6.1 Número de proyectos aeroespaciales y montos apoyados por convocatoria al clúster aeroespacial de Baja California

La Tabla 5.31 tiene el propósito de mostrar de manera sintetizada los montos y números de proyectos etiquetados como aeroespaciales apoyados por las convocatorias del PEI para el clúster aeroespacial de Baja California. También agrega el porcentaje que representa el apoyo y número de proyectos respecto al total (incluye todas las áreas industriales) de proyectos apoyados para el estado de Baja California en el programa. Se observa que el monto total asignado vía el PEI a proyectos aeroespaciales fue de 159 millones, equivalentes al 16% del total captado por el estado, distribuidos en 31 proyectos, proporcionales al 11% de los proyectos estatales apoyados.

Tabla 5.31 *Montos y proyectos aeroespaciales apoyados a Baja California vía las convocatorias del PEI*

Año Convocatoria	Monto de apoyos Baja California (millones de pesos)				Proyectos apoyados Baja California			% BC
	Tot. Nal.	\$ BC todas áreas	\$ BC Aeroespacial	% BC	Tot. Nal.	BC Proyectos todas áreas	BC Proyectos aeroespacial	
2009	1,642	76	52.3	69	503	24	6	25
2010	2,345	96	15.4	16	677	37	9	24
2011	2,318	93	6.0	6	543	28	4	14
2012	1,948	85	0.0	0	522	34	0	0
2013	2,936	101	1.0	1	706	34	1	3

2014	3,874	124	5.7	5	866	37	2	5
2015	3,551	142	23.2	16	794	35	3	9
2016	4,132	138	29.7	22	937	28	2	7
2017	1,741	95	13.7	14	421	21	2	10
2018	1,594	42	11.9	28	503	15	2	13
Total	26,081	991	159.0	16	6,472	293	31	11

Nota: % BC aeroespacial respecto a todas las áreas. Fuente: Elaboración propia con datos específicos del área industrial etiquetada como aeroespacial, conforme al padrón de beneficiarios del Programa de Estímulos a la Innovación durante el periodo 2009-2018 (Conacyt, 2020d).

5.5.6.2 Número de vinculaciones por empresa y modalidad de vinculación

Concentrados con el clúster aeroespacial de Baja California, de acuerdo con la Tabla 5.32, durante el periodo indicado se identificaron ocho empresas del estado de Baja California beneficiadas por el PEI con proyectos aeroespaciales. Destaca el caso del corporativo Honeywell debido a su participación con cuatro razones sociales que jurídicamente son diferentes, relacionadas con distintas divisiones: HONEYWELL, HONEYWELL AES, HONEYWELL ASL y HONEYWELL ITA. Si bien forman parte del mismo corporativo, es una realidad el desconocimiento de las actividades de investigación y desarrollo tecnológico entre divisiones cuando se es parte de un corporativo multinacional. Así, sobresalen HONEYWELL ASL y HONEYWELL no solo por el número de proyectos, con 12 y 8 respectivamente que responden al 65% de los proyectos del clúster, sino también por el número de proyectos realizados de forma individual 6 y 9 respectivamente, que integran el 49% de los proyectos apoyados, a empresas del clúster aeroespacial de Baja California, es decir 15 de 31 proyectos.

A partir de los 16 proyectos realizados en modalidad vinculada, se derivaron 30 vinculaciones. Destacan las empresas AIRTRAIN, SIMPLE y THUMBSAT por vincularse con tres instituciones distintas para llevar a cabo actividades de investigación y/o desarrollo tecnológico. También sobresalen las empresas HONEYWELL ASL y HONEYWELL ITA por contar con 5 y 6 vinculaciones respectivamente con la acotación de que éstas fueron realizadas con solo dos empresas.

Tabla 5.32 *Datos referentes a la vinculación en proyectos PEI asociados al clúster aeroespacial de Baja California*

Empresas	Proyectos	Proyectos individuales	Proyectos vinculados	Número de vinculaciones	Instituciones asociadas a las vinculaciones
1. AIRTRAIN	1	0	1	3	3
2. GOODRICH	3	0	3	3	1
3. HONEYWELL	8	6	2	2	2
4. HONEYWELL AES	1	0	1	2	2
5. HONEYWELL ASL	12	9	3	5	2
6. HONEYWELL ITA	3	0	3	6	2
7. SIMPLE	2	0	2	6	3
8. THUMBSAT	1	0	1	3	3
TOTAL	31	15	16	30	18

Nota: Elaboración propia con datos específicos del área industrial etiquetada como aeroespacial, conforme al padrón de beneficiarios del Programa de Estímulos a la Innovación durante el periodo 2009-2018 (Conacyt, 2020d).

5.5.6.3 Número de vinculaciones por empresa e IES y/o CI.

Las IES y CI con las que se vincularon las empresas del clúster aeroespacial de Baja California se mencionan en la Tabla 5.33. Si bien se cuenta con un total de 18 vinculaciones, éstas están asociadas a solo 13 IES y/o CI. Se destacan tres casos, el de CETYS por estar vinculado con las cuatro razones sociales de HONEYWELL apoyadas por el PEI, el de UABC por estar vinculado con dos empresas diferentes y el caso de la UNAQ por estar vinculada con tres empresas distintas, pero además por ser una de las IES externas al clúster aeroespacial de Baja California, junto con UPP, CIDESI y UACH.

Tabla 5.33 *Instituciones de Educación Superior/Centros de Investigación vinculadas a empresas en los proyectos PEI asociados al clúster aeroespacial de Baja California*

Nodo	Vinculación 1	Vinculación 2	Vinculación 3	TOTAL
1. AIRTRAIN	CEL	UNAQ	UTM	3
2. GOODRICH	UABC	-	-	1
3. HONEYWELL	CETYS	IPN		2
4. HONEYWELL AES	CETYS	UPBC	-	2
5. HONEYWELL ASL	CETYS	CIDESI	-	2
6. HONEYWELL ITA	CETYS	UABC	-	2

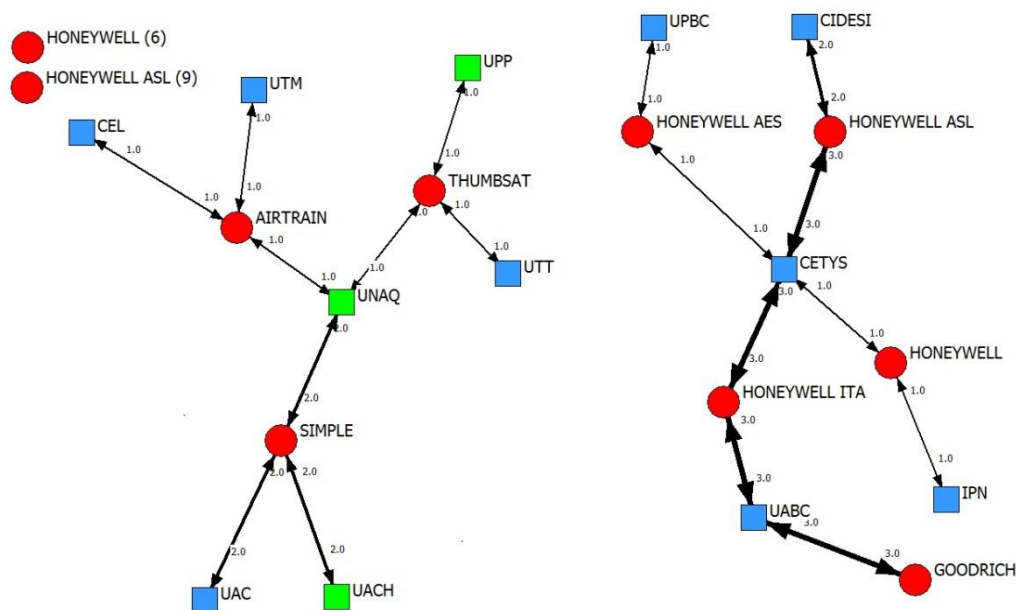
7. SIMPLE	UAC	UACH	UNAQ	3
8. THUMBSAT	UNAQ	UPP	UTT	3
TOTAL				18

Fuente: Elaboración propia con datos específicos del área industrial etiquetada como aeroespacial, conforme al padrón de beneficiarios del Programa de Estímulos a la Innovación durante el periodo 2009-2018 (Conacyt, 2020d).

5.5.6.4 Análisis de flujos de conocimiento del clúster aeroespacial de Baja California

En la Figura 5.17 se muestra el diagrama de red del clúster aeroespacial de Baja California, el cual muestra los flujos de conocimiento entre actores. Los nodos en forma de círculo y en color rojo representan a las empresas, los que se encuentran aislados indican entre paréntesis el número de proyectos apoyados por el PEI en forma individual o sin vinculación. Los nodos en forma de cuadrado representan a las IES y/o CI con la diferenciación entre los de color azul asociados a IES y/o CI ubicadas en el clúster y en verde a las que son externas al clúster aeroespacial. Las relaciones entre empresas con IES y/o CI se consideran duódicas porque se asume que el flujo de conocimiento es recíproco, situación que se ve representada con la dirección de las líneas en ambos sentidos y por el doble número sobre dichas líneas el cual se asocia a cada uno de los respectivos actores. La intensidad de la interacción se aprecia tanto por el grosor de las líneas que unen a los nodos como por el número indicado sobre éstas.

Figura 5.17 *Análisis de flujos de conocimiento en el clúster aeroespacial de Baja California*



Nota: Elaboración propia con datos específicos del área industrial etiquetada como aeroespacial, conforme al padrón de beneficiarios del Programa de Estímulos a la Innovación durante el periodo 2009-2018 (Conacyt, 2020d), con el apoyo del *software* libre UCINET 6 y Netdraw 2.176.

A partir de los proyectos apoyados a empresas, se generó la red de vinculaciones del clúster aeroespacial de Baja California mostrada en la Figura 5.17, la cual se encuentra constituida por dos brazos no vinculados y dos nodos aislados de empresas, sólo como referencia a proyectos individuales al formar parte de la red por tener proyectos en modalidad vinculada. El primer componente de la red está integrado por las empresas AIRTRAIN, SIMPLE, THUMBSAT y las IES y/o CI CEL, UTM, UPP, UTT, UNAQ, UAC y UACH. El segundo comprende a las empresas HONEYWELL AES, HONEYWELL ASL, HONEYWELL ITA, HONEYWELL y las IES y/o CI UPBC, CIDESI, CETYS, UABC e IPN.

De los 31 proyectos que conforman la muestra, se observa que 15 proyectos se realizaron de forma individual, seis de HONEYWELL y nueve de HONEYWELL ASL. Cuenta con 30 vinculaciones, con la participación de ocho empresas y 12 IES y/o CI de las cuales tres de ellas son instituciones de educación externas al clúster, UNAQ de Querétaro, UACH de Chihuahua y UPP del estado de Puebla. Destacan las empresas AIRTRAIN,

SIMPLE y THUMBSAT por vincularse con tres instituciones distintas para llevar a cabo actividades de investigación y/o desarrollo tecnológico, en contraste con la empresa GOODRICH que también cuenta con tres vinculaciones, pero con la misma institución de educación; además se muestra que SIMPLE y THUMBSAT, dos de sus tres vinculadas son con instituciones externas al clúster. De igual forma sobresalen las empresas HONEYWELL ASL y HONEYWELL ITA por contar con cinco y seis vinculaciones respectivamente con la acotación de que éstas fueron realizadas con solo dos empresas.

Por el lado de las IES y/o CI sobresalen, CETYS por estar vinculado en ocho participaciones con las cuatro razones sociales de HONEYWELL apoyadas por el PEI, UABC por estar vinculada con dos empresas diferentes GOODRICH y HONEYWELL ITA en tres ocasiones con cada una, UNAQ por estar vinculada con tres empresas distintas, pero además por ser una de las IES externas al clúster aeroespacial de Baja California, junto con UPP, CIDESI y UACH.

5.5.6.5 Indicadores del análisis de redes sociales del clúster aeroespacial de Baja California

Cabe recapitular que para el cálculo de los indicadores se ha considerado a la red como simétrica no dirigida, que cuenta con dos componentes conexos de diez nodos cada uno. De acuerdo con los indicadores (ver Tabla 5.34) obtenidos a partir de la red generada por los proyectos apoyados por el PEI etiquetados como aeroespaciales, del clúster aeroespacial de Baja California, son cinco organizaciones las que cuentan con el grado más alto, tres son empresas, SIMPLE, THUMBSAT, AIRTRAIN, que forman parte del mismo componente conexo y dos IES, CETYS y UNAQ con componentes conexos diferentes. En el caso de las empresas, éstas cuentan con grado tres, lo cual es una medida que indica que generaron vínculos con tres IES y/o CI diferentes, independientemente de la intensidad de las vinculaciones, como es el caso de la empresa SIMPLE, que se vinculó en dos ocasiones con las mismas IES, lo cual generó una vinculación con mayor profundidad sin cambios en grado, que se caracteriza por ser una relación de trabajo asociada a innovaciones menos marginales (ver Figura 5.17).

Tabla 5.34 *Resultados del análisis de flujo de conocimiento en el clúster aeroespacial de Baja California*

Nodo	Grado	NrmGrado	Lejanía	Cercanía	nCercanía	Intermediación	nIntermediación	Eigenvector
1. CETYS	4	21.05	15	66.67	60.00	30	14.286	0.294
2. SIMPLE	3	15.79	19	52.63	47.37	15	7.143	0.262
3. UABC	2	10.53	25	40.00	36.00	8	3.81	0.205
4. HONEYWELL ITA	2	10.53	19	52.63	47.37	14	6.667	0.243
5. HONEYWELL ASL	2	10.53	21	47.62	42.86	8	3.81	0.232
6. UNAQ	3	15.79	15	66.67	60.00	27	12.857	0.295
7. THUMBSAT	3	15.79	19	52.63	47.37	15	7.143	0.262
8. GOODRICH	1	5.26	33	30.30	27.27	0	0	0.163
9. AIRTRAIN	3	15.79	19	52.63	47.37	15	7.143	0.262
10. HONEYWELL	2	10.53	21	47.62	42.86	8	3.81	0.232
11. UAC	1	5.26	27	37.04	33.33	0	0	0.196
12. UACH	1	5.26	27	37.04	33.33	0	0	0.196
13. HONEYWELL AES	2	10.53	21	47.62	42.86	8	3.81	0.232
14. CIDESI	1	5.26	29	34.48	31.03	0	0	0.179
15. UPP	1	5.26	27	37.04	33.33	0	0	0.196
16. IPN	1	5.26	29	34.48	31.03	0	0	0.179
17. UTM	1	5.26	27	37.04	33.33	0	0	0.196
18. UPBC	1	5.26	29	34.48	31.03	0	0	0.179
19. UTT	1	5.26	27	37.04	33.33	0	0	0.196
20. CEL	1	5.26	27	37.04	33.33	0	0	0.196
21. HONEYWELL ASL (9)	0	0.00	0	0	0	0	0	0.040
22. HONEYWELL (6)	0	0.00	0	0	0	0	0	0.040

Nota: Elaboración propia con datos específicos del área industrial etiquetada como aeroespacial, conforme al padrón de beneficiarios del Programa de Estímulos a la Innovación durante el periodo 2009-2018 (Conacyt, 2020d). Los valores de los indicadores de centralidad de Grado, NrmGrado, Lejanía, Intermediación, nIntermediación y Eigenvector se estimaron con el apoyo del *software* libre UCINET 6, y los valores de Cercanía y nCercanía con la mejora propuesta por Wassermant-Faust (1994).

Por el lado de las IES, CETYS y UNAQ, la primera cuenta con grado cuatro y la segunda con grado tres, lo cual muestra el número de vínculos que generaron con diferentes IES y/o CI. De acuerdo con la Figura 5.17, CETYS generó vínculos con cuatro razones sociales distintas del mismo corporativo Honeywell, HONEYWELL AES, HONEYWELL ASL, HONEYWELL ITA y HONEYWELL, donde destaca la relación con HONEYWELL ASL y HONEYWELL ITA por ser de mayor intensidad con tres proyectos con cada una.

Asimismo, la UNAQ tuvo vinculaciones con tres empresas diferentes, SIMPLE, THUMBSAT y AIRTRAIN, donde acompañó a la empresa SIMPLE en dos ocasiones.

Se ha mencionado que contar con un indicador de intermediación más alto indica estar en una posición ventajosa pues se puede retener, interrumpir o distorsionar el flujo de información o conocimiento que fluye por el nodo. En esta ocasión, las empresas SIMPLE, THUMBSAT y AIRTRAIN están mejor posicionadas que las asociadas al corporativo Honeywell, situación que se corrobora con un mayor valor en el eigenvector, al estar vinculadas con nodos bien conectados, que les pueden brindar acceso a información y/o conocimientos de terceros o por la experiencia de la relación con terceros.

Aunque la participación de las IES y/o CI dependen de la elección de las empresas, también se debe destacar que la elección se asocia a las capacidades reflejadas en el nivel de especialización técnica y administrativa de las IES y/o CI para satisfacer las necesidades de las empresas y del PEI. En esta idea, destacan las participaciones de CETYS y UNAQ, asociadas a cada uno de los dos componentes de la red, al contar con los valores más altos en los indicadores de grado, cercanía, intermediación y el eigenvector, por estar en una posición estratégica dentro del respectivo componente de la red, sin olvidar que la UNAQ es una institución establecida en un estado distinto al del clúster aeroespacial de Baja California.

En conclusión, es una red que cuenta con 20 nodos, ocho asociados a empresas y 12 a IES y/o CI, dividida en dos componentes sin conexión de diez nodos cada uno. Si consideramos que el clúster aeroespacial de Baja California cuenta con 97 empresas, su nivel de participación en el PEI es relativamente bajo, sobre todo por el lado de las pequeñas y medianas empresas. Como parte de la estructura del conocimiento del clúster aeroespacial de Baja California, destacan CETYS y UABC, por formar parte del mismo componente de red y por su posición dentro del mismo, al no quedar en la periferia, lo cual les resta capacidad de intermediación. Asimismo, los vínculos que generaron con las empresas, son vínculos con mayor intensidad, es decir, acompañaron a las empresas hasta en tres ocasiones, lo cual denota relaciones más especializadas y de largo plazo, que las obtenidas por la UNAQ, que se consolidó como una IES central en la intermediación entre los actores del respectivo componente de red.

Por lo anterior, tomando como referencia la participación de las empresas en el PEI e IES y/o CI, como un proceso de gestión del conocimiento de parte de los actores involucrados, también se puede concluir que sí hay una contribución en el desarrollo del clúster aeroespacial tanto por la participación de un porcentaje, aunque bajo, de las empresas como por el acompañamiento de las principales IES y CI del estado de Baja California. Además de observar relaciones con mayor intensidad, que como se ha mencionado anteriormente se asocian a relaciones más especializadas, con mayor profundidad y de plazos más largos, que devienen en innovaciones menos marginales. El mencionado desarrollo también se desenvuelve en un ambiente de innovación abierta, primero por concursar en convocatorias que brindan apoyos económicos de riesgo para la innovación, como una estrategia de gestión del conocimiento, y segundo, al contar con la participación de al menos una IES por empresa, proveniente del exterior o de un estado distinto al asociado al clúster aeroespacial de Baja California, con la acotación al componente de red relacionado con las empresas SIMPLE, THUMBSAT y AIRTRAIN.

5.5.7 Análisis del clúster aeroespacial de Chihuahua

Después de analizar los números de los proyectos aeroespaciales apoyados por el PEI, se tiene una primera aproximación con la situación que guarda el clúster aeroespacial de Chihuahua, el cual deja ver su posicionamiento respecto de los demás clústeres aeroespaciales mexicanos. Adicionalmente, en esta sección se caracteriza en función de las relaciones, la red que resulta de las vinculaciones entre las empresas establecidas en Chihuahua con las IES y CI, asociadas con los proyectos aeroespaciales apoyados por el PEI al estado de Chihuahua como clúster aeroespacial.

Primero, se mencionan las empresas y se asocian con el número de proyectos apoyados, así como con la modalidad de vinculación, es decir, si el proyecto fue vinculado o no, adicionalmente se muestra el número de IES y/o CI con los que se asoció la empresa para la realización de los proyectos apoyados. Segundo, se mencionan las IES y/o CI con los que se asociaron o vincularon las empresas para avanzar técnicamente los proyectos apoyados por el PEI. Tercero, se muestra la red de flujo de conocimiento entre empresas con IES y/o CI, resultante de los apoyos otorgados por el PEI a proyectos aeroespaciales de empresas

del estado de Chihuahua. Cuarto, se muestran los indicadores del Análisis de Redes Sociales del clúster aeroespacial de Chihuahua.

5.5.7.1 Número de vinculaciones por empresa y modalidad de vinculación

Concentrados con el clúster aeroespacial de Chihuahua, de acuerdo con la Tabla 5.35, durante el periodo indicado se identificaron nueve empresas del estado de Chihuahua beneficiadas por el PEI, con un total de 24 proyectos aeroespaciales apoyados, de los cuales 23 fueron vinculados y uno en modalidad individual, el apoyado a la empresa FH TEC. Se registran 40 vinculaciones entre empresas e IES y/o CI. Destacan las participaciones de cuatro empresas, LABINAL con cinco proyectos, AISYSTEMS, ALTASER, y SOPI con cuatro proyectos cada una, concentrando el 70% de los proyectos. Con la empresa AISYSTEMS se reportan 10 vinculaciones con cuatro IES y/o CI diferentes, y ALTASER y SOPI con ocho vinculaciones, pero con dos IES y/o CI.

Tabla 5.35 *Datos referentes a la vinculación en proyectos PEI asociados al clúster aeroespacial de Chihuahua*

Empresas	Proyectos	Proyectos individuales	Proyectos vinculados	Número de vinculaciones	Instituciones asociadas a las vinculaciones
1. FH TEC	1	1	0	0	0
2. AISYSTEMS	4	0	4	10	4
3. ALTASER	4	0	4	8	2
4. FORJACHISA	1	0	1	2	2
5. GAI	1	0	1	2	2
6. GOALTECH	1	0	1	2	2
7. HONEYWELL CHIH	3	0	3	3	1
8. LABINAL	5	0	5	5	1
9. SOPI	4	0	4	8	2
TOTAL	24	1	23	40	16

Nota: Elaboración propia con datos específicos del área industrial etiquetada como aeroespacial, conforme al padrón de beneficiarios del Programa de Estímulos a la Innovación durante el periodo 2009-2018 (Conacyt, 2020d).

5.5.7.2 Número de vinculaciones por empresa e IES y/o CI

Las IES y CI con las que se vincularon las empresas del clúster aeroespacial de Chihuahua se reconocen en la Tabla 5.36. Se observa que la participación en el PEI de la empresa FH TEC no generó ninguna vinculación. Si bien se cuenta con un total de 40 vinculaciones, éstas están asociadas a solo 9 IES y/o CI. Destaca el caso de la empresa AISYSTEMS por estar vinculada con cuatro IES diferentes: UACH, UACJ y UTCH de Chihuahua, y la UNAQ de Querétaro. También sobresalen LA SALLE CHIH y CIMAV de Chihuahua por acompañar a manera de vinculación a cuatro empresas diferentes cada una.

Tabla 5.36 *Instituciones de Educación Superior/Centros de Investigación vinculadas a empresas en los proyectos PEI asociados al clúster aeroespacial de Chihuahua*

Nodo	Vinculación 1	Vinculación 2	Vinculación 3	Vinculación 4	TOTAL
1. FH TEC	-	-	-		0
2. AISYSTEMS	UACH	UNAQ	UACJ	UTCH	4
3. ALTASER	CIMAV	LA SALLE CHIH	-	-	2
4. FORJACHISA	LA SALLE CHIH	CIMAV	-	-	2
5. GAI	CIMAV	LA SALLE CHIH	-	-	2
6. GOALTECH	ITCHIH	ITESM CHIH	-	-	2
7. HONEYWELL CHIH	ITESM Monterrey	-	-	-	1
8. LABINAL	CIMAV	-	-	-	1
9. SOPI	CIMAV	LA SALLE CHIH	-	-	2
TOTAL					16

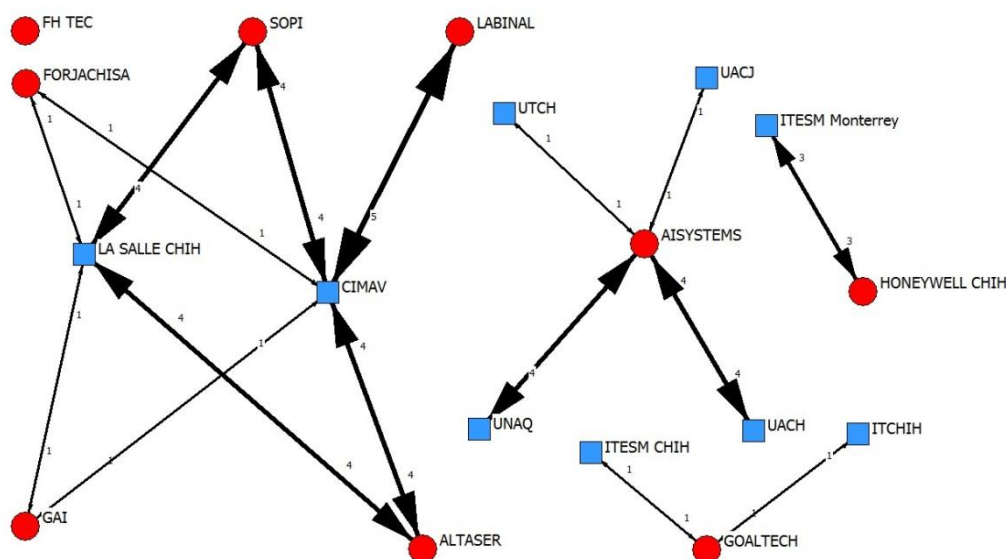
Nota: Elaboración propia con datos específicos del área industrial etiquetada como aeroespacial, conforme al padrón de beneficiarios del Programa de Estímulos a la Innovación durante el periodo 2009-2018 (Conacyt, 2020d).

5.5.7.3 Análisis de flujos de conocimiento del clúster aeroespacial de Chihuahua

En la Figura 5.18 se muestra el diagrama de red del clúster aeroespacial de Chihuahua, el cual muestra los flujos de conocimiento entre actores. Los nodos en forma de círculo y en color rojo representan a las empresas, los que se encuentran aislados representan empresas con proyectos apoyados por el PEI en forma individual o sin vinculación. Los

nodos en forma de cuadrado representan a las IES y/o CI. Las relaciones entre empresas con IES y/o CI se consideran duódicas, porque se asume que el flujo de conocimiento es recíproco, situación que se ve representada con la dirección de las líneas en ambos sentidos y por el doble número sobre dichas líneas el cual se asocia a cada uno de los respectivos actores. La intensidad de la interacción se aprecia tanto por el grosor de las líneas que unen a los nodos como por el número indicado sobre éstas.

Figura 5.18 *Análisis de flujos de conocimiento en el clúster aeroespacial de Chihuahua*



Nota: Elaboración propia con datos específicos del área industrial etiquetada como aeroespacial, conforme al padrón de beneficiarios del Programa de Estímulos a la Innovación durante el periodo 2009-2018 (Conacyt, 2020d), con el apoyo del *software* libre UCINET 6 y Netdraw 2.176.

A partir de los proyectos aeroespaciales apoyados por el PEI a empresas del clúster aeroespacial de Chihuahua, en vinculación con IES y/o CI, se generó la red de flujos de conocimiento esquematizada en la Figura 5.18. Al amparo de esta representación, se hacen más evidentes las características de la red que cuenta con 18 nodos, con la participación de 9 empresas y 9 IES y/o CI, generando 16 vinculaciones entre éstas. También, se aprecia la intensidad o frecuencia de la vinculación entre actores, es decir, el número de veces en que una empresa se vinculó con la misma IES y/o CI, generando de manera agregada 40 vinculaciones.

Asimismo, se observa que la red está compuesta por cuatro brazos no vinculados o componentes conexos, el primero de 7 nodos, con las empresas FORJACHISA, LABINAL, SOPI, GAI y ALTASER y las IES y/o CI LA SALLE CHIH y CIMAV; el segundo de 4 nodos, con la empresa AISYSTEMS y las IES y/o CI UACH, UACJ, UTCH y UNAQ, ésta última establecida en Querétaro; el tercero de tres nodos con la empresa GOALTECH y las IES ITCHIH e ITESM CHIH; y el cuarto componente con la empresa HONEYWELL CHIH y la IES ITESM Monterrey. De igual forma comprende el nodo aislado representado por la empresa FH TEC.

Destacan las participaciones de cuatro empresas, LABINAL con cinco proyectos vinculados con el mismo CI (CIMAV), ALTASER, y SOPI con cuatro proyectos cada una, vinculados en cuatro ocasiones con las mismas IES y/o CI LA SALLE CHIH y CIMAV; y la empresa AISYSTEMS con cuatro proyectos, vinculada con cuatro IES diferentes, en cuatro ocasiones con UACH y UNAQ y en una con UTCH y UACJ. También sobresalen como IES y/o CI LA SALLE CHIH y CIMAV de Chihuahua por acompañar a manera de vinculación a cuatro empresas diferentes cada una. Las empresas que se vincularon hasta en cuatro ocasiones con las mismas IES y/o CI, es un indicativo de una vinculación con mayor profundidad, pero con menor grado, que se caracteriza por ser una relación de trabajo de mayor plazo, asociada a innovaciones menos marginales.

5.5.7.4 Indicadores del análisis de redes sociales del clúster aeroespacial de Chihuahua.

Cabe recapitular que para el cálculo de los indicadores se ha considerado a la red como simétrica no dirigida, integrada por cuatro componentes conexos. De acuerdo con los indicadores de la Tabla 5.37, obtenidos a partir de la red generada por los proyectos aeroespaciales apoyados por el PEI, asociados al clúster aeroespacial de Chihuahua, son seis las empresas que obtuvieron los grados más altos. AISYSTEMS con un grado de 4, SOPI, ALTASER, FORJACHISA, GAI y GOALTECH con grado 2, lo cual es una medida que indica el número de vínculos que realizaron con distintas IES y/o CI durante el periodo indicado. Por el lado de las IES y/o CI destaca CIMAV que obtuvo un grado de 5 y LA SALLE CHIH con grado 4, lo cual indica el número de empresas con las cuales se vincularon durante el periodo indicado. El grado normalizado (nGrado) indica la centralidad del nodo, es decir el porcentaje con el cual se acerca a tener una configuración

en forma de estrella, donde todos los nodos se encuentran conectados a un paso del nodo sobre el que se calcula el grado.

Tabla 5.37 *Análisis de flujo de conocimiento en el clúster aeroespacial de Chihuahua*

Nodo	Grado	nGrado	Lejanía	Cercanía	Intermediación	nIntermediación	Eigenvector
1. CIMAV	5	29.41	7	0.303	8	5.882	0.438
2. LA SALLE CHIH	4	23.53	9	0.235	3	2.206	0.398
3. AISYSTEMS	4	23.53	4	0.235	6	4.412	0.122
4. SOPI	2	11.76	10	0.212	0.5	0.368	0.35
5. ALTASER	2	11.76	10	0.212	0.5	0.368	0.35
6. LABINAL	1	5.88	12	0.176	0	0	0.297
7. UACH	1	5.88	7	0.134	0	0	0.096
8. UNAQ	1	5.88	7	0.134	0	0	0.096
9. HONEYWELL CHIH	1	5.88	1	0.059	0	0	0.053
10. ITESM Monterrey	1	5.88	1	0.059	0	0	0.053
11. FORJACHISA	2	11.76	10	0.212	0.5	0.368	0.35
12. GAI	2	11.76	10	0.212	0.5	0.368	0.35
13. GOALTECH	2	11.76	2	0.118	1	0.735	0.068
14. ITESM CHIH	1	5.88	3	0.078	0	0	0.062
15. ITCHIH	1	5.88	3	0.078	0	0	0.062
16. UTCH	1	5.88	7	0.134	0	0	0.096
17. UACJ	1	5.88	7	0.134	0	0	0.096
18. FH TEC	0	0	0	0	0	0	0.042

Nota: Elaboración propia con datos específicos del área industrial etiquetada como aeroespacial, conforme al padrón de beneficiarios del Programa de Estímulos a la Innovación durante el periodo 2009-2018 (Conacyt, 2020d). Los valores de los indicadores de centralidad de Grado, nGrado, Lejanía, Intermediación, nIntermediación y Eigenvector se estimaron con el apoyo del *software* libre UCINET 6, y los valores de Cercanía con la mejora propuesta por Wassermant-Faust (1994).

Como la cercanía representa la independencia o capacidad de un nodo (actor) de alcanzar a los otros actores de la red, sin depender de otros o siguiendo los caminos más cortos (distancias geodésicas), el valor más alto en este sentido fue para el CIMAV que es un CI con 0.303, seguido de la IES LA SALLE CHIH y la empresa AISYSTEMS con 0.235. Luego están las empresas SOPI, ALTASER, FORJACHISA y GAI con 0.212. Estos valores, aunque son los más altos, son relativamente bajos, si consideramos que la red se encuentra fragmentada en cuatro componentes inconexos.

Se ha mencionado que contar con un indicador de intermediación más alto indica estar en una posición ventajosa pues se puede retener, interrumpir o distorsionar el flujo de información o conocimiento que fluye por el nodo. En esta situación, se encuentran tres actores, el CI CIMAV con una intermediación normalizada de 5.882, la empresa AISYSTEMS con 4.412 y la IES LA SALLE CHIH con 2.206. A diferencia del grado, la cercanía o la intermediación, el eigenvector no sólo indica un grado de conexión sino también evalúa que los actores con los que está vinculado el nodo correspondiente estén vinculados con nodos estratégicos u otros bien conectados, que les puedan brindar con mayor facilidad el acceso a información y/o conocimientos de terceros o por la experiencia de la relación con estos.

Así, respecto del eigenvector, se puede observar que los casos de CIMAV (0.438), LA SALLE CHIH (0.398), SOPI (0.35), ALTASER (0.35), FORJACHISA (0.35) y GAI (0.35) salen mejor evaluados que AISYSTEMS (0.122), por formar parte del componente con el mayor número de nodos, lo cual les brinda una mayor ventaja, aunque tengan un valor de grado, cercanía e intermediación menor que AISYSTEMS, quien tuvo un valor de eigenvector menor por ser un componente de la red con menos conexiones o estar más aislado.

Aunque la participación de las IES y/o CI dependen de la elección de las empresas, también se debe destacar que la elección se asocia a las capacidades reflejadas en el nivel de especialización técnica y administrativa de las IES y/o CI para satisfacer las necesidades de la empresa y del PEI. En esta idea, destacan las participaciones de CIMAV y LA SALLE CHIH, al contar con los valores más altos en los indicadores de grado, cercanía, intermediación y el eigenvector, por estar en una posición estratégica dentro del mismo componente de la red con el mayor número de nodos.

En conclusión, es una red que cuenta con 18 nodos, nueve asociados a empresas y 9 a IES y/o CI, dividida en cuatro componentes sin conexión. Si consideramos que el clúster aeroespacial de Chihuahua cuenta con 52 empresas, su nivel de participación en el PEI es relativamente bajo, sobre todo por el lado de las pequeñas y medianas empresas. Como parte de la estructura del conocimiento del clúster aeroespacial de Chihuahua, destacan por sus indicadores CIMAV y LA SALLE CHIH, por formar parte del mismo componente de

red y por su posición dentro del mismo, al no quedar en la periferia, lo cual les restaría capacidad de intermediación.

Por lo anterior, tomando como referencia la participación de las empresas en el PEI e IES y/o CI, como un proceso de gestión del conocimiento de parte de los actores involucrados, también se puede concluir que sí hay una contribución en el desarrollo del clúster aeroespacial tanto por la participación de un porcentaje, aunque bajo, de las empresas como por el acompañamiento de las principales IES y CI del estado de Chihuahua. Además, se observan relaciones con mayor intensidad, que como se ha mencionado anteriormente se asocian a relaciones más especializadas, con mayor profundidad y de plazos más largos, que devienen en innovaciones menos marginales. Tal es el acompañamiento que tienen las empresas SOPI y ALTASER con cuatro y LABINAL hasta en cinco ocasiones, considerando que cada ocasión representa un proyecto. De igual forma, AISYSTEMS, aunque no forma parte del componente de red principal cuenta con un acompañamiento en cuatro proyectos por parte de las IES UACH y UNAQ, de Querétaro esta última.

El mencionado desarrollo también se desenvuelve en un ambiente de innovación abierta, donde es característico concursar en convocatorias que brindan apoyos económicos de riesgo para la innovación, como una estrategia de gestión del conocimiento, y segundo, al contar con la participación de al menos una IES, proveniente del exterior o de un estado distinto al asociado al clúster aeroespacial de Chihuahua, en particular la relación que tiene AIRTRAIN con la UNAQ de Querétaro.

5.5.8 Análisis del clúster aeroespacial de Nuevo León

Después de analizar los números de los proyectos aeroespaciales apoyados por el PEI, se tiene una primera aproximación con la situación que guarda el clúster aeroespacial de Nuevo León, el cual deja ver su posicionamiento respecto de los demás clústeres aeroespaciales mexicanos. Adicionalmente, en esta sección se caracteriza en función de las relaciones, la red que resulta de las vinculaciones entre las empresas establecidas en Nuevo León con las IES y CI, asociadas con los proyectos aeroespaciales apoyados por el PEI al estado de Nuevo León como clúster aeroespacial. Primero, se mencionan las empresas y se asocian con el número de proyectos apoyados, así como con la modalidad de vinculación, es decir, si el proyecto fue vinculado o no, adicionalmente se muestra el número de IES y/o CI con los que se asoció la empresa para la realización de los proyectos apoyados. Segundo, se mencionan las IES y/o CI con los que se asociaron o vincularon las empresas para avanzar técnicamente los proyectos apoyados por el PEI. Tercero, se muestra la red de flujo de conocimiento entre empresas con IES y/o CI, resultante de los apoyos otorgados por el PEI a proyectos aeroespaciales de empresas del estado de Nuevo León. Cuarto, se muestran los indicadores del Análisis de Redes Sociales del clúster aeroespacial de Nuevo León.

5.5.8.1 Número de vinculaciones por empresa y modalidad de vinculación

Concentrados con el clúster aeroespacial de Nuevo León, de acuerdo con la Tabla 5.38, durante el periodo indicado se identificaron 14 empresas del estado de Nuevo León beneficiadas por el PEI, con un total de 16 proyectos aeroespaciales apoyados, de los cuales 16 fueron vinculados. Se registra la participación de 12 IES y/o CI, con 37 vinculaciones entre empresas e IES y/o CI. Destacan las participaciones de las empresas 3G y SAAA con dos proyectos cada una, concentrando el 23% de los proyectos. Asimismo, la empresa 3G contó con 7 vinculaciones con cuatro IES y/o CI diferentes, MAQ EXPRESS y MAQ REY con 4 vinculaciones con 4 IES y/o CI. También ADEK, EXSYS y TSL UP con tres vinculaciones con tres IES y/o CI.

Tabla 5.38 Datos referentes a la vinculación en proyectos PEI asociados al clúster aeroespacial de Nuevo León

Empresa	Proyectos	Proyectos individuales	Proyectos vinculados	Número de vinculaciones	Instituciones asociadas a las vinculaciones
1. 3G	2	0	2	7	4
2. ADEK	1	0	1	3	3
3. ALTAIDEA	1	0	1	2	2
4. CYBER	1	0	1	2	2
5. EST SUIT	1	0	1	1	1
6. EXSYS	1	0	1	3	3
7. MAQ EXPRESS	1	0	1	4	2
8. MAQ REY	1	0	1	4	4
9. REAC QUIM	1	0	1	1	1
10. RFID	1	0	1	2	2
11. SAAA	2	0	2	2	1
12. TEC 2000	1	0	1	2	2
13. TSL UP	1	0	1	3	3
14. TEC MAQ	1	0	1	1	1
TOTAL	16	0	16	37	31

Nota: Elaboración propia con datos específicos del área industrial etiquetada como aeroespacial, conforme al padrón de beneficiarios del Programa de Estímulos a la Innovación durante el periodo 2009-2018.

5.5.8.2 Número de vinculaciones por empresa e IES y/o CI

Las IES y CI con las que se vincularon las empresas del clúster aeroespacial de Nuevo León se mencionan en la Tabla 5.39. Se observa que las participaciones de las empresas en el PEI fueron en modalidad vinculada. Si bien se cuenta con un total de 37 vinculaciones, éstas están asociadas a solo 12 IES y/o CI. Destacan los casos de las empresas 3G y MAQ REY, por estar vinculadas con cuatro IES diferentes cada una: EISAC, U MON MORELOS, UANL y UM para la primera, y CIMAV, EISAC, UANL y U MON MORELOS para la segunda. También sobresalen las IES y/o CI UANL, U MON MORELOS y EISAC, por acompañar a manera de vinculación a ocho, seis y cinco empresas diferentes respectivamente. Se observa la participación de IES y/o CI CIMAV,

UNAQ, UAQ, CINVESTAV y CINVESTAV SALT externas al clúster aeroespacial de Nuevo León.

Tabla 5.39 *Instituciones de Educación Superior/Centros de Investigación vinculadas a empresas en los proyectos PEI asociados al clúster aeroespacial de Nuevo León*

Nodo	Vinculación 1	Vinculación 2	Vinculación 3	Vinculación 4	TOTAL
1. 3G	EISAC	U MON MORELOS	UANL	UM	4
2. ADEK	EISAC	U MON MORELOS	UANL	-	3
3. ALTAIDEA	CINVESTAV SALT	UANL	-	-	2
4. CYBER	CINVESTAV SALT	UANL	-	-	2
5. EST SUIT	UM	-	-	-	1
6. EXSYS	EISAC	U MON MORELOS	UANL	-	3
7. MAQ EXPRESS	CINVESTAV	U MON MORELOS	-	-	2
8. MAQ REY	CIMAV	EISAC	U MON MORELOS	UANL	4
9. REAC QUIM	UANL	-	-	-	1
10. RFID	CIDESI	UM	-	-	2
11. SAAA	UANL	-	-	-	1
12. TEC 2000	EISAC	U MON MORELOS	-	-	2
13. TSL UP	ITSES	UAQ	UNAQ	-	3
14. TEC MAQ	ITESM	-	-	-	1
TOTAL					31

Nota: Elaboración propia con datos específicos del área industrial etiquetada como aeroespacial, conforme al padrón de beneficiarios del Programa de Estímulos a la Innovación durante el periodo 2009-2018 (Conacyt, 2020d).

5.5.8.3 Análisis de flujos de conocimiento del clúster aeroespacial de Nuevo León

En la Figura 5.19 se muestra el diagrama de red del clúster aeroespacial de Nuevo León, el cual muestra los flujos de conocimiento entre actores. Los nodos en forma de círculo y en color rojo representan a las empresas. Los nodos en forma de cuadrado representan a las IES y/o CI. Las relaciones entre empresas con IES y/o CI se consideran duódicas, porque se asume que el flujo de conocimiento es recíproco, situación que se ve representada con la

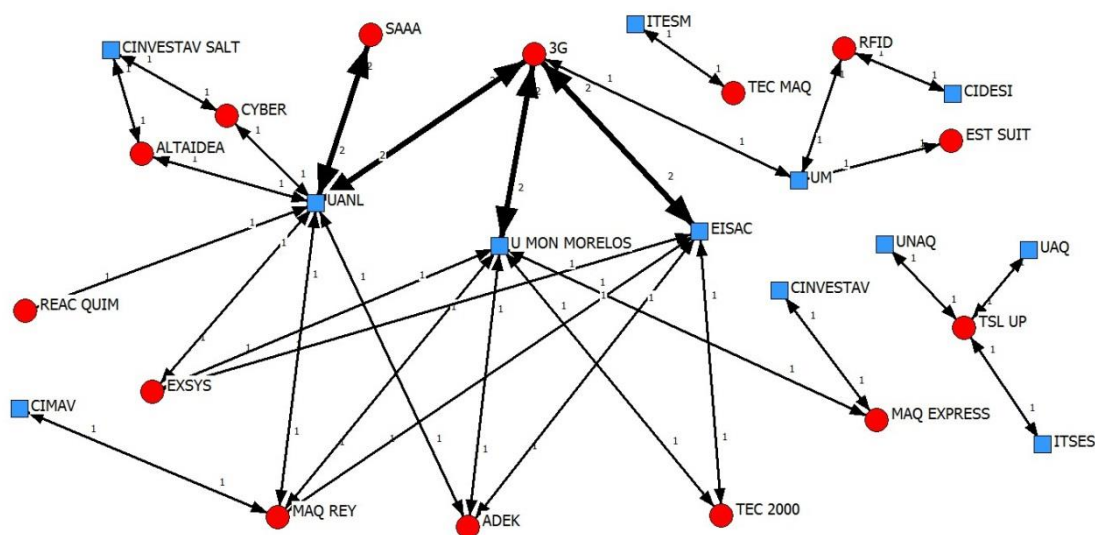
dirección de las líneas en ambos sentidos y por el doble número sobre dichas líneas el cual se asocia a cada uno de los respectivos actores. La intensidad de la interacción se aprecia tanto por el grosor de las líneas que unen a los nodos como por el número indicado sobre éstas.

A partir de los proyectos aeroespaciales apoyados por el PEI a empresas del clúster aeroespacial de Nuevo León, en vinculación con IES y/o CI, se generó la red de flujos de conocimiento esquematizada en la Figura 5.19. Al amparo de esta representación, se hacen más evidentes las características de la red que cuenta con 26 nodos, con la participación de 14 empresas y 12 IES y/o CI, generando 31 vinculaciones y 37 ponderadas (agregadas) entre éstas. También, se aprecia la intensidad o frecuencia de la vinculación entre actores, es decir, el número de veces en que una empresa se vinculó con la misma IES y/o CI, generando de manera agregada 36 vinculaciones, entre las que destacan SAAA con UANL, 3G con UANL, U MON MORELOS e EISAC con dos vinculaciones, en cada ocasión, equivalentes a un proyecto por cada ocasión.

Asimismo, se observa que la red está compuesta por tres brazos no vinculados o componentes conexos, el primero y principal de 20 nodos, con las empresas 3G ADEK, ALTAIDEA, CYBER, EST SUIT, EXSYS, MAQ EXPRESS, MAQ REY, REAC QUIM, RFID, SAAA y TEC 2000, y las IES y/o CI CINVESTAV SALT, UANL, EISAC, U MON MORELOS, UM, CIDESI, CINVESTAV y CIMAV; el segundo de 4 nodos, con la empresa TSL UP y las IES y/o CI UNAQ, UAQ e ITSES; el tercer componente de dos nodos con la empresa TEC MAQ y la IES ITESM.

Destacan las participaciones de cinco empresas, 3G con dos proyectos vinculados con cuatro IES diferentes, en dos ocasiones con UANL, U MON MORELOS e EISAC y en una ocasión con UM. Las empresas EXSYS y ADEK con un proyecto cada una vinculados a las mismas tres IES: UANL, U MON MORELOS e EISAC. Y MAQ REY con un proyecto vinculado a cuatro IES y/o CI: UANL, U MON MORELOS, EISAC y CIMAV. Por último, la empresa TSL UP con un proyecto vinculado a tres IES: ITSES, UNAQ y UAQ de Querétaro éstas últimas. En general, las vinculaciones asociadas a las empresas con las IES y/o CI son más amplias, pero menos intensas que en clústeres como Baja California o Chihuahua.

Figura 5.19 *Análisis de flujos de conocimiento en el clúster aeroespacial de Nuevo León*



Nota: Elaboración propia con datos específicos del área industrial etiquetada como aeroespacial, conforme al padrón de beneficiarios del Programa de Estímulos a la Innovación durante el periodo 2009-2018 (Conacyt, 2020d), con el apoyo del *software* libre UCINET 6 y Netdraw 2.176.

5.5.8.4 Indicadores del análisis de redes sociales del clúster aeroespacial de Nuevo León

Cabe recapitular que para el cálculo de los indicadores se ha considerado a la red como simétrica no dirigida, integrada por tres componentes conexos. De acuerdo con los indicadores de la Tabla 5.40, obtenidos a partir de la red generada por los proyectos aeroespaciales apoyados por el PEI, asociados al clúster aeroespacial de Nuevo León, son cinco las empresas que obtuvieron los indicadores de centralidad de grado más altos. 3G y MAQ REY con grado de 4, EXSYS, TSL UP y ADEK con grado 3, lo cual es una medida que indica el número de vínculos que realizaron con distintas IES y/o CI durante el periodo señalado. Por el lado de las IES y/o CI destaca UANL que obtuvo un grado de 8, U MON MORELOS con grado de 6, EISAC con grado de 5 y UM con grado de 3, lo cual indica el número de empresas con las cuales se vincularon durante el periodo indicado. El grado normalizado (nGrado) indica la centralidad del nodo, es decir el porcentaje con el cual se

acerca a tener una configuración en forma de estrella, donde todos los nodos se encuentran conectados a un paso del nodo sobre el que se calcula el grado.

Como la cercanía representa la independencia o capacidad de un nodo (actor) de alcanzar a los otros actores de la red, sin depender de otros o siguiendo los caminos más cortos (distancias geodésicas), el valor más alto en este indicador fue para la IES UANL y la empresa 3G con un valor de 0.380, seguidos de las IES U MON MORELOS con un valor de 0.344 y la empresa MAQ REY con 0.328, después se encuentran las empresas EXSYS, ADEK y la IES EISAC con un valor de 0.314 cada una.

Se ha mencionado que contar con un indicador de intermediación más alto indica estar en una posición ventajosa pues se puede retener, interrumpir o distorsionar el flujo de información o conocimiento que fluye por el nodo. En su forma normalizada indica el porcentaje de las intermediaciones en que participa respecto de las posibles en la red. En esta situación, se encuentran cuatro actores, las IES: UANL con una intermediación normalizada de 28.611%, la UM con un porcentaje de 16.667, la U MON MORELOS con 16.611 % y la empresa 3G con un porcentaje de 22.7.

A diferencia del grado, la cercanía o la intermediación, el eigenvector no sólo indica un grado de conexión, sino también evalúa que los actores con los que está vinculado el nodo correspondiente estén vinculados con nodos estratégicos u otros bien conectados, que les puedan brindar con mayor facilidad el acceso a información y/o conocimientos de terceros o por la experiencia de la relación con estos. Así, por los valores del eigenvector, se puede observar que la UANL con 0.317 obtuvo el valor más alto, seguido de la U MON MORELOS con 0.285 y la empresa 3G con 0.282. Después están MAQ REY con 0.269 y EISAC con 0.267. Los cinco actores arriba citados son los que se encuentran mejor posicionados por estar vinculados y más cerca de actores estratégicos en la red que les brindan una ventaja respecto a otros nodos, para obtener información y/o conocimiento de otros actores de la red. Por ejemplo, a pesar de que EISAC obtuvo mejor grado que MAQ REY, su indicador de eigenvector es ligeramente menor, lo cual es un indicativo de mayor capacidad de MAQ REY para hacerse de información de terceros que EISAC.

Tabla 5.40 *Resultados análisis de flujo de conocimiento en el clúster aeroespacial de Nuevo León*

	Nodo	Grado	NrmGrado	Lejanía	Cercanía	Intermediación	nIntermediación	Eigenvector
1.	UANL	8	32.00	38	0.380	85.833	28.611	0.317
2.	U MON MORELOS	6	24.00	42	0.344	49.833	16.611	0.285
3.	3G	4	16.00	38	0.380	68.1	22.7	0.282
4.	EISAC	5	20.00	46	0.314	15.833	5.278	0.267
5.	MAQ REY	4	16.00	44	0.328	26.1	8.7	0.269
6.	UM	3	12.00	50	0.289	50	16.667	0.218
7.	EXSYS	3	12.00	46	0.314	8.1	2.7	0.256
8.	TSL UP	3	12.00	3	0.120	3	1	0.028
9.	ADEK	3	12.00	46	0.314	8.1	2.7	0.256
10.	RFID	2	8.00	66	0.219	18	6	0.167
11.	TEC 2000	2	8.00	58	0.249	0.6	0.2	0.208
12.	MAQ EXPRESS	2	8.00	58	0.249	18	6	0.2
13.	CYBER	2	8.00	54	0.267	8.5	2.833	0.215
14.	ALTAIDEA	2	8.00	54	0.267	8.5	2.833	0.215
15.	SAAA	1	4.00	56	0.258	0	0	0.203
16.	CINVESTAV SALT	2	8.00	70	0.206	0.5	0.167	0.173
17.	REAC QUIM	1	4.00	56	0.258	0	0	0.203
18.	CIDESI	1	4.00	84	0.172	0	0	0.129
19.	CINVESTAV	1	4.00	76	0.190	0	0	0.148
20.	TEC MAQ	1	4.00	1	0.040	0	0	0.022
21.	ITESM	1	4.00	1	0.040	0	0	0.022
22.	CIMAV	1	4.00	62	0.233	0	0	0.183
23.	EST SUIT	1	4.00	68	0.212	0	0	0.158
24.	UAQ	1	4.00	5	0.072	0	0	0.025
25.	UNAQ	1	4.00	5	0.072	0	0	0.025
26.	ITSES	1	4.00	5	0.072	0	0	0.025

Nota: Elaboración propia con datos específicos del área industrial etiquetada como aeroespacial, conforme al padrón de beneficiarios del Programa de Estímulos a la Innovación durante el periodo 2009-2018 (Conacyt, 2020d). Los valores de los indicadores de centralidad de Grado, nGrado, Lejanía, Intermediación, nIntermediación y Eigenvector se estimaron con el apoyo del *software* libre UCINET 6, y los valores de Cercanía con la mejora propuesta por Wassermant-Faust (1994).

Aunque la participación de las IES y/o CI dependen de la elección de las empresas, también se debe destacar que la elección se asocia a las capacidades reflejadas en el nivel de especialización técnica y administrativa de las IES y/o CI para satisfacer las necesidades de la empresa y del PEI. En esta idea, destacan las participaciones de UANL, U MON MORELOS y EISAC, al contar con los valores más altos en los indicadores de grado,

cercanía, intermediación y el eigenvector, por estar en una posición estratégica dentro del mismo componente de la red con el mayor número de nodos.

En conclusión, es una red que cuenta con 26 nodos, 14 asociados a empresas y 12 a IES y/o CI, dividida en tres componentes sin conexión. Si consideramos que el clúster aeroespacial de Nuevo León cuenta con 34 empresas, su nivel de participación en el PEI es relativamente bajo, sobre todo por el lado de las pequeñas y medianas empresas. Como parte de la estructura del conocimiento del clúster aeroespacial de Nuevo León, destacan por sus indicadores UANL, U MON MORELOS, EISAC y UM, por formar parte del mismo componente de red y por su posición dentro del mismo, al no quedar en la periferia, lo cual les restaría capacidad de intermediación.

Por lo anterior, tomando como referencia la participación de las empresas en el PEI e IES y/o CI, como un proceso de gestión del conocimiento de parte de los actores involucrados, también se puede concluir que sí hay una contribución en el desarrollo del clúster aeroespacial tanto por la participación de un porcentaje, aunque bajo, de las empresas como por el acompañamiento de las principales IES y CI del estado de Nuevo León. Además, se observan relaciones con menor intensidad que el clúster de Baja California y Chihuahua, que como se ha mencionado anteriormente se asocian a relaciones más especializadas, con mayor profundidad y de plazos más largos, que devienen en innovaciones menos marginales. Los acompañamientos más intensos son los que tienen la empresa 3G con las IES UANL, U MON MORELOS y EISAC en dos ocasiones y UM en una, luego están los casos de las empresas EXSYS, MAQ REY y ADEX con al menos tres acompañamientos por las IES UANL, U MON MORELOS y EISAC, considerando que cada ocasión representa un proyecto. De igual forma, TSL UP, aunque no forma parte del componente de red principal cuenta con un acompañamiento en tres IES: UNAQ, UAQ de Querétaro e ITSES.

El mencionado desarrollo también se desenvuelve en un ambiente de innovación abierta, donde es característico concursar en convocatorias que brindan apoyos económicos de riesgo para la innovación, como una estrategia de gestión del conocimiento, y segundo, al contar con la participación de al menos una IES, proveniente del exterior o de un estado distinto al asociado al clúster aeroespacial de Nuevo León, en particular me refiero a la

participación de CINVESTAV SALT, UNAQ, UAQ y CIMAV que son organizaciones establecidas en otras entidades, externas al clúster.

5.5.9 Análisis del clúster aeroespacial de Querétaro

Después de analizar los números de los proyectos aeroespaciales apoyados por el PEI, se tiene una primera aproximación con la situación que guarda el clúster aeroespacial de Querétaro, el cual deja ver su posicionamiento respecto de los demás clústeres aeroespaciales mexicanos. Adicionalmente, en esta sección se caracteriza en función de las relaciones, la red que resulta de las vinculaciones entre las empresas establecidas en Querétaro con las IES y CI, asociadas con los proyectos aeroespaciales apoyados por el PEI al estado de Querétaro como clúster aeroespacial. Primero, se mencionan las empresas y se asocian con el número de proyectos apoyados, así como con la modalidad de vinculación, es decir, si el proyecto fue vinculado o no, adicionalmente se muestra el número de IES y/o CI con los que se asoció la empresa para la realización de los proyectos apoyados. Segundo, se mencionan las IES y/o CI con los que se asociaron o vincularon las empresas para avanzar técnicamente los proyectos apoyados por el PEI. Tercero, se muestra la red de flujo de conocimiento entre empresas con IES y/o CI, resultante de los apoyos otorgados por el PEI a proyectos aeroespaciales de empresas del estado de Querétaro. Cuarto, se muestran los indicadores del Análisis de Redes Sociales del clúster aeroespacial de Querétaro.

5.5.9.1 Número de vinculaciones por empresa y modalidad de vinculación

Concentrados con el clúster aeroespacial de Querétaro, de acuerdo con la Tabla 5.41, durante el periodo indicado se identificaron 15 empresas del estado de Querétaro beneficiadas por el PEI, con un total de 36 proyectos aeroespaciales apoyados, de los cuales 32 fueron vinculados y 4 en modalidad individual. Se registra la participación de 15 IES y/o CI, con 61 vinculaciones entre empresas e IES y/o CI.

Destacan las participaciones de las empresas ITP y MESSIER con seis proyectos cada una, y TURBORREACTORES con 5 proyectos, concentrando el 48% de los proyectos. Asimismo, destacan por su vinculación las empresas: TURBORREACTORES con 16

vinculaciones con seis IES y/o CI diferentes, QUETZAL con 9 vinculaciones con 7 IES y/o CI. También MESSIER con 6 vinculaciones e INNOVATOOL con cinco.

Tabla 5.41 *Datos referentes a la vinculación en proyectos PEI asociados al clúster aeroespacial de Querétaro*

Empresa	Proyectos	Proyectos individuales	Proyectos vinculados	Número de vinculaciones	Instituciones asociadas a las vinculaciones
1. ADD	1	1	0	0	0
2. AM DL	2	0	2	4	3
3. BOMBARDIER	2	0	2	2	2
4. CIAT	3	0	3	4	2
5. COMEQ	1	0	1	3	3
6. CORETOOL	1	0	1	2	2
7. GALNIK	2	0	2	3	2
8. INNOVATOOL	2	0	2	5	3
9. ITP	6	3	3	3	2
10. MESSIER	6	0	6	6	2
11. PRAGMATEC	1	0	1	2	2
12. QUETZAL	2	0	2	9	7
13. RAPHSON	1	0	1	1	1
14. SNECMA	1	0	1	1	1
15. TURBORREACTORE	5	0	5	16	6
S					
TOTALES	36	4	32	61	38

Nota: Elaboración propia con datos específicos del área industrial etiquetada como aeroespacial, conforme al padrón de beneficiarios del Programa de Estímulos a la Innovación durante el periodo 2009-2018 (Conacyt, 2020d).

5.5.9.2 Número de vinculaciones por empresa e IES y/o CI

Las IES y CI con las que se vincularon las empresas del clúster aeroespacial de Querétaro se mencionan en la Tabla 5.42. Se observa que las participaciones de las empresas en el PEI fueron mayoritariamente en modalidad vinculada, con cuatro proyectos individuales.

Si bien se cuenta con un total de 61 vinculaciones, éstas están asociadas a solo 15 IES y/o CI. Destacan los casos de las empresas QUETZAL y TURBORREACTORES, por estar vinculadas con siete y seis IES y/o CI diferentes cada una: CIATEQ, CIMAV, IPN, UACH,

UNAQ, UANL e ITESM QRO para la primera, y CIATEQ, CIDESI, CIDETEQ, CINVESTAV QRO, IPN y UNAQ para la segunda. También sobresalen las IES y/o CI UNAQ, CIDETEQ y CIDESI por acompañar a manera de vinculación a cinco empresas en el caso de las dos primeras y cuatro en la tercera. Se observa la participación de IES y/o CI UPP, IPN, U MON MORELOS, EISAC, CIMAV, UACH, UANL y BUAP externas al clúster aeroespacial de Querétaro.

Tabla 5.42 *Instituciones de Educación Superior/Centros de Investigación vinculadas a empresas en los proyectos PEI asociados al clúster aeroespacial de Querétaro*

Nodo	Vinculaciones							TOTAL
	1	2	3	4	5	6	6	
1. ADD	-	-	-	-	-			0
2. AM DL	CIDESI	ITESM QRO	UNAQ					3
3. BOMBARDIER	CIDETEQ	CINVESTAV QRO						2
4. CIAT	CIATEQ	CINVESTAV QRO						2
5. COMEQ	EISAC	U MON MORELOS	UANL					3
6. CORETOOL	EISAC	U MON MORELOS						2
7. GALNIK	CIDETEQ	IPN						2
8. INNOVATOOL	CINVESTAV	EISAC	U MON MORELOS					3
9. ITP	CIDESI	UNAQ	-	-	-			2
10. MESSIER	CIDESI	CIDETEQ						2
11. PRAGMATEC	UNAQ	UPP						2
12. QUETZAL	CIATEQ	CIMAV	IPN	UACH	UNAQ	UANL	ITESM QRO	7
13. RAPHSO	BUAP							1
14. SNECMA	CIDETEQ							1
15. TURBORREACTORES	CIATEQ	CIDESI	CIDETEQ	CINVESTAV QRO	IPN	UNAQ		6
TOTAL								38

Nota: Elaboración propia con datos específicos del área industrial etiquetada como aeroespacial, conforme al padrón de beneficiarios del Programa de Estímulos a la Innovación durante el periodo 2009-2018 (Conacyt, 2020d).

5.5.9.3 Análisis de flujos de conocimiento del clúster aeroespacial de Querétaro

En la Figura 5.20 se muestra el diagrama de red del clúster aeroespacial de Querétaro, el cual muestra los flujos de conocimiento entre actores. Los nodos en forma de círculo y en

color rojo representan a las empresas. Los nodos en forma de cuadrado representan a las IES y/o CI. Las relaciones entre empresas con IES y/o CI se consideran duódicas, porque se asume que el flujo de conocimiento es recíproco, situación que se ve representada con la dirección de las líneas en ambos sentidos y por el doble número sobre dichas líneas el cual se asocia a cada uno de los respectivos actores. La intensidad de la interacción se aprecia tanto por el grosor de las líneas que unen a los nodos como por el número indicado sobre éstas.

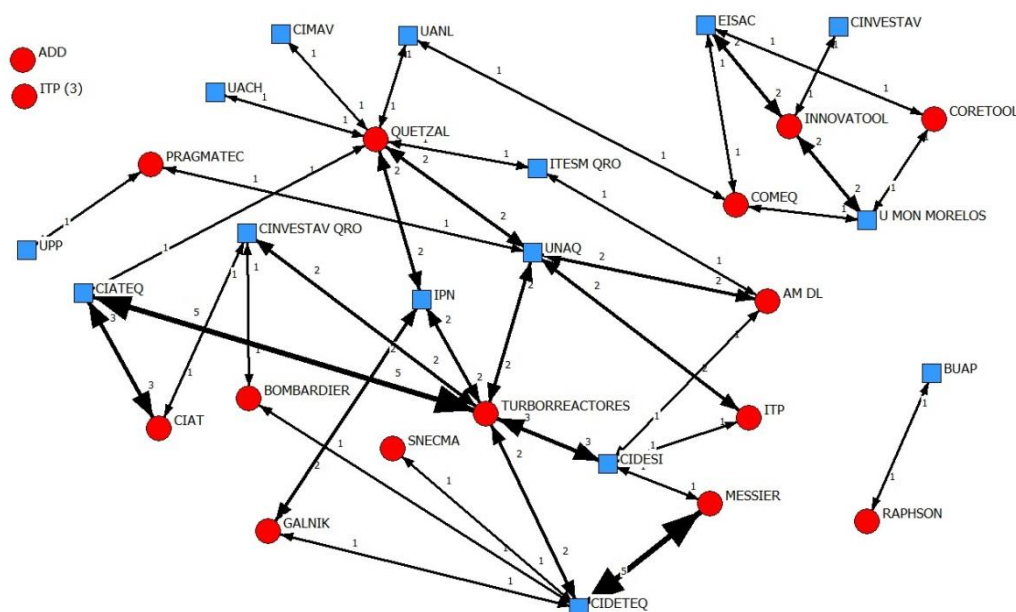
A partir de los proyectos aeroespaciales apoyados por el PEI a empresas del clúster aeroespacial de Querétaro, en vinculación con IES y/o CI, se generó la red de flujos de conocimiento esquematizada en la Figura 5.20. Al amparo de esta representación, se hacen más evidentes las características de la red que cuenta con 30 nodos, con la participación de 15 empresas y 15 IES y/o CI, generando 38 vinculaciones y 61 ponderadas (agregadas) entre éstas. También, se aprecia la intensidad o frecuencia de la vinculación entre actores, es decir, el número de veces en que una empresa se vinculó con la misma IES y/o CI, generando de manera agregada 61 vinculaciones, entre las que destacan TURBORREACTORES con CIATEQ Y CIDESI en 5 y 3 ocasiones respectivamente, MESSIER y CIDETEQ en tres ocasiones igual que CIAT con CIATEQ las mismas ocasiones, cada ocasión equivale a la participación en un proyecto.

Asimismo, se observa que la red está compuesta por dos brazos no vinculados o componentes conexos y un nodo aislado, el primero y principal componente consta de 27 nodos, con las empresas AM DL, BOMBARDIER, CIAT, COMEQ, CORETOOL, GALNIK, INNOVATOOL, ITP, MESSIER, PRAGMATEC, QUETZAL, SNECMA y TURBORREACTORES, y las IES y/o CI CIDESI, ITESM QRO, UNAQ, CIDETEQ, CINVESTAV QRO, CIATEQ, EISAC, U MON MORELOS, UANL, IPN, CINVESTAV, UPP, CIMAV, UACH, ITESM QRO y BUAP; el segundo consta de 2 nodos, con la empresa RAPHSON y la IES BUAP; el nodo aislado se asocia a la empresa ADD.

Destacan las participaciones de dos empresas, QUETZAL con dos proyectos vinculados con siete IES y/o CI participantes, con UNAQ e IPN en dos ocasiones y con CIATEQ, CIMAV, UACH, UANL e ITESM QRO en una ocasión. TURBORREACTORES con cinco proyectos vinculados con seis IES y/o CI participantes, con CIATEQ cinco veces, CIDESI 3, con UNAQ, IPN, CINVESTAV QRO y CIDETEQ en dos ocasiones. En

general, las vinculaciones asociadas a las empresas con las IES y/o CI son más amplias, pero menos intensas que en clústeres como Baja California o Chihuahua.

Figura 5.20 *Análisis de flujos de conocimiento en el clúster aeroespacial de Querétaro.*



Nota: Elaboración propia con datos específicos del área industrial etiquetada como aeroespacial, conforme al padrón de beneficiarios del Programa de Estímulos a la Innovación durante el periodo 2009-2018 (Conacyt, 2020d), con el apoyo del *software* libre UCINET 6 y Netdraw 2.176.

5.5.9.4 Indicadores del análisis de redes sociales del clúster aeroespacial de Querétaro

Cabe recapitular que para el cálculo de los indicadores se ha considerado a la red como simétrica no dirigida, integrada por tres componentes conexos. De acuerdo con los indicadores de la Tabla 5.43, obtenidos a partir de la red generada por los proyectos aeroespaciales apoyados por el PEI, asociados al clúster aeroespacial de Querétaro, son dos las empresas que obtuvieron los indicadores de centralidad de grado más altos, QUETZAL con grado 7 y TURBORREACTORES con grado 6, lo cual es una medida que indica el número de vínculos que realizaron con distintas IES y/o CI durante el periodo señalado. Por el lado de las IES y/o CI destacan CIDETEQ y UNAQ ambas con grado 5, y CIDESI que

obtuvo un grado de 4, lo cual indica el número de empresas con las cuales se vincularon durante el periodo indicado. El grado normalizado (nGrado) indica la centralidad del nodo, es decir el porcentaje con el cual se acerca a tener una configuración en forma de estrella, donde todos los nodos se encuentran conectados a un paso del nodo sobre el que se calcula el grado.

Como la cercanía representa la independencia o capacidad de un nodo (actor) de alcanzar a los otros actores de la red, sin depender de otros o siguiendo los caminos más cortos (distancias geodésicas), el valor más alto en este indicador fue para la empresa QUETZAL con un valor de 0.352, seguido de la IES UNAQ con un valor de 0.336 y la empresa TURBORREACTORES con 0.313, después se encuentran CIATEQ e IPN con un valor de 0.309 cada uno.

Se ha mencionado que contar con un indicador de intermediación más alto indica estar en una posición ventajosa pues se puede retener, interrumpir o distorsionar el flujo de información o conocimiento que fluye por el nodo. En su forma normalizada indica el porcentaje de las intermediaciones en que puede influir respecto de las posibles en la red. En esta situación, los actores con los tres valores más altos son: la empresa QUETZAL con el mayor porcentaje (42.723%), seguida de la IES UANL con una intermediación normalizada de 27.586%, y la empresa COMEQ con 24.215%, lo cual se confirma si se observa que para acceder a la UANL, COMEQ y los nodos subsecuentes el flujo de información deben transitar por la empresa QUETZAL. Después se encuentran TURBORREACTORES con 22.445 % y la IES UNAQ con 22.209%.

A diferencia del grado, la cercanía o la intermediación, el eigenvector no sólo indica un grado de conexión, sino también evalúa que los actores con los que está vinculado el nodo correspondiente estén vinculados con nodos estratégicos u otros bien conectados, que les puedan brindar con mayor facilidad el acceso a información y/o conocimientos de terceros o por la experiencia de la relación con estos. Así, por los valores del eigenvector, se puede observar que los tres valores más altos pertenecen a la empresa QUETZAL con 0.271, seguida de TURBORREACTORES con 0.265 y la IES UNAQ con 0.258. Después están CIATEQ con 0.229 y CIDESI con 0.218. Los cinco actores arriba citados son los que se encuentran mejor posicionados por estar vinculados y más cerca de actores estratégicos en

la red que les brindan una ventaja respecto a otros nodos, para obtener información y/o conocimiento de otros actores de la red.

Tabla 5.43 *Resultados del análisis de flujo de conocimiento en el clúster aeroespacial de Querétaro*

	Nodo	Grado	nGrado	Lejanía	Cercanía	Intermediación	nIntermediación	Eigenvector
1.	TURBORREACTORES	6	20	72	0.313	97.636	22.445	0.265
2.	CIDETEQ	5	16.7	89	0.253	50.684	11.651	0.22
3.	QUETZAL	7	23.3	64	0.352	185.844	42.723	0.271
4.	UNAQ	5	16.7	67	0.336	96.608	22.209	0.258
5.	CIATEQ	3	10	73	0.309	39.3	9.034	0.229
6.	CIDESI	4	13.3	89	0.253	24.014	5.52	0.218
7.	MESSIER	2	6.7	106	0.213	4.072	0.936	0.179
8.	IPN	3	10	73	0.309	41.824	9.615	0.23
9.	INNOVATOOL	3	10	132	0.171	25.333	5.824	0.13
10.	CIAT	2	6.7	94	0.240	4.827	1.11	0.179
11.	AM DL	3	10	86	0.262	13.225	3.04	0.206
12.	CINVESTAV QRO	3	10	93	0.242	16.095	3.7	0.199
13.	EISAC	3	10	111	0.203	34	7.816	0.149
14.	U MON MORELOS	3	10	111	0.203	34	7.816	0.149
15.	GALNIK	2	6.7	90	0.250	9.279	2.133	0.188
16.	ITP	2	6.7	88	0.256	4.417	1.015	0.193
17.	COMAQ	3	10	92	0.245	105.333	24.215	0.175
18.	UANL	2	6.7	77	0.293	120	27.586	0.202
19.	CORETOOL	2	6.7	134	0.168	0.333	0.077	0.124
20.	BOMBARDIER	2	6.7	110	0.205	2.7	0.621	0.17
21.	PRAGMATEC	2	6.7	90	0.250	25	5.747	0.184
22.	ITESM QRO	2	6.7	83	0.271	8.476	1.949	0.2
23.	SNECMA	1	3.3	114	0.198	0	0	0.154
24.	UACH	1	3.3	89	0.253	0	0	0.18
25.	CINVESTAV	1	3.3	157	0.144	0	0	0.101
26.	RAPHSON	1	3.3	1	0.033	0	0	0.018
27.	BUAP	1	3.3	1	0.033	0	0	0.018
28.	CIMAV	1	3.3	89	0.253	0	0	0.18
29.	UPP	1	3.3	115	0.196	0	0	0.138
30.	ADD	0	0	0	0	0	0	0.016
31.	ITP (3)	0	0	0	0	0	0	0

Nota: Elaboración propia con datos específicos del área industrial etiquetada como aeroespacial, conforme al padrón de beneficiarios del Programa de Estímulos a la Innovación durante el periodo 2009-2018 (Conacyt, 2020d). Los valores de los indicadores de centralidad de Grado, nGrado, Lejanía, Intermediación, nIntermediación y Eigenvector se estimaron con el apoyo del *software* libre UCINET 6, y los valores de

Aunque la participación de las IES y/o CI dependen de la elección de las empresas, también se debe destacar que la elección se asocia a las capacidades reflejadas en el nivel de especialización técnica y administrativa de las IES y/o CI para satisfacer las necesidades de la empresa y del PEI. En esta idea, destacan las participaciones de TURBORREACTORES, QUETZAL y UNAQ, al contar con los valores más altos en los indicadores de grado, cercanía, intermediación y el eigenvector, por estar en una posición estratégica dentro del mismo componente de la red con el mayor número de nodos.

En conclusión, es una red que cuenta con 30 nodos, 15 asociados a empresas y 15 a IES y/o CI, dividida en dos componentes sin conexión y un nodo aislado. Si consideramos que el clúster aeroespacial de Querétaro cuenta con 50 empresas aproximadamente, su nivel de participación en el PEI es del 30%, relativamente bajo, sobre todo por el lado de las pequeñas y medianas empresas. Como parte de la estructura del conocimiento del clúster aeroespacial de Querétaro, destacan por sus indicadores CIDETEQ, UNAQ, UANL e IPN, por formar parte del mismo componente de red y por su posición dentro del mismo, al no quedar en la periferia, lo cual les restaría capacidad de intermediación.

Por lo anterior, tomando como referencia la participación de las empresas en el PEI e IES y/o CI, como un proceso de gestión del conocimiento de parte de los actores involucrados, también se puede concluir que sí hay una contribución en el desarrollo del clúster aeroespacial tanto por la participación de un porcentaje de las empresas como por el acompañamiento de las principales IES y CI del estado de Querétaro. Además, se observan relaciones con menor intensidad, pero en mayor cantidad que el clúster de Baja California, Chihuahua y Nuevo León, que como se asocian a relaciones especializadas, con mayor amplitud y de plazos más cortos, que devienen en innovaciones incrementales o servicios tecnológicos. Los acompañamientos más intensos son los que tienen la empresa TURBORREACTORES con CIATEQ Y CIDESI en 5 y 3 ocasiones respectivamente, MESSIER y CIDETEQ y CIAT con CIATEQ en tres ocasiones.

El mencionado desarrollo también se desenvuelve en un ambiente de innovación abierta, donde es característico concursar en convocatorias que brindan apoyos económicos de riesgo para la innovación, como una estrategia de gestión del conocimiento, y segundo, al

contar con la participación de al menos una IES y/o CI, proveniente del exterior o de un estado distinto al asociado al clúster aeroespacial de Querétaro. En particular me refiero a la participación de EISAC, U MON MORELOS, UANL, CIMAV, CINVESTAV, UPP, UACH y BUAP que son organizaciones establecidas en otras entidades, externas al clúster.

5.5.10 Análisis del clúster aeroespacial de Sonora

Después de analizar los números de los proyectos aeroespaciales apoyados por el PEI, se tiene una primera aproximación con la situación que guarda el clúster aeroespacial de Sonora, el cual deja ver su posicionamiento respecto de los demás clústeres aeroespaciales mexicanos. Adicionalmente, en esta sección se caracteriza en función de las relaciones, la red que resulta de las vinculaciones entre las empresas establecidas en Sonora con las IES y CI, asociadas con los proyectos aeroespaciales apoyados por el PEI al estado de Sonora como clúster aeroespacial. Primero, se mencionan las empresas y se asocian con el número de proyectos apoyados, así como con la modalidad de vinculación, es decir, si el proyecto fue vinculado o no, adicionalmente se muestra el número de IES y/o CI con los que se asoció la empresa para la realización de los proyectos apoyados. Segundo, se mencionan las IES y/o CI con los que se asociaron o vincularon las empresas para avanzar técnicamente los proyectos apoyados por el PEI. Tercero, se muestra la red de flujo de conocimiento entre empresas con IES y/o CI, resultante de los apoyos otorgados por el PEI a proyectos aeroespaciales de empresas del estado de Sonora. Cuarto, se muestran los indicadores del Análisis de Redes Sociales del clúster aeroespacial de Sonora.

5.5.10.1 Número de vinculaciones por empresa y modalidad de vinculación

Concentrados con el clúster aeroespacial de Sonora, de acuerdo con la Tabla 5.44, durante el periodo indicado se identificaron 3 empresas del estado de Sonora beneficiadas por el PEI, con un total de 12 proyectos aeroespaciales apoyados, de los cuales 10 fueron vinculados y 2 en modalidad individual. Se registra la participación de 8 IES y/o CI, con 18 vinculaciones resultantes entre empresas e IES y/o CI. Destacan las participaciones de las empresas TETA KAWI con seis proyectos y TECNODI con 4 proyectos, concentrando el 83% de los proyectos. La empresa PINNACLE aparece con dos proyectos individuales.

Asimismo, destaca por su vinculación la empresa: TETA KAWI con 12 vinculaciones con seis IES y/o CI diferentes. TECNODI con 9 vinculaciones con 3 IES y/o CI.

Tabla 5.44 *Datos referentes a la vinculación en proyectos PEI asociados al clúster aeroespacial de Sonora*

Empresa	Proyectos	Proyectos individuales	Proyectos vinculados	Número de vinculaciones	Instituciones asociadas a las vinculaciones
1. PINNACLE	2	2	0	0	0
2. TECNODI	4	0	4	6	3
3. TETA KAWI	6	0	6	12	6
TOTAL	12	2	10	18	9

Nota: Elaboración propia con datos específicos del área industrial etiquetada como aeroespacial, conforme al padrón de beneficiarios del Programa de Estímulos a la Innovación durante el periodo 2009-2018 (Conacyt, 2020d).

5.5.10.2 Número de vinculaciones por empresa e IES y/o CI

Las IES y CI con las que se vincularon las empresas del clúster aeroespacial de Sonora se mencionan en la Tabla 5.45. Se observa que las participaciones de las empresas en el PEI fueron mayoritariamente en modalidad vinculada, con excepción de la participación de PINNACLE en modalidad individual. Si bien se cuenta con un total de 18 vinculaciones, éstas están asociadas a solo 8 IES y/o CI: COMIMSA, ITH, UNISON, IEDD, ITESM, ITESM SONORA, UES y UTGUAY. Destaca el caso de la empresa TETA KAWI por contar con la vinculación de seis IES y/o CI: IEDD, ITESM, ITESM SONORA, ITH, UES y UTGUAY. En el mismo sentido, TECNODI contó con la vinculación de tres IES y/o CI: COMIMSA, ITH y UNISON. Se observa la participación del ITESM como IES externa al clúster aeroespacial de Sonora.

Tabla 5.45 *Institución de Educación Superior/Centros de Investigación vinculadas a empresas en los proyectos PEI asociados al clúster aeroespacial de Sonora*

Nodo	Vinculaciones						TOTAL
	1	2	3	4	5	6	
1. PINNACLE	-	-	-	-	-	-	0
2. TECNODI	COMIMSA	ITH	UNISON	-	-	-	3
3. TETA KAWI	IEDD	ITESM	ITESM SONORA	ITH	UES	UTGUAY	6

TOTAL	9
-------	---

Nota: Elaboración propia con datos específicos del área industrial etiquetada como aeroespacial, conforme al padrón de beneficiarios del Programa de Estímulos a la Innovación durante el periodo 2009-2018 (Conacyt, 2020d).

5.5.10.3 Análisis de flujos de conocimiento del clúster aeroespacial de Sonora

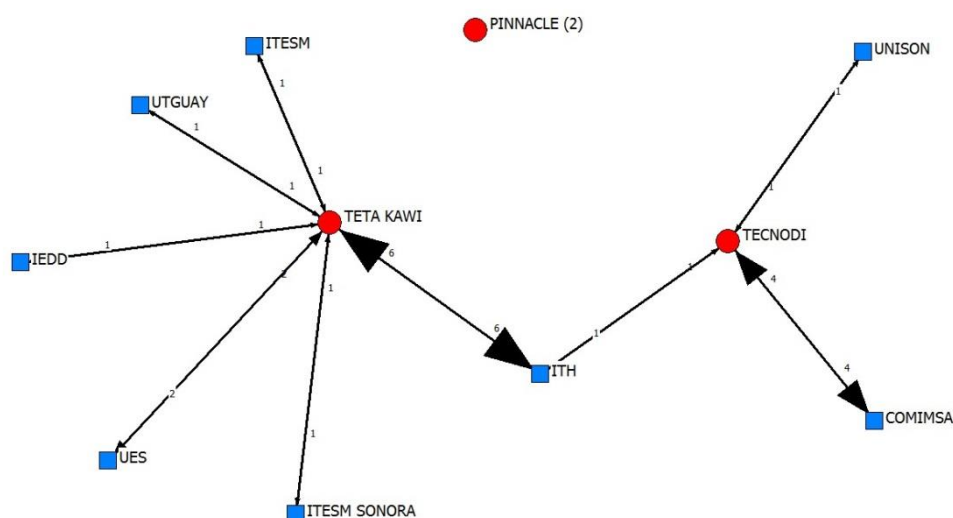
En la Figura 5.21 se muestra el diagrama de red del clúster aeroespacial de Sonora, el cual muestra los flujos de conocimiento entre actores. Los nodos en forma de círculo y en color rojo representan a las empresas. Los nodos en forma de cuadrado representan a las IES y/o CI. Las relaciones entre empresas con IES y/o CI se consideran duódicas porque se asume que el flujo de conocimiento es recíproco, situación que se ve representada con la dirección de las líneas en ambos sentidos y por el doble número sobre dichas líneas el cual se asocia a cada uno de los respectivos actores. La intensidad de la interacción se aprecia tanto por el grosor de las líneas que unen a los nodos como por el número indicado sobre éstas.

A partir de los proyectos aeroespaciales apoyados por el PEI a empresas del clúster aeroespacial de Sonora, en vinculación con IES y/o CI, se generó la red de flujos de conocimiento esquematizada en la Figura 5.21. Al amparo de esta representación, se hacen más evidentes las características de la red que cuenta con 10 nodos y uno aislado, con la participación de 3 empresas y 8 IES y/o CI, generando 9 vinculaciones y 18 ponderadas (agregadas) entre éstas. También, se aprecia la intensidad o frecuencia de la vinculación entre actores, es decir, el número de veces en que una empresa se vinculó con la misma IES y/o CI, generando de manera agregada 18 vinculaciones, entre las que destacan TETA KAWI con el ITH y TECNODI con COMIMSA en 6 y 4 ocasiones respectivamente, TETA KAWI y UES en dos ocasiones. Cada ocasión equivale a la participación en un proyecto.

Asimismo, se observa que la red está compuesta por un componente que consta de 10 nodos, con las empresas TETA KAWI y TECNODI, y las IES y/o CI ITESM, UTGUAY, IEDD, UES, ITESM SONORA, ITH, UNISON y COMIMSA. El nodo aislado se asocia a la empresa PINNACLE. Se observa que la empresa TETA KAWI, con seis proyectos vinculados, se vinculó con seis IES y/o CI participantes: ITESM, UTGUAY, IEDD, UES, ITESM SONORA e ITH. TECNODI con tres IES y/o CI: ITH, UNISON y COMIMSA.

En general, las vinculaciones observadas son una combinación de relaciones de corto y largo plazo, es decir, en la situación de TETA KAWI, cuenta con cuatro vínculos de un proyecto, relación de corto plazo, y cuenta con una de 6 proyectos, relación de largo plazo. De igual manera TECNODI, cuenta con dos vínculos de un proyecto, relación de corto plazo, y cuenta con una de 4 proyectos, relación de largo plazo. De los principales clústeres aeroespaciales mexicanos, Sonora fue el menos participativo en el PEI.

Figura 5.21 *Análisis de flujos de conocimiento en el clúster aeroespacial de Sonora*



Nota: Elaboración propia con datos específicos del área industrial etiquetada como aeroespacial, conforme al padrón de beneficiarios del Programa de Estímulos a la Innovación durante el periodo 2009-2018 (Conacyt, 2020d), con el apoyo del *software* libre UCINET 6 y Netdraw 2.176.

5.5.10.4 Indicadores del análisis de redes sociales del clúster aeroespacial de Sonora

Cabe recapitular que para el cálculo de los indicadores se ha considerado a la red como simétrica no dirigida, integrada por tres componentes conexos. De acuerdo con los indicadores de la Tabla 5.46, obtenidos a partir de la red generada por los proyectos aeroespaciales apoyados por el PEI, asociados al clúster aeroespacial de Sonora, TETA

KAWI con grado 6, es la empresa que obtuvo los indicadores de centralidad de grado más altos, luego TECNODI con grado 3 y la IES ITH con grado 2. Lo cual es una medida que indica el número de vínculos generados durante el periodo señalado. El grado normalizado (nGrado) indica la centralidad del nodo, es decir el porcentaje con el cual se acerca a tener una configuración en forma de estrella, donde todos los nodos se encuentran conectados a un paso del nodo sobre el que se calcula el grado.

Tabla 5.46 *Resultados del análisis de flujo de conocimiento en el clúster aeroespacial de Sonora*

Nodo	Grado	nGrado	Lejanía	Cercanía	Intermediación	nIntermediación	Eigenvector
1. TETA KAWI	6	60	14	0.526	30	66.667	0.449
2. ITH	2	20	16	0.460	18	40	0.362
3. TECNODI	3	30	20	0.368	15	33.333	0.321
4. COMIMSA	1	10	28	0.263	0	0	0.236
5. UES	1	10	22	0.335	0	0	0.3
6. ITESM	1	10	22	0.335	0	0	0.3
7. ITESM SONORA	1	10	22	0.335	0	0	0.3
8. UTGUAY	1	10	22	0.335	0	0	0.3
9. IEDD	1	10	22	0.335	0	0	0.3
10. UNISON	1	10	28	0.263	0	0	0.236
11. PINNACLE (2)	0	0	0	0	0	0	0.058

Nota: Elaboración propia con datos específicos del área industrial etiquetada como aeroespacial, conforme al padrón de beneficiarios del Programa de Estímulos a la Innovación durante el periodo 2009-2018 (Conacyt, 2020d). Los valores de los indicadores de centralidad de Grado, nGrado, Lejanía, Intermediación, nIntermediación y Eigenvector se estimaron con el apoyo del *software* libre UCINET 6, y los valores de Cercanía con la mejora propuesta por Wasserman-Faust (1994).

La cercanía representa la independencia o capacidad de un nodo (actor) de alcanzar a los otros actores de la red, sin depender de otros o siguiendo los caminos más cortos (distancias geodésicas), es contrario a la lejanía. El valor más alto en este indicador fue para la empresa TETA KAWI con un valor de 0.526, seguido de la IES ITH con un valor de 0.460 y la empresa TECNODI con 0.368.

Se ha mencionado que contar con un indicador de intermediación más alto indica estar en una posición ventajosa pues se puede retener, interrumpir o distorsionar el flujo de información o conocimiento que fluye por el nodo. En su forma normalizada indica el porcentaje de las intermediaciones en que puede influir respecto de las posibles en la red.

En esta situación, solo se encuentran tres actores: la empresa TETA KAWI con el mayor porcentaje (66.667%), seguida de la IES ITH con una intermediación normalizada de 40%, y la empresa TECNODI con 33.333%.

A diferencia del grado, la cercanía o la intermediación, el eigenvector no sólo indica un grado de conexión, sino también evalúa que los actores con los que está vinculado el nodo correspondiente estén conectados con nodos estratégicos u otros bien conectados, que les puedan brindar con mayor facilidad el acceso a información y/o conocimientos de terceros o por la experiencia de la relación con estos. Así, por los valores del eigenvector, se puede observar que los tres valores más altos pertenecen a la empresa TETA KAWI con 0.449, seguida de la IES ITH con 0.362, TECNODI con 0.321. Luego se tiene a las IES UES, ITESM, ITESM SONORA, UTGUAY e IEDD con 0.3, y por último están COMIMSA y la UNISON con 0.236. Los primeros tres actores (TETA KAWI, ITH y TECNODI) son los que se encuentran mejor posicionados por estar vinculados y más cerca de actores estratégicos en la red que les brindan una ventaja respecto a otros nodos, para obtener información y/o conocimiento de otros actores de la red.

Aunque la participación de las IES y/o CI dependen de la elección de las empresas, también se debe destacar que la elección se asocia a las capacidades reflejadas en el nivel de especialización técnica y administrativa de las IES y/o CI para satisfacer las necesidades de la empresa y del PEI. En esta idea, destacan las participaciones de TETA KAWI, ITH y TECNODI, al contar con los valores más altos en los indicadores de grado, cercanía, intermediación y el eigenvector, por estar en una posición estratégica dentro del mismo componente de la red con el mayor número de nodos.

En conclusión, es una red que cuenta con 11 nodos, 3 asociados a empresas y 8 a IES y/o CI, dividida en un componente y un nodo aislado. Si consideramos que el clúster aeroespacial de Sonora cuenta con 58 empresas aproximadamente, su nivel de participación en el PEI es del 6%, porcentaje muy bajo, sobre todo por el lado de las pequeñas y medianas empresas. Como parte de la estructura del conocimiento del clúster aeroespacial de Sonora, destacan por sus indicadores TETA KAWI, ITH y TECNODI por formar parte del mismo componente de red y por su posición dentro del mismo, al no quedar en la periferia, lo cual les restaría capacidad de intermediación.

Por lo anterior, tomando como referencia la participación de las empresas en el PEI e IES y/o CI, como un proceso de gestión del conocimiento de parte de los actores involucrados, también se puede concluir que sí hay una contribución en el desarrollo del clúster aeroespacial tanto por la participación de un porcentaje de las empresas como por el acompañamiento de las principales IES y CI del estado de Sonora. Además, se observan en su mayoría, relaciones de menor intensidad, que también son especializadas, con mayor amplitud y de plazos más cortos, que devienen en innovaciones incrementales o servicios tecnológicos. Los acompañamientos más intensos son los que tienen la empresa TETA KAWI con ITH y TECNODI con COMIMSA en 6 y 4 ocasiones respectivamente.

El mencionado desarrollo también se desenvuelve en un ambiente de innovación abierta, donde es característico concursar en convocatorias que brindan apoyos económicos de riesgo para la innovación, como una estrategia de gestión del conocimiento, y segundo, al contar con la participación de al menos una IES y/o CI, proveniente del exterior o de un estado distinto al asociado al clúster aeroespacial de Sonora. En particular me refiero a la participación del ITESM que es una organización establecida en otra entidad, externa al clúster.

5.5.11 Análisis de la red formada por los principales clústeres aeroespaciales mexicanos

A continuación, se caracteriza en función de las relaciones la red que resulta de la vinculación entre las empresas con las IES y CI, asociadas a los proyectos aeroespaciales apoyados por el PEI a empresas de los principales estados relacionados con los cinco clústeres aeroespaciales mexicanos más representativos. Primero se presenta la relación de empresas asociada al número de proyectos apoyados y a la modalidad de vinculación, es decir, si el proyecto se realizó con acompañamiento de IES y/o CI o no, además de mostrar el número de IES y/o CI con los que se asoció para la realización del total de los proyectos apoyados. Segundo, se muestra la red de flujo de conocimiento entre empresas con IES y/o CI, resultante de los apoyos otorgados por el PEI a proyectos aeroespaciales de empresas de los principales clústeres aeroespaciales. Tercero, se listan los principales indicadores básicos de centralidad de la red.

5.5.11.1 Número de vinculaciones por empresa y modalidad de vinculación

De acuerdo con la Tabla 5.47, el PEI brindó apoyo a 119 proyectos presentados por 49 empresas, de los cuales 97 se realizaron en modalidad vinculada y 22 en forma individual. Estos acompañamientos generaron 184 vinculaciones ponderadas, es decir, se contabiliza el número de veces que la empresa se vinculó con la misma IES y/o CI, y 112 vinculaciones en donde se contabiliza el número de IES y/o CI asociados a cada empresa con independencia del número de repeticiones. Durante el periodo indicado (2009-2018), sobresalen dos razones sociales por el número de proyectos aeroespaciales apoyados por el PEI, HONEYWELL ASL con un total de 12 proyectos, con 3 vinculados y 9 en modalidad individual, y HONEYWELL con 8 proyectos, 2 vinculados y 6 en modalidad individual. En seguida, con 6 proyectos apoyados están las empresas MESSIER y TETA KAWI con sus proyectos en modalidad vinculada e ITP con 3 vinculados y 3 individuales. Las empresas con el mayor número de vinculaciones ponderadas son: TURBORREACTORES con 16, TETA KAWI con 12, AISYSTEMS con 10 y QUETZAL con 9. De igual manera, las empresas con el mayor número de IES y/o CI vinculadas a sus proyectos fueron QUETZAL con 7, TETAKAWI y TURBOREACTORES con 6.

Tabla 5.47 Datos referentes a la vinculación en proyectos PEI asociados a los principales clústeres aeroespacial mexicanos

Empresa	Proyectos	Proyectos individuales	Proyectos vinculados	Número de vinculaciones ponderadas	Instituciones asociadas a las vinculaciones
1. 3G	2	0	2	7	4
2. ADD	1	1	0	0	0
3. ADEK	1	0	1	3	3
4. AIRTRAIN	1	0	1	3	3
5. AISYSTEMS	4	0	4	10	4
6. ALTAIDEA	1	0	1	2	2
7. ALTASER	4	0	4	8	2
8. AM DL	2	0	2	4	3
9. BOMBARDIER	2	0	2	2	2
10. CIAT	3	0	3	4	2
11. COMEQ	1	0	1	3	3
12. CORETOOL	1	0	1	2	2
13. CYBER	1	0	1	2	2
14. EST SUIT	1	0	1	1	1
15. EXSYS	1	0	1	3	3
16. FH TEC	1	1	0	0	0
17. FORJACHISA	1	0	1	2	2
18. GAI	1	0	1	2	2
19. GALNIK	2	0	2	3	2
20. GOALTECH	1	0	1	2	2
21. GOODRICH	3	0	3	3	1
22. HONEYWELL	8	6	2	2	2
23. HONEYWELL AES	1	0	1	2	2
24. HONEYWELL ASL	12	9	3	5	2
25. HONEYWELL ITA	3	0	3	6	2
26. HONEYWELL CHIH	3	0	3	3	1
27. INNOVATOOL	2	0	2	5	3
28. ITP	6	3	3	3	2
29. LABINAL	5	0	5	5	1
30. MAQ EXPRESS	1	0	1	2	2
31. MAQ REY	1	0	1	4	4
32. MESSIER	6	0	6	6	2
33. PINNACLE	2	2	0	0	0
34. PRAGMATEC	1	0	1	2	2
35. QUETZAL	2	0	2	9	7
36. RAPHSON	1	0	1	1	1
37. REAC QUIM	1	0	1	1	1
38. RFID	1	0	1	2	2
39. SAAA	2	0	2	2	1
40. SIMPLE	2	0	2	6	3
41. SNECMA	1	0	1	1	1
42. SOPI	4	0	4	8	2
43. TEC 2000	1	0	1	2	2
44. TEC MAQ	1	0	1	1	1
45. TECNODI	4	0	4	6	3
46. TETA KAWI	6	0	6	12	6
47. THUMBSAT	1	0	1	3	3
48. TSL UP	1	0	1	3	3

49. TURBORREACTORES	5	0	5	16	6
TOTALES	119	22	97	184	112

Nota: Elaboración propia con datos específicos del área industrial etiquetada como aeroespacial, conforme al padrón de beneficiarios del Programa de Estímulos a la Innovación durante el periodo 2009-2018 (Conacyt, 2020d).

5.5.11.2 Análisis de flujos de conocimiento de la red formada por los principales clústeres aeroespaciales mexicanos

En la Figura 5.22 se muestra el diagrama de red que se genera a partir de las vinculaciones entre empresas e IES y/o CI, promovidas por las reglas de participación para la obtención de recursos económicos complementarios del PEI, de los principales clústeres aeroespaciales mexicanos. El diagrama representa los flujos de conocimiento que se generan entre los actores a partir de la colaboración de las empresas con IES y/o CI. Los nodos en forma de círculo representan a las empresas. Los nodos en forma de cuadrado representan a las IES y/o CI. Los cuadros destacados en color verde, indican que las IES y/o CI colaboran con empresas de al menos dos clústeres diferentes. Las relaciones entre empresas con IES y/o CI se consideran duódicas porque se asume que el flujo de conocimiento es recíproco, situación que se ve representada con la dirección de las líneas en ambos sentidos y ponderadas por el grosor de la línea que las une, a mayor grosor mayor intensidad de la relación o vinculadas por más proyectos, lo cual es un indicador de relaciones de mayor plazo asociadas a innovaciones menos incrementales.

Figura 5.22 *Análisis de flujos de conocimiento en los principales clústeres aeroespaciales mexicanos*

CINVESTAV, UAC, ITESM QRO, CINVESTAV SALT, UPP, UACJ, UAQ, ITSES, UTT, UPBC, UTM, UTCH y CEL.

El segundo componente está compuesto por 11 nodos, con 4 empresas: TEC MAQ, TETA KAWI, IEDD, y TECNODI, y 7 IES y/o CI: ITESM, ITESM SONORA, UES, UTGUAY, ITH, UNISON y COMIMSA. Un tercer componente de 3 nodos con la empresa GOALTECH y dos IES: ITESM CHIH e ITCHIH. El cuarto componente de 2 nodos con la empresa HONEYWELL CHIH y la IES ITESM Monterrey. El último componente con la empresa RAPHSON y la IES BUAP. Los nodos aislados representan a las empresas ADD, PINNACLE y FH TEC. Estos nodos no están conectados a los componentes de la red porque representan empresas que solo presentaron proyectos en modalidad individual.

En la red, también se encuentran IES y/o CI establecidas en estados diferentes al de las empresas que acompañaron, es decir, externas a los clústeres al que las empresas pertenecen, entre las que se encuentran: UPP, UNAQ, CIMAV, UACH, UANL, IPN, U MON MORELOS, CIDESI, EISAC, CINVESTAV, UAC e ITESM. También se observan IES y/o CI con buena actividad de vinculación al interior del clúster donde están establecidas, entre las que destacan con al menos tres vinculaciones: CETYS, CIATEQ, CIDETEQ, CINVESTAV QRO, LA SALLE CHIH, UM, UNAQ, UANL, CIMAV, U MON MORELOS, EISAC y CIDESI. También destacan las siguientes empresas por la intensidad de la vinculación: MESSIER, TURBORREACTORES, ALTASER, SOPI, LABINAL, AISYSTEMS, TETA KAWI Y TECNODI. Estas últimas empresas, cuentan con relaciones de mayor plazo con IES y/o CI, que suelen asociarse a innovaciones menos incrementales.

5.5.11.3 Indicadores del análisis de redes sociales de la red formada por los principales clústeres aeroespaciales mexicanos

Cabe recapitular que para el cálculo de los indicadores se ha considerado a la red como simétrica no dirigida, integrada por cinco componentes conexos y tres nodos aislados. De acuerdo con los indicadores de la Tabla 5.48, obtenidos a partir de la red generada por los proyectos aeroespaciales apoyados por el PEI, asociados a los principales clústeres aeroespacial de México, las empresas con el grado y grado normalizado (G , nG) más alto son: QUETZAL (7, 7.955), TURBORREACTORES y TETA KAWI (6, 6.818) cada una. Las IES y/o CI con los grados más altos son: UNAQ y UANL (10, 11.364) cada una, U

MON MORELOS (9, 10.227), EISAC (8, 9.091), CIMAV (7, 7.955) y CIDESI con (6, 6.818). El grado se considera como una medida que indica el número de vínculos generados con organizaciones diferentes durante el periodo señalado. El grado normalizado (nGrado) indica la centralidad del nodo, es decir el porcentaje con el cual se acerca a tener una configuración en forma de estrella, donde todos los nodos se encuentran conectados a un paso del nodo sobre el que se calcula el grado.

Tabla 5.48 *Resultados del análisis de flujo de conocimiento de los principales clústeres aeroespaciales mexicanos*

	Nodo	Grado	nGrado	Lejanía	Cercanía	Intermediación	nIntermediación	Eigenvector
1.	UNAQ	10	11.364	196	0.257	895.041	21.857	0.186
2.	CIMAV	7	7.955	220	0.229	435.301	10.63	0.158
3.	TURBORREACTORES	6	6.818	220	0.229	371.682	9.076	0.16
4.	TETA KAWI	6	6.818	16	0.070	38	0.928	0.007
5.	UANL	10	11.364	208	0.242	743.521	18.157	0.175
6.	U MON MORELOS	9	10.227	282	0.179	218.955	5.347	0.141
7.	AISYSTEMS	4	4.545	256	0.197	137.05	3.347	0.136
8.	CIDETEQ	5	5.682	278	0.181	126.951	3.1	0.126
9.	EISAC	8	9.091	284	0.178	133.566	3.262	0.138
10.	LA SALLE CHIH	4	4.545	344	0.147	3	0.073	0.1
11.	CIATEQ	3	3.409	228	0.221	105.113	2.567	0.144
12.	QUETZAL	7	7.955	182	0.277	1096.376	26.774	0.187
13.	CIDESI	6	6.818	242	0.208	314.586	7.682	0.143
14.	CETYS	4	4.545	306	0.165	322.504	7.876	0.108
15.	SOPi	2	2.273	284	0.178	15.75	0.385	0.115
16.	ALTASER	2	2.273	284	0.178	15.75	0.385	0.115
17.	ITH	2	2.273	19	0.059	21	0.513	0.006
18.	3G	4	4.545	248	0.203	172.471	4.212	0.142
19.	UACH	3	3.409	238	0.212	84.167	2.055	0.139
20.	IPN	4	4.545	214	0.236	392.46	9.584	0.151
21.	MESSIER	2	2.273	300	0.168	15.589	0.381	0.111
22.	UABC	2	2.273	432	0.117	66	1.612	0.072
23.	SIMPLE	3	3.409	258	0.195	72.05	1.759	0.132
24.	HONEYWELL ITA	2	2.273	368	0.137	130	3.175	0.086
25.	TECNODI	3	3.409	24	0.047	17	0.415	0.006
26.	INNOVATOOL	3	3.409	344	0.147	43.847	1.071	0.106
27.	LABINAL	1	1.136	286	0.176	0	0	0.111
28.	HONEYWELL ASL	2	2.273	294	0.172	130.367	3.184	0.111
29.	COMIMSA	1	1.136	33	0.034	0	0	0.005
30.	CINVESTAV QRO	3	3.409	282	0.179	42.964	1.049	0.119
31.	CIAT	2	2.273	290	0.174	10.871	0.265	0.111
32.	AM DL	3	3.409	236	0.214	79.627	1.944	0.141
33.	MAQ REY	4	4.545	246	0.205	195.344	4.77	0.146
34.	TSL UP	3	3.409	258	0.195	131	3.199	0.131
35.	THUMBSAT	3	3.409	258	0.195	98	2.393	0.131
36.	ITESM Monterrey	1	1.136	1	0.011	0	0	0.005
37.	UM	3	3.409	278	0.181	131.17	3.203	0.119
38.	ITP	2	2.273	238	0.212	54.052	1.32	0.136
39.	GOODRICH	1	1.136	498	0.101	0	0	0.061

40. AIRTRAIN	3	3.409	258	0.195	131	3.199	0.131
41. HONEYWELL CHIH	1	1.136	1	0.011	0	0	0.005
42. ADEK	3	3.409	260	0.194	50.19	1.226	0.134
43. GALNIK	2	2.273	272	0.185	25.477	0.622	0.117
44. COMEQ	3	3.409	260	0.194	50.19	1.226	0.134
45. EXSYS	3	3.409	260	0.194	50.19	1.226	0.134
46. RFID	2	2.273	268	0.188	105.817	2.584	0.119
47. CINVESTAV	2	2.273	408	0.124	0.611	0.015	0.085
48. BOMBARDIER	2	2.273	340	0.148	2.7	0.066	0.099
49. ALTAIDEA	2	2.273	272	0.185	32.5	0.794	0.122
50. HONEYWELL AES	2	2.273	370	0.136	66	1.612	0.085
51. HONEYWELL	2	2.273	266	0.190	235.137	.742	0.118
52. ITESM	2	2.273	23	0.049	9	0.22	0.006
53. SAAA	1	1.136	274	0.184	0	0	0.119
54. PRAGMATEC	2	2.273	260	0.194	32	0.781	0.128
55. GOALTECH	2	2.273	2	0.022	1	0.024	0.005
56. TEC 2000	2	2.273	346	0.146	0.236	0.006	0.104
57. UES	1	1.136	25	0.045	0	0	0.006
58. UAC	1	1.136	324	0.156	0	0	0.098
59. CORETOOL	2	2.273	346	0.146	0.236	0.006	0.104
60. MAQ EXPRESS	2	2.273	346	0.146	21.5	0.525	0.102
61. ITESM QRO	2	2.273	238	0.212	21.59	0.527	0.136
62. CINVESTAV SALT	2	2.273	336	0.150	0.5	0.012	0.097
63. FORJACHISA	2	2.273	284	0.178	15.75	0.385	0.115
64. UPP	2	2.273	322	0.157	1	0.024	0.102
65. GAI	2	2.273	284	0.178	15.75	0.385	0.115
66. CYBER	2	2.273	272	0.185	32.5	0.794	0.122
67. BUAP	1	1.136	1	0.011	0	0	0.005
68. EST SUIT	1	1.136	344	0.147	0	0	0.091
69. REAC QUIM	1	1.136	274	0.184	0	0	0.119
70. SNECMA	1	1.136	344	0.147	0	0	0.094
71. UNISON	1	1.136	33	0.034	0	0	0.005
72. RAPHSO	1	1.136	1	0.011	0	0	0.005
73. ITCHIH	1	1.136	3	0.015	0	0	0.005
74. ITESM CHIH	1	1.136	3	0.015	0	0	0.005
75. UACJ	1	1.136	322	0.157	0	0	0.1
76. TEC MAQ	1	1.136	32	0.035	0	0	0.006
77. ITESM SONORA	1	1.136	25	0.045	0	0	0.006
78. UAQ	1	1.136	324	0.156	0	0	0.098
79. ITSES	1	1.136	324	0.156	0	0	0.098
80. UTT	1	1.136	324	0.156	0	0	0.098
81. UPBC	1	1.136	436	0.116	0	0	0.07
82. IEDD	1	1.136	25	0.045	0	0	0.006
83. UTGUAY	1	1.136	25	0.045	0	0	0.006
84. UTM	1	1.136	324	0.156	0	0	0.098
85. UTCH	1	1.136	322	0.157	0	0	0.1
86. CEL	1	1.136	324	0.156	0	0	0.098
87. ADD	0	0.000	0	0.000	0	0	0.004
88. FH TEC	0	0.000	0	0.000	0	0	0.004
89. PINNACLE (2)	0	0.000	0	0.000	0	0	0.004
90. HONEYWELL ASL (9)	0	0.000	0	0.000	0	0	0.004
91. HONEYWELL (6)	0	0.000	0	0.000	0	0	0.004
92. ITP (3)	0	0.000	0	0.000	0	0	0.004

Nota: Elaboración propia con datos específicos del área industrial etiquetada como aeroespacial, conforme al padrón de beneficiarios del Programa de Estímulos a la Innovación durante el periodo 2009-2018 (Conacyt, 2020d). Los valores de los indicadores de centralidad de Grado, nGrado, Lejanía, Intermediación, nIntermediación y Eigenvector se estimaron con el apoyo del *software* libre UCINET 6, y los valores de

La cercanía representa la independencia o capacidad de un nodo (actor) de alcanzar a los otros actores de la red, sin depender de otros o siguiendo los caminos más cortos (distancias geodésicas). Los valores más altos en este indicador para las empresas son los siguientes: QUETZAL con 0.277, TURBORREACTORES con 0.229, AM DL 0.214, ITP 0.212, MAQ REY 0.205 y 3G 0.203. Los valores más altos para las IES y/o CI son: UNAQ con 0.257, UANL con 0.242, IPN con 0.236, CIMAV con 0.229, CIATEQ con 0.221, UACH con 0.212, ITESM QRO con 0.212 y CIDESI con 0.208.

Se ha mencionado que contar con un indicador de intermediación más alto indica estar en una posición ventajosa pues se puede retener, interrumpir o distorsionar el flujo de información o conocimiento que fluye por el nodo. En su forma normalizada indica el porcentaje de las intermediaciones en que puede influir respecto de las posibles en la red. En esta situación, las empresas con más influencia sobre otras por la información que fluye a través de sus nodos son: la empresa QUETZAL con un porcentaje de 26.774%, TURBORREACTORES CON 9.076 % y HONEYWELL con 5.742%. Ahora, las IES y/o CI con los valores más altos son: la UNAQ con una intermediación normalizada de 21.857%, la UANL con 18.157%, CIMAV con 10.63%, IPN con 9.584, CETYS con 7.876 y CIDESI con 7.682. Estas organizaciones tienen la capacidad de fungir como intermediarios y/o gestores entre otros pares de nodos con los que tienen vinculación directa e indirectamente.

A diferencia del grado, la cercanía o la intermediación, el eigenvector no sólo indica un grado de conexión, sino también evalúa que los actores con los que está vinculado el nodo correspondiente estén conectados con nodos estratégicos u otros bien conectados, que les puedan brindar con mayor facilidad el acceso a información y/o conocimientos de terceros o por la experiencia de la relación con estos. Así, los valores más altos del eigenvector para las empresas son: QUETZAL con 0.187, TURBOREACTORES con 0.16, MAQ REY con 0.146, 3G con 0.142, AM DL con 0.141. Luego, los valores más altos para las IES y/o CI son para: UNAQ con 0.186, UANL con 0.175, CIMAV con 0.158, IPN con 0.151, CIATQ con 0.144 y CIDESI con 0.143. Estos actores se encuentran mejor posicionados por estar

más cerca de actores estratégicos en la red, que les brindan una ventaja respecto a otros nodos, para obtener información y/o conocimiento de otros actores de la red.

Aunque la participación de las IES y/o CI dependen de la elección de las empresas, también se debe destacar que la elección se asocia a las capacidades reflejadas en el nivel de especialización técnica y administrativa de las IES y/o CI para satisfacer las necesidades de las empresas y del PEI. En esta idea, como parte de la infraestructura del conocimiento destacan las participaciones de las IES y/o CI UNAQ, UANL, CIMAV, y las empresas: TURBORREACTORES, QUETZAL, 3G TETA KAWI, ITH y TECNODI, al contar con los valores más altos en los indicadores de grado, cercanía, intermediación y el eigenvector, por estar en una posición estratégica dentro del mismo componente de la red con el mayor número de nodos.

5.6 Análisis factorial del clúster aeroespacial de Baja California.

El análisis factorial tiene como objetivo simplificar las múltiples y complejas relaciones que puedan existir entre un conjunto de variables observadas. Trata de encontrar un conjunto de factores no directamente observables que expliquen suficientemente a las variables observadas perdiendo el mínimo de información, de modo que sean fácilmente interpretables y que sean las menos posibles. Es una técnica de reducción de datos que examina la interdependencia de variables y proporciona conocimiento de la estructura subyacente de los datos. En el análisis factorial las relaciones entre las variables observadas están dadas por su matriz de correlaciones, de modo que, a partir de los coeficientes de correlación para el conjunto de variables observadas, se estudia si subyace algún patrón de relaciones tal que los datos puedan ser reordenados a un conjunto menor de factores que podemos considerar como variables que recogen y resumen las interrelaciones observadas en los datos. Esta presunción de existencia de variables subyacentes es la condición clave del Análisis factorial (Pérez, 2004).

5.6.1 El modelo factorial

Se consideran las variables observables $X_1, X_2, \dots, X_9$ como variables tipificadas para formalizar la relación entre variables observables y factores definiendo el modelo factorial de la siguiente forma:

$$\begin{aligned}
X_1 &= I_{11}F_1 + I_{12}F_2 + \cdots + I_{1K}F_K + e_1 \\
X_2 &= I_{21}F_1 + I_{22}F_2 + \cdots + I_{2K}F_K + e_2 \\
&\vdots \\
X_p &= I_{p1}F_1 + I_{p2}F_2 + \cdots + I_{pK}F_K + e_k
\end{aligned}$$

En este modelo, $F_1, F_2 \dots F_k$ son los factores comunes; $e_1, e_2 \dots e_k$ son los factores únicos o factores específicos y I_{pk} es el peso del factor k en la variable p , denominado también carga factorial o saturación de la variable p en el factor k . Según la formulación del modelo, cada una de las p variables observables es una combinación lineal de k factores comunes a todas las variables ($k < p$) y de un factor único para cada variable. Así pues, todas las variables originales están influenciadas por todos los factores comunes, al mismo tiempo que para cada variable existe un factor único que es específico para esa variable. Tanto los factores comunes como los específicos son variables no observables. El modelo factorial en forma matricial se expresa como sigue:

$$\begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ \vdots \\ X_p \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} I_{11} & I_{12} & \dots & I_{1k} \\ I_{21} & I_{22} & \dots & I_{2k} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ I_{p1} & I_{p2} & \dots & I_{pk} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} F_1 \\ F_2 \\ \vdots \\ F_k \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \\ \vdots \\ e_K \end{bmatrix}$$

o lo que es lo mismo:

$$X = LF + e$$

5.6.2 Descripción del procedimiento para aplicar el análisis factorial

Para obtener el peso que tienen algunas variables a través de factores no observados se utilizó el método de análisis factorial exploratorio. Para realizar el análisis factorial se empleó el software estadístico *SPSS Statistics* 26 aplicando el método de componentes principales para la obtención de los factores y VARIMAX para la rotación de los factores. El procedimiento de análisis factorial de SPSS ofrece un alto grado de flexibilidad ya que existen siete métodos de extracción factorial disponibles, cinco métodos de rotación de los factores y tres métodos disponibles para calcular las puntuaciones factoriales. A continuación, se hace una descripción de las consideraciones que se deben guardar en el procedimiento para la realización del análisis factorial.

5.6.2.1 Datos sujetos al análisis factorial

En cuanto a los datos, las variables deberán ser cuantitativas a nivel de intervalo o de razón. Los datos categóricos (como la religión o el país de origen) no son adecuados para el análisis factorial. Los datos para los cuales razonablemente se pueden calcular los coeficientes de correlación de Pearson, deberían ser adecuados para el análisis factorial. Las observaciones deben ser independientes.

5.6.2.2 Diagnósticos de pertinencia del análisis factorial

Para la aplicación del análisis factorial, es importante evaluar primero la pertinencia de este tipo de análisis y, segundo, el grado de ajuste de la solución (número de factores y rotación) que se adopte. Para hacer la evaluación y el ajuste de la solución, el trabajo se apoya de la matriz de correlaciones, el determinante de la matriz de correlaciones, la prueba de esfericidad de Bartlett, el índice Kaiser-Meyer-Olkin (KMO), la matriz de correlación anti-imagen y las comunalidades que se describen a continuación.

5.6.2.2.1 Matriz de correlaciones

El análisis factorial examina la interdependencia de las variables observadas. Una forma de observar las relaciones es a través de la matriz de correlaciones entre las variables observadas, de modo que, la capacidad de reducción de datos, surge a partir de estudiar si subyace algún patrón de relaciones tal que los datos puedan ser reordenados a un conjunto menor de factores, que podemos considerar como variables que recogen y resumen las interrelaciones observadas en los datos. Valores altos en la matriz de correlaciones son síntoma de posible intercorrelación entre las variables implicadas.

Paralelamente, para evaluar la pertinencia del análisis factorial la literatura sugiere realizar las pruebas asociadas al determinante de la matriz de correlaciones, la prueba de esfericidad de Bartlett y el Índice Kaiser-Meyer-Olkin.

5.6.2.2.2 Determinante de la matriz de correlaciones

Si el determinante de la matriz de correlaciones es muy bajo, las intercorrelaciones entre variables son altas, y es factible continuar con el análisis factorial, en caso de ser cero, significa independencia de variables (Garmendia, 2007).

5.6.2.2.3 Prueba de esfericidad de Bartlett

La prueba de esfericidad de Bartlett es una prueba de contraste que nos dice si es o no es significativa la hipótesis nula de variables iniciales, es decir, rechazar o aceptar la hipótesis de que la matriz de correlación sea una matriz identidad. Para que tenga sentido aplicar el análisis factorial los valores de significación en la prueba de Bartlett deben tener un p -valor menor a 0.05 (Alaminos, et. al., 2015).

5.6.2.2.4 Índice Kaiser-Meyer-Olkin (KMO)

El Índice Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) se utiliza para comprobar las magnitudes de los coeficientes de correlación observados con los coeficientes de correlación parcial. El coeficiente de correlación parcial entre dos variables sería equivalente al coeficiente de correlación entre los factores únicos de esas dos variables. Es un indicador de una adecuación correcta de los datos a un modelo de análisis factorial. Los valores del KMO van de 0 a 1. Por debajo de 0.5 no serán aceptables. Por encima de 0.5 se considera aceptable, mientras más cerca estén de 1 mejor es la adecuación de los datos a un modelo factorial, considerándose ya excelente la adecuación para valores de KMO próximos a 0,9, un $KMO \geq 0.75$ se considera aceptable (Pérez, 2004). Como orientación de los valores KMO, se entiende que coeficientes entre 0.80 hasta 0.89 puede considerarse meritorio, mientras que 0.70 hasta 0.79 puede considerarse aceptable y 0.60 a 0.69 mediocre. Un coeficiente de 0.50 hasta 0.59 podría considerarse insuficiente, y ya por debajo de 0.49 sería inaceptable (Alaminos, et. al., 2015).

5.6.2.2.5 Matriz de correlación anti-imagen

Al igual que se calcula un coeficiente para todos los pares de variables (KMO), es también posible calcular el coeficiente para cada variable individualmente. Este coeficiente se denomina Coeficiente de Adecuación Muestral (MSA por sus siglas en inglés) y se observa en la diagonal de la matriz de correlación anti-imagen (AIC). Los valores de la diagonal de esta matriz son similares al estadístico KMO y es conveniente que sean elevados cercanos a la unidad para poder efectuar un análisis factorial. Variables con coeficientes excesivamente bajos, podría considerarse la idea de suprimirlas del análisis factorial. Si en la matriz (fuera de la diagonal) existe un número excesivo de coeficientes elevados, habría nuevamente que abandonar la idea de efectuar un análisis factorial.

5.6.2.2.6 Comunalidades

Otra referencia a tomar en cuenta en la pertinencia del análisis factorial es el coeficiente de correlación múltiple al cuadrado entre una variable y todas las demás, el cual es un indicador de la fuerza de asociación lineal entre variables (Alaminos, et. al., 2015). Por las propiedades del coeficiente de correlación se deduce que la suma en horizontal de los cuadrados de las cargas factoriales de una variable en todos los factores (componentes) retenidos es la parte de dispersión total de la variable explicada por el conjunto de k componentes. Esta suma de cuadrados se denomina comunalidad (Pérez, 2004).

Si el método de extracción es el de Componentes Principales, al inicio del análisis a cada variable se le concede una comunalidad de 1. Es tras la extracción que se determinará la comunalidad de cada variable en el contexto de la estructura factorial estimada. Aquellas variables con coeficientes de comunalidad bajos, (R^2 múltiple) serían buenas candidatas para ser eliminadas, en el proceso de optimizar la relación entre factores y variables (Alaminos, et. al., 2015).

5.6.2.3 La estructura factorial

Los procedimientos que evalúan la pertinencia del análisis factorial están orientados a determinar la consistencia entre la estructura de los datos (variables) y la estructura factorial (estructura latente) que se propone. Los coeficientes deben orientarnos en las decisiones que se requiere tomar acerca de la inclusión o exclusión de variables en el análisis factorial, e incluso sugerir ideas de otros significados en la varianza recogida por las variables, diferentes a la intención original de medición. Establecer de forma empírica la estructura factorial, y la relación entre factores y variables, depende de lo que se conoce como métodos de extracción de los factores. El método que se utiliza en el presente trabajo para la extracción de los factores es el de componentes principales, en donde se forman combinaciones lineales entre las variables observadas (Alaminos, et. al., 2015).

Además de las referencias estadísticas y las diferentes concepciones de bondad de ajuste, es esencial que el criterio fundamental para determinar cuántos factores se requiere y dirija la interpretación de la solución factorial sea de carácter teórico. Para ayudar a tomar esa decisión se pueden considerar varios aspectos de tipo estadístico y teórico. Recordando siempre que el significado teórico es el más sustantivo, el estadístico es simplemente

instrumental. Como herramientas para determinar la estructura el trabajo se apoya de la varianza total explicada y el gráfico de sedimentación.

5.6.2.3.1 Varianza total explicada

Aquí, se genera la matriz de varianza total explicada, que consta de cuatro secciones, primero los componentes o número de factores posibles. Segundo, los autovalores iniciales, que son las varianzas que se le puede atribuir a cada factor, donde el primer componente principal sería la combinación que da cuenta de la mayor cantidad de varianza total, seguido del componente principal con la segunda mayor cantidad de varianza, y así sucesivamente se adicionan componentes que explican cada vez partes más pequeñas de la varianza total, y que además no están correlacionados entre ellos; al realizar la selección de factores quedará una parte de la varianza total sin explicar. Tercero, la suma de cargas al cuadrado de la extracción y cuarto la suma de cargas al cuadrado de la rotación.

5.6.2.3.2 Gráfico de sedimentación

El propósito y recomendación del diagrama de sedimentación es mantener los factores cuyos coeficientes caen abruptamente y eliminar aquellos que permanecen en un nivel semejante. Para esto se grafica de forma secuenciada la varianza explicada por cada factor (autovalores). La solución correcta, es decir el número de factores a conservar, son aquellos que muestran saltos importantes entre la varianza que explican y la explicada por el siguiente factor. Cuando la varianza explicada por los factores siguientes es poco significativa con respecto a los anteriores, se entiende que estos factores no son relevantes estadísticamente. Para retener aquellos factores que tienen un sentido teórico evidente, los criterios teóricos y analíticos deben prevalecer sobre los estrictamente estadísticos, no obstante, las orientaciones estadísticas son útiles, pero no deben ni pueden suprimir la responsabilidad que tiene el investigador de decidir. Para ello, un aspecto muy importante es valorar la relación entre las variables y los factores (Alaminos, et. al., 2015).

5.6.2.4 Extracción de factores

La relación empírica entre las variables y los factores se determina a través de la carga factorial, que se expresa en forma de matriz, donde las filas representan a las variables y las columnas a los factores iniciales. Dependiendo del método de extracción de los factores

utilizado, es el nombre que se le asigna a la matriz. En nuestro caso al utilizar como método de ajuste el de componentes principales se le denominará matriz de componentes. Para realizar la extracción y determinar los factores el trabajo se apoya de la matriz de componente, la matriz de componente rotado y el gráfico de componentes en espacio rotado.

5.6.2.4.1 Matriz de componente

La matriz de componentes se genera a partir de la ejecución del análisis factorial, con una primera solución no optimizada que expresa la relación de cada variable con los factores que han sido elegidos (ya sea por la magnitud de su autovalor o por criterios teóricos) para permanecer en el modelo. Los coeficientes generados expresan la variable estandarizada en función de los factores y son llamados cargas factoriales, dado que indican cuanto peso se le asigna a cada factor en su relación con las variables. Los factores con coeficientes más elevados en valor absoluto expresan una relación más intensa entre esa variable y el factor.

5.6.2.4.2 Matriz de componente rotado

Con la rotación de los factores, se transforma la solución factorial inicial en otro tipo de solución preferida y optimizada con factores más claros y consistentes en la solución para su interpretación. La rotación de componentes iniciales no cambia las comunalidades ni la proporción de varianza explicada por todos ellos, sin embargo, los coeficientes que dependen directamente de la posición de los componentes respecto a las variables originales, cargas factoriales y autovalores, se ven alterados por la rotación. La rotación de los ejes que definen los componentes principales optimiza los factores, hace que los componentes estén bien relacionados con pocas variables (coeficientes de correlación r próximos a 1 ó - 1) y mal con las demás (r próximos a 0).

Existen varios tipos de rotaciones, pero la que se utiliza en el presente trabajo es la rotación VARIMAX, que es utilizada para conseguir que cada componente rotado (en vertical, en la matriz de cargas factoriales) presente altas correlaciones sólo con unas cuantas variables, rotación a la que suele aplicarse la llamada normalización de Kaiser para evitar que componentes con mayor capacidad explicativa, que no tienen por qué coincidir con la mejor interpretabilidad, pesen más en el cálculo y condicionen la rotación. Esta

rotación, la más frecuentemente utilizada, es adecuada cuando el número de componentes es reducido.

5.6.2.4.3 Gráfico de componentes en espacio rotado

El grafico de componentes en espacio rotado muestra la relación de las variables respecto de los factores, mediante puntos que representan cada variable por medio de dos coordenadas que miden los coeficientes de correlación de dicha variable con los dos factores o componentes considerados.

5.6.3 Aplicación del Análisis Factorial

5.6.3.1 Se identifican las variables y se genera la base de datos

Para aplicar el análisis factorial se partió de la integración de variables con la información disponible provenientes de diferentes bases de datos de uso libre que estuvieran asociadas con actividades, procesos e infraestructura que favorecen positivamente la gestión del conocimiento. En este sentido, para mostrar cómo la gestión del conocimiento contribuye positivamente al desarrollo del clúster aeroespacial de Baja California en un ambiente de innovación abierta, se identificó el conjunto de variables de naturaleza económica y técnica con datos anuales para Baja California durante el periodo 2003 – 2018 mostrado en la Tabla 5.49, mismo que se sometió al análisis factorial exploratorio, para extraer factores no observados que coadyuvan a la gestión del conocimiento.

Tabla 5.49 *Variables sometidas al análisis factorial.*

Variable	Descripción	Fuente
LyT	Egresados de los niveles técnico superior y licenciatura en modalidades escolarizada y no escolarizada en áreas de ingeniería, manufactura y construcción, ciencias naturales, matemáticas y estadística de Baja California.	ANUIES
POST	Egresados de posgrado (especialidad, maestría y doctorado) en modalidades escolarizada y no escolarizada de áreas de ingeniería, manufactura y construcción, ciencias naturales, matemáticas y estadística de Baja California.	ANUIES
ELYP	Egresados de los niveles técnico superior, licenciatura y posgrado en modalidades escolarizada y no escolarizada de áreas de ingeniería,	ANUIES

	manufactura y construcción, ciencias naturales, matemáticas y estadística de Baja California.	
SNIC	Miembros del sistema nacional de investigadores con nivel de candidatos (C) en las áreas de Ingeniería y Ciencias Físico Matemáticas y de la Tierra de Baja California.	CONACYT
SNI1	Miembros del sistema nacional de investigadores con nivel uno en las áreas de Ingeniería y Ciencias Físico Matemáticas y de la Tierra de Baja California.	CONACYT
SNI2	Miembros del sistema nacional de investigadores con nivel dos de las áreas de Ingeniería y Ciencias Físico Matemáticas y de la Tierra de Baja California.	CONACYT
SNI3	Miembros del sistema nacional de investigadores con nivel tres de las áreas de Ingeniería y Ciencias Físico Matemáticas y de la Tierra de Baja California.	CONACYT
SNI	Miembros del sistema nacional de investigadores en las áreas de Ingeniería y Ciencias Físico Matemáticas y de la Tierra de Baja California.	CONACYT
IED	Inversión extranjera directa en millones de pesos en Baja California, según SCIAN 3364 fabricación de equipo aeroespacial. Base Julio 2019=100 (SCIAN 2013) > Actividades secundarias sin petróleo.	Secretaría de Economía
EMP	Empresas aeroespaciales establecidas en el clúster aeroespacial de Baja California.	Varias fuentes
POT	Personal ocupado total en Baja California. Comprende a todas las personas que trabajaron durante el periodo de referencia dependiendo contractualmente o no de la unidad económica, sujetas a su dirección y control.	INEGI
PBTPOT	Producción bruta total por personal ocupado total (Pesos) en Baja California. Valor de todos los bienes y servicios producidos o comercializados por la unidad económica como resultado del ejercicio de sus actividades, comprendiendo el valor de productos elaborados.	INEGI
VACB	Valor agregado censal bruto (millones de pesos) en Baja California. Es el valor de la producción que se añade durante el proceso de trabajo por la actividad creadora y de transformación del personal ocupado, el capital y la organización (factores de la producción)	INEGI
VAPPO	Valor agregado en promedio por persona ocupada (Pesos) en Baja California. Valor adicional que en promedio generó cada persona ocupada a la producción, durante cada etapa del proceso de trabajo. Resulta de dividir el valor agregado entre el personal ocupado total.	INEGI
EXPORT	Exportaciones de Baja California por subsector, 336 fabricación de	INEGI

Nota: Fuente: Elaboración propia.

Como el análisis factorial es una herramienta que mediante un proceso de reducción de variables ayuda a determinar aquellas que son de interés para el investigador en su tarea de comprobar su hipótesis. Después de someter al análisis factorial el conjunto de variables listado en la Tabla 5.49, éste se redujo a sólo siete variables: LyT, POST, SIN, IED, EMP, VACB y VAPPO, por ser el conjunto de variables que mejor se ajusta a la estructura del análisis factorial.

Los datos asociados a la relación de variables observadas que finalmente se sometieron al análisis factorial, son datos anuales para Baja California durante el periodo 2003-2018 que se muestran en la Tabla 5.50. Se consideró este periodo de años porque 2003 es el año a partir del cual en la mayoría de las variables se encuentra información sistematizada, y hasta el 2018 por la disponibilidad de información para todas las variables. Como la información se manejó para el estado de Baja California, y a nivel de rama, sector aeroespacial, la fuente de información para algunas variables está limitada a censos económicos que son quinquenales.

Tabla 5.50 *Relación de variables empleadas para el Análisis Factorial*

AÑO	Variables observadas						
	LyT	POST	SNI	IED	EMP	VACB	VAPPO
2003	1,067.00	103.00	192.00	541.23	0.00	530.92	17,4473.87
2004	1,109.00	109.00	209.00	471.01	0.00	561.28	17,5773.94
2005	1,152.00	116.00	199.00	581.55	0.00	593.38	17,7083.69
2006	1,198.00	122.00	240.00	338.11	39.00	627.31	17,8403.20
2007	1,245.00	130.00	240.00	106.26	39.00	663.19	17,9732.55
2008	1,293.00	137.00	244.00	174.04	50.00	701.11	18,1071.80
2009	1,344.00	145.00	250.00	372.53	50.00	867.91	19,3049.59
2010	1,397.00	154.00	265.00	302.84	51.00	1,074.38	20,5819.70

2011	2,019.00	130.00	283.00	782.05	51.00	1,329.98	21,9434.54
2012	1,544.00	141.00	305.00	772.34	53.00	1,646.38	23,3950.00
2013	1,771.00	115.00	326.00	729.94	59.00	2,038.06	24,9425.65
2014	1,837.00	144.00	344.00	1,548.92	76.00	2,398.65	26,9318.29
2015	1,998.00	163.00	372.00	1,168.57	70.00	2,823.04	29,0797.45
2016	2,303.00	244.00	392.00	1,473.32	86.00	3,322.52	31,3989.64
2017	2,477.00	210.00	403.00	1,194.78	86.00	3,910.38	33,9031.51
2018	2,535.00	170.00	428.00	527.73	87.00	4,602.24	36,6070.55

Fuente: Elaboración propia con datos de:

-LyT y POST de ANUIES. Anuarios estadísticos (varios años): Población escolar licenciatura y técnico superior universitario, y Población escolar de posgrado. Los años 2004 a 2009 se generaron a partir de la tasa media anual de crecimiento.

-SNI de CONACYT. Padrón del Sistema Nacional de Investigadores.

-IED de Secretaría de Economía. Información estadística de flujos de IED hacia México por entidad federativa desde 1999. Las cantidades se convirtieron de dólares a pesos utilizando el tipo de cambio promedio del año, y deflactando las cantidades con base julio 2019=100 (SCIAN 2013) > Actividades secundarias sin petróleo, en millones de pesos.

-VACB de INEGI, Censos económicos 2003, 2008, 2013 y 2018. Años intermedios se generaron a partir de la tasa media anual de crecimiento. En millones de pesos.

-VAPPO de INEGI, Censos económicos 2003, 2008, 2013 y 2018. Años intermedios se generaron a partir de la tasa media anual de crecimiento. En pesos.

-EMP de varias fuentes: año 2006 y 2007 (Hualde y Carrillo, 2007); año 2008 (EXPANSIÓN, 2009, 22 de febrero); año 2009 (Metalmecánica Internacional, 2010, Agosto); año 2010 (FEMIA, 2010, 21 de octubre); año 2011 (Secretaría de Economía, 2011); año 2012 (FEMIA/SE, 2012); año 2013 (FEMIA 2013); año 2014 (PROMEXICO, 2014); año 2015 (Quintana, E. y Ortigoza, N., 22 de abril de 2015); año 2016 (Secretaría de Economía, 2017); año 2017 (Cintya, 2017, 01 de mayo); año 2018 (Secretaría de Innovación y Desarrollo Económico, Chihuahua, 2018).

5.6.3.2 Diagnósticos de pertinencia del análisis factorial

5.6.3.2.1 Matriz de correlaciones

Dentro del análisis factorial existen diferentes herramientas con las que el investigador se puede apoyar para definir no sólo la pertinencia sino también el número de variables y factores a emplear para demostrar la hipótesis de su investigación. Se ha mencionado que el primer paso es analizar las correlaciones entre las variables donde éstas deben mostrar una alta correlación entre las variables que forman cada factor y una menor respecto de otros factores. Analizando las correlaciones de la Tabla 5.51 se observa que las variables VACB, VAPPO, SIN, LyT y EMP están mejor correlacionadas respecto de las variables POST e IED.

Tabla 5.51 *Matriz de correlaciones*^a

Variables	VACB	VAPPO	SNI	LyT	POST	EMP	IED
VACB	1.000	.998	.989	.944	.688	.955	.630
VAPPO	.998	1.000	.994	.950	.698	.960	.663
SNI	.989	.994	1.000	.941	.689	.960	.715
LyT	.944	.950	.941	1.000	.682	.912	.672
POST	.688	.698	.689	.682	1.000	.773	.583
EMP	.955	.960	.960	.912	.773	1.000	.750
IED	.630	.663	.715	.672	.583	.750	1.000

Fuente: Elaboración propia con el apoyo del *software* SPSS 26.

a. Determinante = 4.84E-9

5.6.3.2.2 Determinante de la matriz de correlaciones

Asimismo, el determinante de la matriz debe ser pequeño, en nuestro caso el valor del determinante es 4.84E-9, lo cual es un indicador de la existencia de una alta correlación entre las variables, condición inicial que debe cumplir el análisis y por tal motivo se puede continuar con el análisis factorial de los datos.

5.6.3.2.3 Prueba de esfericidad de Bartlett

Con la prueba de esfericidad de Bartlett se trata de comprobar que no nos encontramos ante una matriz identidad, en la medida que este tipo de matriz excluiría cualquier posibilidad de plantear la existencia de factores, debido a que la hipótesis nula de la prueba plantea la no relación entre variables. Si las variables no están correlacionadas el valor de significancia de la prueba es superior 0.05. Como en nuestro caso la prueba de esfericidad de Bartlett se obtuvo un valor de significancia de 0.000, se suele reportar 0.001 en estos casos, la matriz es válida para continuar con el análisis factorial (ver Tabla 5.52).

Tabla 5.52 *Prueba de KMO y Bartlett*

Medida Kaiser-Meyer-Olkin de adecuación de muestreo		.818
Aprox. Chi-cuadrado		169.125
Prueba de esfericidad de Bartlett	gl	21
	Sig.	.000

Fuente: Elaboración propia con el apoyo del *software* SPSS 26.

5.6.3.2.4 Índice Kaiser-Meyer-Olkin (KMO)

El Índice Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) se utiliza para comprobar las magnitudes de los coeficientes de correlación observados con los coeficientes de correlación parcial. El coeficiente de correlación parcial entre dos variables sería equivalente al coeficiente de correlación entre los factores únicos de esas dos variables. Es un indicador de una adecuación correcta de los datos a un modelo de análisis factorial. Los valores del KMO van de 0 a 1. Por debajo de 0.5 no serán aceptables. En la matriz de correlaciones que se está analizando se obtuvo un valor de 0.818 lo cual es un indicador acerca de que la muestra tomada para el análisis es apropiada, es decir las correlaciones de un par de variables puede ser bien explicada por las otras variables.

5.6.3.2.5 Matriz de correlación anti-imagen

El Coeficiente de Adecuación Muestral (MSA) se observa que los valores en la diagonal de la matriz de correlación anti-imagen (AIC) son elevados, y en los coeficientes fuera de la diagonal no hay un número excesivamente de valores altos (Ver Tabla 5.53), lo cual es un indicador de que es conveniente continuar con el análisis factorial.

Tabla 5.53 *Matrices anti-imagen*

		VACB	VAPPO	SNI	LyT	POST	EMP	IED
Covarianza anti-imagen	VACB	.001	-.001	.000	.002	.005	-.002	.006
	VAPPO	-.001	.001	-.001	-.003	-.004	.001	-.002
	SNI	.000	-.001	.005	.007	.007	.002	-.012
	LyT	.002	-.003	.007	.076	.001	.007	-.017
	POST	.005	-.004	.007	.001	.336	-.051	.022
	EMP	-.002	.001	.002	.007	-.051	.034	-.036
	IED	.006	-.002	-.012	-.017	.022	-.036	.099
Correlación anti-imagen	VACB	.763^a	-.894	.074	.196	.268	-.383	.617
	VAPPO	-.894	.775^a	-.492	-.411	-.269	.147	-.270
	SNI	.074	-.492	.864^a	.363	.173	.201	-.547
	LyT	.196	-.411	.363	.918^a	.005	.137	-.193
	POST	.268	-.269	.173	.005	.871^a	-.482	.123
	EMP	-.383	.147	.201	.137	-.482	.850^a	-.616
	IED							

IED	.617	-.270	-.547	-.193	.123	-.616	.695^a
-----	------	-------	-------	-------	------	-------	-------------------------

a. Medidas de adecuación de muestreo (MSA).

Fuente: Elaboración propia con el apoyo del *software* SPSS 26.

5.6.3.2.6 Comunalidades

Es tras la extracción que se determinan las comunalidades de cada variable en el contexto de la estructura factorial estimada. Aquellas variables con coeficientes de comunalidad bajos, serían buenas candidatas para ser eliminadas en el proceso de optimización de la relación entre factores y variables. En la situación que se está abordando los valores de las comunalidades se consideran altos como se observa en la Tabla 5.54, por tal razón se puede continuar con el análisis factorial.

Tabla 5.54 *Comunalidades*

Variable	Inicial	Extracción
VACB	1.000	.995
VAPPO	1.000	.995
SIN	1.000	.983
LyT	1.000	.931
POST	1.000	.725
EMP	1.000	.965
IED	1.000	.863

Método de extracción: análisis de componentes principales.

Fuente: Elaboración propia con el apoyo del *software* SPSS 26.

5.6.3.3 La estructura factorial

5.6.3.3.1 Varianza total explicada

Como se puede apreciar en la Tabla 5.55, en primer lugar, aparece la varianza total explicada por cada factor tras la extracción, autovalores iniciales. El primer factor da cuenta de la mayor cantidad de varianza total con 85.020%, el segundo factor 7.23%. En conjunto los dos factores explican el 92.5% de la varianza total. Datos que se encuentran en las columnas bajo la cabecera “Sumas de cargas al cuadrado de la extracción”. Después de la optimización de las variables y factores con la rotación, se aprecia que no cambia la proporción de varianza total explicada, pero sí cambian los valores que dependen

directamente de la posición de los componentes respecto a las variables originales, las cargas factoriales y autovalores.

Entonces, para el caso que nos ocupa, después de la rotación, en la columna de “Sumas de cargas al cuadrado de la rotación” se aprecia una redistribución de los autovalores, para el primer factor es de 4.177, asociado a una varianza del 59.674%, y un autovalor para el segundo factor de 2.280, con una varianza de 32.576%. En conjunto los dos factores explican el 92.25% de la varianza total.

Tabla 5.55 *Varianza total explicada*

Componente	Autovalores iniciales			Sumas de cargas al cuadrado de la extracción			Sumas de cargas al cuadrado de la rotación		
	% de		%	% de		%	% de		%
	Total	varianza		Total	varianza		Total	varianza	
1	5.951	85.020	85.020	5.951	85.020	85.020	4.177	59.674	59.674
2	.506	7.230	92.250	.506	7.230	92.250	2.280	32.576	92.250
3	.418	5.978	98.228						
4	.088	1.252	99.480						
5	.033	.469	99.950						
6	.003	.044	99.994						
7	.000	.006	100.000						

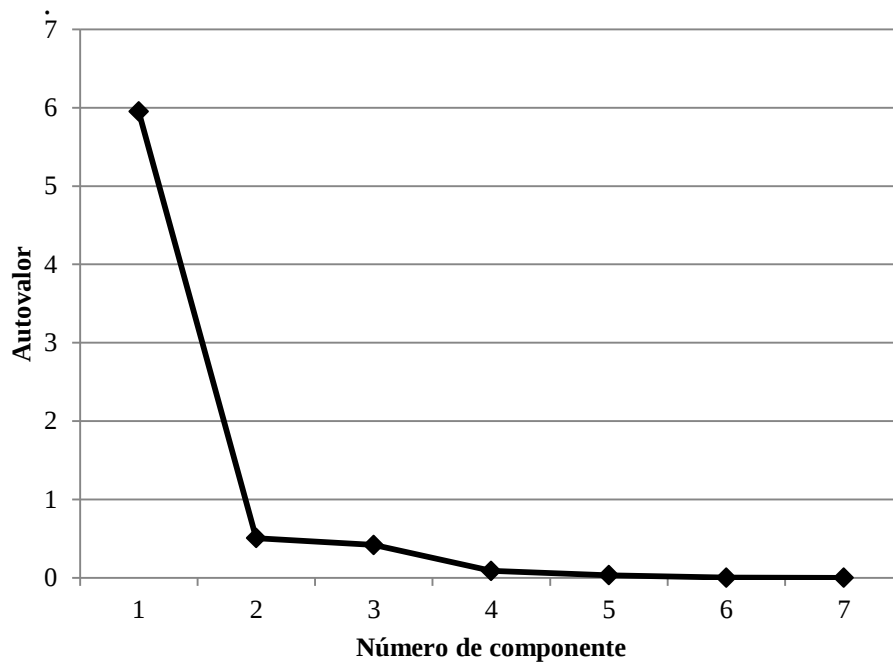
Método de extracción: análisis de componentes principales.

Fuente: Elaboración propia con el apoyo del *software* SPSS 26.

5.6.3.3.2 Gráfico de sedimentación

En el gráfico de sedimentación (ver Figura 5.23) se puede observar como el primer factor, explica mucha más varianza que los demás (85.02%), apareciendo muy distanciado. El segundo, con varianza total explicada inicial de 7.23% está más abajo. A partir de este factor podemos considerar que comienza la “ladera” con varianzas totales explicadas muy próximas entre sí, poco significativas con respecto a las anteriores, se entiende que estos factores no son relevantes estadísticamente. Cabe mencionar que en su versión rotada, los porcentajes de varianza cambian a 59.674% para el primer factor y 32.576% para el segundo factor. En conjunto los dos factores explican el 92.25% de la varianza total.

Figura 5.23 Gráfico de sedimentación



Fuente: Elaboración propia con el apoyo del *software* SPSS 26.

5.6.3.4 Extracción de factores

5.6.3.4.1 Matriz de componente

La matriz de componentes generada (ver Tabla 5.56) nos muestra una primera solución no optimizada relacionada con las cargas factoriales de cada una de las variables estandarizadas. Se observan coeficientes elevados, lo cual indica que hay una relación intensa entre variables y factores. Después de la optimización estas cargas se redistribuirán.

Tabla 5.56 *Matriz de componente*^a

	Componente	
	1	2
SNI	.983	-.130
EMP	.982	.008
VAPPO	.980	-.187
VACB	.972	-.223
LyT	.953	-.147
POST	.785	.329

IED	.768	.524
-----	-------------	------

Método de extracción: análisis de componentes principales.

a. 2 componentes extraídos.

Fuente: Elaboración propia con el apoyo del *software* SPSS 26.

5.6.3.4.2 Matriz de componente rotado

En la Tabla 5.57, “Matriz de componente rotado”, como consecuencia de las modificaciones experimentadas, se puede observar una redistribución de las cargas factoriales con factores más claros, definidos y consistentes para su interpretación. Así es claro observar dos factores, el primero integrado por las variables observadas VACB, VAPPO, SIN, LyT y EMP, y el segundo por las variables IED y POST.

Tabla 5.57 *Matriz de componente rotado*^a

	Componente	
	1	2
VACB	.926	.371
VAPPO	.911	.406
SNI	.881	.454
LyT	.867	.424
EMP	.802	.567
IED	.331	.868
POST	.456	.719

Método de extracción: análisis de componentes principales.

Método de rotación: Varimax con normalización Kaiser.

a. La rotación ha convergido en 3 iteraciones.

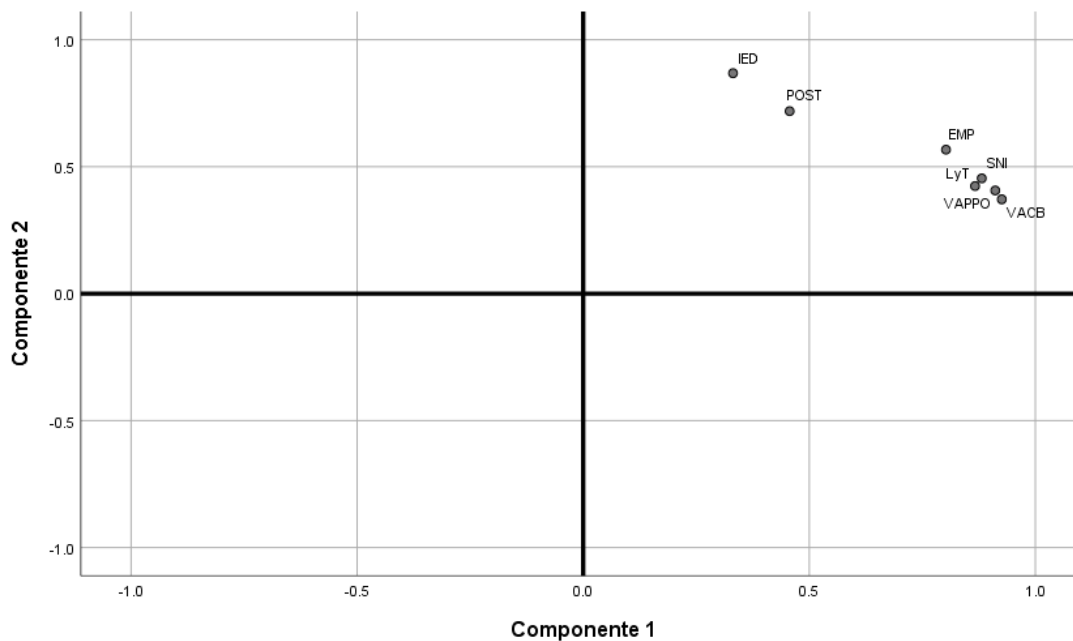
Fuente: Elaboración propia con el apoyo del *software* SPSS 26.

5.6.3.4.3 Gráfico de componentes en espacio rotado

Se observa que el primer factor o componente está positiva y altamente correlacionado con las variables EMP, VACB, VAPPO, LyT y SNI porque sus puntos son cercanos a la unidad sobre el eje de las abscisas y menos relacionados con el segundo factor al estar por debajo del 0.5, con excepción de la variable EMP que se encuentra repartida entre los dos factores. Las Variables IED y POST están positiva y fuertemente correlacionados con el segundo factor o componente y menos con el segundo al estar por debajo del 0.5 (ver Figura 5.24).

Después de aplicar el análisis factorial a la matriz de variables, los resultados obtenidos se asocian a dos factores que en cierta forma contribuyen al desarrollo del clúster aeroespacial de Baja California: 1) Factor que representa el entorno que agrega valor a la producción y 2) Factor que representa el entorno para la asimilación tecnológica. El factor relacionado con el entorno que agrega valor a la producción, queda integrado por las variables observadas LyT, VAPPO, VACB, EMP y SNI. De acuerdo con las variables y el contexto de la investigación, este factor se inclina principalmente por el valor agregado que es suministrado por la actividad creadora generada principalmente por el personal, la maquinaria y equipo con que cuentan para el desarrollo de sus actividades, destacando principalmente aquellos que tienen formación de nivel técnico y profesional en el interior de las empresas así como el provisto por investigadores del sistema nacional, externos a la empresa a través de servicios profesionales provenientes de Instituciones de Educación Superior y/o Centros de Investigación. Ratificando que los procesos de gestión de conocimiento, es decir, los flujos de información y conocimiento para agregar valor a la producción, provienen tanto del interior como parte de las habilidades del recurso humano para resolver los problemas, como del exterior de la empresa por servicios especializados, bajo el abrigo del modelo de innovación abierta.

Figura 5.24 *Gráfico de componente en espacio rotado.*



Fuente: Elaboración propia con el apoyo del *software* SPSS 26.

El segundo factor que representa el entorno para la asimilación tecnológica queda integrado por las variables Inversión Extranjera Directa (IED y los egresados de posgrado (POST), en el estado de Baja California. Factor que representa el entorno para la asimilación tecnológica (AT). Este factor se relaciona principalmente con la relación que existe entre la IED y los egresados de posgrado, tomando en consideración que la visión de la IED es la de maximizar su eficiencia. Esto implica que más allá de contar con una cantidad importante de recursos humanos con estudios de nivel técnico y licenciatura, también son necesarios los recursos humanos con formación de posgrado para potenciar la IED. Potenciar la IED implica atraer inversiones para realizar no sólo actividades de maquila o manufactura intensivas en mano de obra sino también, pueden ser actividades asociadas a la asimilación, al diseño y el desarrollo tecnológico. Para esto es necesario en la idea que sugiere Alarcón (2016), hacer un balance entre la cantidad de egresados de licenciatura y de posgrado óptima no solo para atraer IED de maquila sino para potenciarla con actividades de diseño y desarrollo.

Estos factores son consistentes con la literatura porque relacionan como factor principal para el desarrollo del clúster aeroespacial de Baja California al entorno que agrega valor a la producción y en segundo término, el entorno para la asimilación tecnológica que proporciona las capacidades de aprendizaje y transformación del nuevo conocimiento.

Capítulo 6 Conclusiones y recomendaciones.

El presente trabajo tuvo como objetivo fundamental estimar y analizar cómo se ve favorecido el desarrollo del clúster aeroespacial de Baja California por las actividades asociadas a la gestión del conocimiento que realizan las empresas en un ambiente de innovación abierta, clave para el reconocimiento de factores que han estado contribuyendo al desarrollo del clúster e identificar aquellos que aún representan un reto, y aportar una propuesta de política que coadyuve a consolidar un clúster aeroespacial, en donde las prácticas de las empresas establecidas en el clúster estén encaminadas a beneficiarse de la gestión de la información, los recursos humanos e infraestructura científica y tecnológica disponible no sólo en el clúster, sino en otras regiones y contribuir de esa manera al desarrollo y bienestar de la sociedad.

En este sentido, la aportación principal de este trabajo radica en el arreglo metodológico, apoyado de un enfoque de aproximación ecléctica, integrado por cuatro metodologías cuantitativas para el análisis de diferentes conjuntos de variables, identificadas como indicadores de desarrollo del clúster aeroespacial de Baja California, con las que se realizó un análisis de series de tiempo, un análisis de la actividad inventiva con base en el número de patentes gestionadas, un análisis de redes sociales con los proyectos del PEI, y un análisis factorial con variables específicas vinculadas a factores que representan el entorno que agrega valor a la producción y el entorno para la asimilación tecnológica.

Se ha escogido este enfoque de aproximación ecléctico debido a que, como se ha puesto de manifiesto en el presente trabajo, es un enfoque que permite conciliar diferencias entre la naturaleza de la información, la disparidad de años y periodos de registro de los datos, con el empleo de diferentes herramientas metodológicas para el procesamiento y análisis de los distintos grupos de datos y así generar una aproximación que permitiera cumplir con el objetivo de la investigación.

De acuerdo con los resultados arrojados, de manera general, se concluye que existen elementos para afirmar que el clúster aeroespacial de Baja California se ha visto modificado positivamente en sus límites, bajo la consideración de que las variables empleadas en los distintos análisis de resultados se desempeñan como indicadores de

desarrollo del clúster aeroespacial por su incremento en el tiempo. En esta idea, es fácil observar que el incremento en las variables no responde a un crecimiento homogéneo, sino a un mosaico de variaciones en el que se aprecian cinco niveles de desarrollo como resultado de la comparación con los principales clústeres aeroespaciales mexicanos.

Las variables donde se observa el mayor crecimiento con respecto a los principales clústeres aeroespaciales mexicanos son el número de empresas, el personal ocupado en sus diversos niveles en actividades aeroespaciales y el número de reconocimientos a investigadores por el Sistema Nacional de Investigadores (SNI C, 2 y 3) de instituciones de educación superior y/o centros de investigación ubicados en el clúster aeroespacial de Baja California. Un segundo grupo de variables con un crecimiento que posiciona al clúster en segundo lugar, respecto de los otros clústeres, son la inversión extranjera directa, el número y monto capturado por concepto de proyectos PEI e investigadores con nivel SNI 1.

Las variables relacionadas con el número de egresados de posgrado y el valor agregado censal bruto colocan en tercera posición al clúster aeroespacial de Baja California respecto de los principales clústeres aeroespaciales mexicanos. Asimismo, un crecimiento menos pronunciado respecto del resto de los clústeres aeroespaciales se aprecia en variables como el valor agregado por personal ocupado, el número de vinculaciones en proyectos PEI y el número de egresados de licenciatura y técnico superior en áreas asimilables por el clúster aeroespacial. Por último, como quinta posición, comparándolo con los principales clústeres aeroespaciales mexicanos, es el menor número de solicitudes de patentes nacionales y ninguna patente aeroespacial asociada a residentes del estado de Baja California.

Una de las variables con mayor desarrollo en el clúster aeroespacial de Baja California es el incremento del número de empresas, incluyendo aquellas que no sólo se dedican a la fabricación de equipo aeroespacial sino además realizan otras actividades económicas asociadas a otras industrias manufactureras. Este crecimiento en el número de empresas es congruente con los incrementos en la inversión extranjera directa y con ser el que más recursos humanos ocupados tiene en el sector aeroespacial en sus diversos niveles.

A pesar de no ser el clúster con el mayor número de egresados de licenciatura y posgrado afines al sector, es el que cuenta con la mayor cantidad de investigadores especializados y reconocidos por el SNI asimilables por el sector aeroespacial, situación que no se ve reflejada en el valor agregado censal bruto y por personal ocupado, al tener el

tercer sitio y cuarto respectivamente en contraste con los principales clústeres aeroespaciales, tomando en cuenta que las actividades de planeación estratégica, investigación, desarrollo e innovación son las mejor remuneradas.

De esta situación, al ser el clúster con el mayor número de empresas y con el mayor número de personal ocupado, también se esperarían índices altos de valor agregado; sin embargo, el clúster aeroespacial de Baja California, como se ha podido apreciar, ha ido perdiendo posiciones en este rubro frente a los principales clústeres aeroespaciales, mostrando al final del periodo un índice de valor agregado promedio por personal más bajo, ante lo cual es válido inferir que el clúster se muestra más intensivo en mano de obra si lo comparamos con el resto de los clústeres del país, quienes con menor número de empresas y personal ocupado muestran al final del periodo índices de valor agregado más altos.

Las disminuciones de estos índices de valor agregado al final de la serie, también se ven acompañadas con un contexto de los fuertes flujos de inversiones extranjeras realizadas en los clústeres de Nuevo León, Querétaro y Chihuahua entre los años del 2006 y 2015. Esto implica que la competencia por las inversiones extranjeras ha aumentado respecto del pasado, como es el caso del establecimiento relativamente reciente de filiales de empresas OEM y de Nivel 1 en los clústeres de Querétaro, Chihuahua y Nuevo León. Tradicionalmente, el clúster aeroespacial de Baja California se ha desarrollado bajo el régimen maquilador como el resto de las actividades industriales de la entidad, motivada por su posición geográfica, los bajos costos de mano de obra y estímulos gubernamentales, situación que actualmente puede parecer un obstáculo para avanzar frente a otros clústeres que muestran mayor integración como lo son Querétaro, Nuevo León y Chihuahua, con los que se ha visto diluida su ventaja competitiva durante los últimos 15 años.

Contar con un clúster desarrollado es altamente relativo, debido a que el tamaño, productos y la calidad de las actividades dependen en buena parte de la existencia de un mercado interno, que a través de la demanda promueva su crecimiento y desarrollo como es el caso del estado de Washington, EEUU, que posee el mayor clúster aeroespacial del mundo, con un estimado de 1,250 empresas del sector. Las presiones de mercado de estas empresas bajo una estrategia de innovación abierta, las han llevado a considerar a México y en particular al estado de Baja California como una opción para su establecimiento debido a factores como la geografía, la mano de obra y los estímulos del gobierno mexicano que

impactan favorablemente en sus costos de producción y desarrollo. Pero, aun así, las actividades realizadas en Baja California se asocian principalmente a la manufactura bajo el esquema de maquila. Sería deseable transitar a actividades de mayor valor agregado y calidad vinculadas a diseño, I&D e innovación.

Como se ha mencionado, para que las empresas consideren un panorama de innovación abierta como una estrategia de gestión del conocimiento, trasladar actividades de diseño, I&D e innovación y verse beneficiadas de las capacidades y especializaciones de los recursos humanos e infraestructura científica y tecnológica en Baja California, en donde como mencionan Cohen and Levinthal (1989 y 1990), les represente exponerse a nuevas fuentes o estrategias externas para adquirir conocimiento de utilidad y poderlo digerir e incorporarlo en tecnología, no es una tarea fácil, ya que debe invertirse de manera intensiva en I&D interno con el propósito de ser capaces de utilizar tecnología externa. O en su defecto, desarrollar un mercado interno que impulse la necesidad de crear y desarrollar tecnologías e innovaciones y por consiguiente el crecimiento y desarrollo del clúster aeroespacial en Baja California, que también se vea reflejado en el número de patentes aeroespaciales otorgadas a residentes locales y nacionales.

Si bien, Baja California cuenta con la mayor cantidad de recursos humanos especializados de alto nivel, tanto de investigadores consolidados en líneas más específicas de investigación como también en proceso de formación, aún no hay evidencia de que éstos sean suficientes para marcar una diferencia y posibilite transitar de un esquema y estructura maquilador a otra que estimule segmentos de mayor calidad con valor agregado más alto y de conocimiento.

Considerando al PEI como un instrumento del gobierno mexicano para impulsar el avance tecnológico de las empresas mediante la vinculación con la infraestructura tecnológica local, y como una estrategia de gestión del conocimiento en un ambiente de innovación abierta por las empresas, los resultados de este trabajo lo identifican como un indicador de desarrollo de los clústeres aeroespaciales y en especial el clúster de Baja California. Los apoyos otorgados a través de este programa dan cuenta de un desarrollo en el sector al crearse una red de vinculación entre las empresas aeroespaciales participantes con las principales IES y/o CI del clúster, lo cual representa nuevas vías locales de soporte, es decir, se pone en evidencia el esfuerzo, la inversión y la facultad de las empresas del

clúster para vincularse y así obtener recursos para avanzar en el desarrollo de tecnologías específicas. Vía el PEI, las IES y/o CI tuvieron acceso a parte de la tecnología de las empresas, lo que representa una derrama de conocimiento en ambas direcciones, que pone a las IES y/o CI en una posición deseable tanto para la formación de recursos humanos como para la socialización de las nuevas capacidades adquiridas por el acompañamiento a las empresas.

Por tamaño de empresas, los resultados muestran que son las grandes empresas las que en mayor medida se vieron beneficiadas con los mayores montos y número de proyectos apoyados, generalmente son empresas de capital extranjero. A través de la participación y por el tamaño de las empresas, en los clústeres de Chihuahua, Nuevo León y Querétaro se puede ver que hay una mayor integración con la infraestructura tecnológica al contar con la participación de medianas, pequeñas y micro empresas, en contraste con lo encontrado en Baja California.

Algo que también se aprecia de la red integrada por los proyectos PEI en Baja California y en la mayoría de los clústeres del país, es que en lo local no se cuenta con una red integrada en un sólo componente; lo anterior, se puede deber a varias circunstancias dentro de las que se destacan principalmente tres: primero, que el programa no duró el tiempo suficiente para brindar la oportunidad a las empresas de vincularse y atender necesidades técnicas asociadas con las capacidades de las diferentes IES y/o CI. Segundo, que las necesidades de investigación y desarrollo son diferentes entre empresas, al tener dos componentes, uno con las principales IES y/o CI del clúster y otro con vinculaciones para soporte en aspectos más técnicos. Y tercero, a la baja capacidad de las empresas por gestionar recursos externos para sus actividades de I&D, manifestada en el escaso interés por invertir en esa área.

Otra particularidad de la red integrada en el clúster aeroespacial de Baja California es la tendencia de las relaciones entre empresas con las principales IES y/o CI, las cuales son más profundas, es decir, son relaciones de mayor plazo debido a la participación multianual de forma conjunta, lo cual es un indicador de desarrollo del clúster, al tener relaciones de largo plazo que se asocian con actividades de investigación y desarrollo e innovación.

Al observar la red que se genera con las empresas, IES y/o CI de los clústeres analizados, se hacen evidentes aquellas empresas que cuentan con el mayor número de

vinculaciones con IES y/o CI como aquellas que cuentan con vinculaciones más profundas o de mayor intensidad, es decir, de largo plazo. También, a partir de esta red, se puede apreciar la capacidad de la infraestructura científica y tecnológica de los clústeres, no solo por la participación de IES y/o CI del clúster, sino también porque estas instituciones acompañan a empresas de otros clústeres, considerándose como referentes por contar con personal e infraestructura que les provee de capacidades tecnológicas para ser consideradas por empresas externas a su clúster de residencia.

Esta situación se amplía con los factores resultantes del análisis factorial asociados con el entorno que brinda valor agregado y el de asimilación tecnológica, centrados principalmente en los recursos humanos con formación profesional y de posgrado, quienes al final son los poseedores de las capacidades que les brinda el conocimiento para entender y resolver los problemas, y adaptar los conceptos teóricos a nuevas circunstancias que les brinden ventajas competitivas.

Finalmente, a la luz de los resultados obtenidos por la aplicación de las distintas metodologías, se logra alcanzar el objetivo planteado al inicio de la investigación de identificar cómo se ve favorecido el desarrollo del clúster aeroespacial de Baja California por la actividad de gestión del conocimiento que realizan las empresas en un entorno de innovación abierta. Concretamente, el resultado deja ver que existe un desarrollo positivo, aunque no homogéneo en todas las variables consideradas en el presente trabajo, destacándose aquellas variables en las que se ha avanzado cronológicamente y de manera importante (formación de recursos humanos en sus distintas dimensiones), las que han mantenido su ritmo tendencial (como la IED) y aquellas que no han despegado (como las patentes). Al compararlas con lo que ocurre en los principales clústeres aeroespaciales del país durante el mismo periodo, se observa que, si bien hay desarrollo, éste puede ser más destacado o menos pronunciado según la variable a considerar.

De esta forma, las estrategias a seguir deben considerar estas dos dimensiones, primero, cómo el desarrollo de las variables ha modificado los límites del clúster en esa dimensión, incluyendo lo que se ha generado y la capacidad que brinda ese desarrollo, y segundo, cómo es este desarrollo frente a lo que sucede en otros clústeres contemplando las ventajas y desventajas que esto representa.

Con lo anteriormente expuesto, la hipótesis del trabajo de investigación también se ve validada en el sentido de que el desarrollo identificado por los cambios positivos de las variables en el tiempo, es decir, no se observan disminuciones respecto de las condiciones iniciales de los periodos de tiempo observados, es el resultado de los cambios efectivos en materia de recursos humanos a nivel profesional, posgrado y de investigación, de las inversiones de capitales extranjeros, la participación por recursos para el avance tecnológico de las empresas en forma vinculada con IES y/o CI locales y foráneas, todas éstas identificadas como estrategias de gestión del conocimiento en entornos de innovación abierta.

Como propuestas específicas a la luz de los resultados para impulsar el desarrollo del clúster aeroespacial de Baja California y ante la necesidad de tener un desarrollo más equilibrado y sostenido con base en buenas prácticas de gestión del conocimiento en un entorno de innovación abierta, se proponen las siguientes recomendaciones:

- Continuar con la formación de recursos humanos asimilables por el clúster aeroespacial en todos sus niveles, principalmente con la introducción de nuevas líneas de investigación que brinden la capacidad de explorar nuevas áreas científicas y técnicas de desarrollo, no solo como ancla de inversión extranjera sino también para generar una industria cada vez más integrada en lo local.
- Continuar impulsado la inversión extranjera, en coordinación con los tres niveles de gobierno, principalmente de empresas en las que se desarrollen actividades de diseño, investigación y desarrollo tecnológico, y así continuar incrementando el número de empresas en el clúster aeroespacial, con un enfoque de competencia.
- Fortalecer la infraestructura física para el desarrollo de actividades de investigación y formación de recursos humanos con un enfoque práctico y de aplicación del conocimiento con el sector aeroespacial, no solo para atender las necesidades locales, sino también las de otras regiones del país, aprovechando particularmente con el clúster aeroespacial del estado de California en EE UU.
- Impulsar la creación y fomento de eslabonamientos de un mercado local de productos aeroespaciales que alimente el desarrollo del clúster aeroespacial.

- Generar mecanismos que motiven la vinculación y el trabajo conjunto entre empresas e IES y/o CI para generar relaciones de trabajo de largo plazo, con un enfoque de integración.
- Socializar capacidades tecnológicas afines al sector aeroespacial que incentiven y contribuyan al cierre de brechas en la formación de recursos humanos (*catch up*).
- Impulsar con enfoque de triple hélice la solución retos o de problemas aeroespaciales planteados a la comunidad científica y tecnológica.
- Continuar con la formación e incorporación de recursos humanos especializados en las empresas.
- Motivar e impulsar la creación de nuevas empresas locales vinculadas al sector aeroespacial, considerando esquemas como *start ups*, *spin off* u otros.
- Distinguir entre las estrategias aquellas enfocadas al área espacial y las orientadas a la parte aérea.
- Invertir recursos suficientes a espacios menos desarrollados del clúster aeroespacial para alcanzar niveles desarrollo y autodesarrollo sostenible.

Por último, una condición imprescindible para el diseño e implementación de estrategias como las descritas anteriormente, está en que los actores del clúster aeroespacial del estado transiten del esquema maquilador, como se viene operando a la fecha, a otra que fomenten e impulsen segmentos de alto valor agregado y de conocimiento como claves para elevar la competitividad de este importante sector para Baja California.

Referencias:

- Acemoglu, D., Johnson, S. y Robinson J. (2005). Institutions as a fundamental Cause of Long-Run Growth. En P. Aghion & S. Durlauf (Ed.), *Handbook of Economic Growth*, 1A. (386-472). Elsevier.
- Aguilar, A. (2016). La Fuerza Aérea Mexicana durante la posguerra (1945-1988). En Cámara de Diputados LXII Legislatura, Comisión de Defensa Nacional y Secretaria de la Defensa Nacional (Eds.), *Fuerza Aérea Mexicana. La aviación militar. Un siglo de historia (1915-2015)* (161-202). México: ALDVS.
- Aguilar-Gallegos, N., Martínez-González, E. G., Aguilar-Ávila, J., Santoyo-Cortés, H., Muñoz-Rodríguez, M., & García-Sánchez, E. I. (2016). Análisis de redes sociales para catalizar la innovación agrícola: de los vínculos directos a la integración y radialidad. *Estudios Gerenciales*, 32(140), 197–207. <http://doi.org/10.1016/j.estger.2016.06.006>
- Aguilar-Gallegos, N., Martínez-González, E. G., y Aguilar-Ávila, J. (2017). *Análisis de redes sociales: Conceptos clave y cálculo de indicadores*, Serie: Metodologías y herramientas para la investigación, Volumen 5. Chapingo, México: Universidad Autónoma Chapingo (UACH).
- AIA Aerospace Industries Association (2020). *2020 Facts & Figures U.S. Aerospace & Defense*. Recuperado de: <file:///C:/Users/Conacyt/Downloads/2020-Facts-and-Figures-U.S.-Aerospace-and-Defense.pdf>
- Alaminos, A., Francés, F., Penalva, C. y Santacreu, O. (2015). Análisis multivariante para las Ciencias Sociales I. Índices de distancia, conglomerados y análisis factorial. Ecuador: Pydlos ediciones.
- Alarcón, M. (2016). Human Capital Formation and Foreign Direct Investment: Is it a nonlinear relationship? *Acta Universtaria Multidisciplinary Scientific Journal*. 26(4), 66-78.
- Anton, J. y Yao, D. (1995). Start-ups, Spin-offs, and Internal Projects. *Journal of Law, Economics, & Organization*, 11(2), 362-378.
- Antonelli, C. (1999). *The Microdynamics of Technological Change*. London: Routledge.

- ANUIES. (2021). Anuarios Estadísticos de Educación Superior. México. Recuperado de <http://www.anui.es.mx/informacion-y-servicios/informacion-estadistica-de-educacion-superior/anuario-estadistico-de-educacion-superior>
- Argyris, C. (2001). *Sobre el aprendizaje organizacional*. México: Oxford University Press.
- Audretsch, D. y Feldman, M. (1994). Knowledge spillovers and the geography of innovation and production. *CEPR Discussion Paper*, 953.
- Ávila, G. (2016). Origen de la Aviación Militar en México. En Cámara de Diputados LXII Legislatura, Comisión de Defensa Nacional y Secretaría de la Defensa Nacional (Eds.), *Fuerza Aérea Mexicana. La aviación militar. Un siglo de historia (1915-2015)* (25-58). México: ALDVS.
- BAJA AEROSPACE CLUSTER. (2019, 5 de agosto). Realiza Clúster Aeroespacial de Baja California análisis estatal. Recuperado de: <http://bajaaerospace.org/2018/11/05/realiza-cluster-aeroespacial-de-baja-california-analisis-estatal/>
- Bastidas, J. (1989). El método ecléctico. *Hechos y proyecciones del lenguaje*, No. 5. Recuperado de: <https://revistas.udenar.edu.co/index.php/rheprol/issue/view/05-1989>
- Bell, M. (1984). Learning and the accumulation of industrial technological capacity in developing countries. En M. Fransmann y K. King (Eds.), *Technological Capability of the third World* (138 – 156). Londres: Macmillan.
- Bell, M. y Pavitt, K. (1995). The Development of Technological Capabilities. En I. Haque, M. Bell, C. Dahlman, S. Lall y K. Pavitt (Eds.), *Trade, Technology, and International Competitiveness* (69 – 102). Washington D.C.: World Bank.
- Beraza, J.y Rodríguez, A. (2012).Conceptualización de la spin-off universitaria: revisión de la literatura. *Economía Industrial*, 384, 143-152.
- Blank, S. y Dorf, B. (2013). *El Manual del Emprendedor*. Barcelona, España: Gestión 2000.
- Bonacich, P. (1972). Factoring and weighting approaches to status scores and clique identification. *The Journal of Mathematical Sociology*, 2(1), 113–120. <http://doi.org/10.1080/0022250X.1972.9989806>
- Borgatti, S. P., Everett, M. G., & Johnson, J. C. (2013). *Analyzing social networks*. London: SAGE Publications Limited.

- Brodzicki, T. (2020). *IHS Markit*. USA. Recuperado de: <https://ihsmarkit.com/research-analysis/global-exports-in-aerospace-products-and-parts.html>
- Bunge, M. (2000). *La ciencia, su método y su filosofía*. México: Grupo Patria Cultural (Nueva Imagen).
- Bunge, M. (2014). *Ciencia, técnica y desarrollo*. México: Siglo XXI Editores.
- C. G. Fuerza Aérea Mexicana (2016). Retos y perspectivas de la Fuerza Aérea Mexicana en el siglo XXI. En Cámara de Diputados LXII Legislatura, Comisión de Defensa Nacional y Secretaria de la Defensa Nacional (Eds.), *Fuerza Aérea Mexicana. La aviación militar. Un siglo de historia (1915-2015)* (pp. 241-270). México: ALDVS.
- Carrillo, J. y Hualde, A. (2009). Potencialidades y limitaciones de sectores dinámicos de alto valor agregado: la industria aeroespacial en México. En CAICyT y CLACSO. (Ed.), *Trabajo, empleo, calificaciones profesionales, relaciones de trabajo e identidades laborales. Vol. I* (pp. 373-396). Buenos Aires.
- Carrillo, J. y Hualde, A. (2013). ¿Una maquiladora diferente? Competencias laborales profesionales en la industria aeroespacial en Baja California. En M. Casalet. (Ed.), *La industria aeroespacial: complejidad productiva e institucional* (163-197). México: Flacso.
- Casalet, M. (2000). Redes empresariales y la construcción del entorno: nuevas instituciones e identidades. En E. De-la-Garza (Ed.), *Tratado latinoamericano de sociología del trabajo* (pp. 312-341). Ciudad de México, México: El Colegio de México, Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales, Universidad Autónoma Metropolitana, Fondo de Cultura Económica.
- Casalet, M. y Leonel, G. (2006). El entorno institucional y la formalización de las redes en el sector electrónico de Chihuahua. En D. Villavicencio. (Ed.), *La emergencia de dinámicas institucionales de apoyo a la industria maquiladora de México* (pp. 49-87). D. F., México: Porrúa,
- CEPAL. (1994). *México: La Industria Maquiladora*. Recuperado de: https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/27119/LCMEXR495_es.pdf?sequence=1

- Chavarria, J. y Carrillo, J. (2018). Posibilidades de inserción de pymes mexicanas en la cadena de valor de la industria aeroespacial, el caso de Baja California. *Estudios Fronterizos*, 19. doi:10.21670/ref.1802002
- Chesbrough, H. (2003a). The era of open innovation. *MIT Sloan Management Review*, 44 (3), pp. 35-41.
- Chesbrough, H. (2003b). *Open Innovation: The new imperative for creating and profiting from Technology*. Boston, Massachusetts: Harvard Business School Publishing.
- Chesbrough, H. (2006). Open Innovation: A New Paradigm for Understanding Industrial Innovation. En H. Chesbrough, W. Vanhaverbeke and J. West, (Ed.), *Open Innovation: Researching a New Paradigm*, (pp 1-12). UK,Oxford: Oxford University Press.
- Chesbrough, H and Crowther, A. (2006). Beyond high tech: early adopters of open innovation in other industries. *R&D Management*, 36, 3.
- Chias, J. (1981). Desarrollo histórico de la aviación comercial mexicana. *Investigaciones Geograficas* [online]. No.11, pp.263-276. ISSN 2448-7279.
- Cohen, W. and Levinthal, D. (1989). Innovation and learning: the Two Faces of I&D. *The Economic Journal*, 99(397), 569-596.
- Cohen, W. and Levinthal, D. (1990). Absorptive Capacity: a New Perspective on Learning and Innovation. *Administrative Science Quarterly*, 35 (1), 128-152.
- Conacyt. (2014). *Agenda de Innovación de Baja California*. Recuperado de: <http://www.agendasinnovacion.org/wp-content/uploads/2015/01/Agenda-Baja-California.pdf>
- Conacyt. (2020). *Sistema de Centros Públicos de Investigación de CONACYT*. México. Recuperado de <https://www.siicyt.gob.mx/index.php/instituciones/sistema-de-centros-publicos-conacyt/centros>
- Conacyt. (2020b). Sistema Nacional de Investigadores, Padrón de Beneficiarios. México. Recuperado de <https://conacyt.mx/sistema-nacional-de-investigadores/padron-de-beneficiarios/>
- Conacyt. (2020c). *Términos de Referencia de la Convocatorias 2018, Programa de Estímulos a la Innovación*. Recuperado de <https://conacyt.mx/wp->

- content/uploads/convocatorias/convocatorias_programa_de_estimulos_a_la_innovacion/convocatoria_2018/TERMINOS_DE_REFERENCIA_2018.pdf.
- Conacyt. (2020d). *Programa de Estímulos a la Innovación*. Recuperado de <https://conacyt.mx/servicios-en-linea/programa-de-estimulos-a-la-innovacion-pei/>
- Contreras, O. y Munguía, L. (2007). Evolución de las maquiladoras en México. Política industrial y aprendizaje tecnológico. *Región y sociedad*, 19 spe. Recuperado de: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-39252007000400005
- Cintya. (2017, 01 de mayo). Hay 39 empresas aeroespaciales en Chihuahua. La Opción de Chihuahua. Recuperado de: <https://laopcion.com.mx/noticias/hay-39-empresas-aeroespaciales-en-chihuahua-20170501-173911.html>
- Cinvestav. (2020). *Unidades*. México. Recuperado de <https://www.cinvestav.mx/>
- Dahlandera, L. and Gannb, D. (2010). How open is innovation? *Research Policy*, 39, 699–709.
- David, P. y Foray, D. (2002). Fundamentos económicos de la sociedad del conocimiento. *Comercio Exterior*, 52(6), 472-490.
- DeBresson, C. (1999). *An Entrepreneur Cannot Innovate Alone; Networks of Enterprises Are Required- The meso systems foundation of innovation and of the dynamics of technological change*. paper to be discussed at the DRUID conference on systems of innovation in Aalborg, Denmark, june 9-11. Recuperado de <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.503.5093&rep=rep1&type=pdf>
- Derek, H. y Suh, J. (2008). Introducción. *Corea como una economía del conocimiento, Proceso evolutivo y enseñanzas*. (pp. 1-18). Colombia: Banco Mundial en coedición con Mayol Ediciones S.A. Recuperado de: <http://documents.worldbank.org/curated/en/223781468344638148/pdf/409300PUB0SPAN101OFFICIAL0USE0ONLY1.pdf> <21-11-2017>
- Difass: Transfer of Success. (2014). *Spin Off, Start Up and Early Stage Support*. Recuperado de http://s3-eu-west-1.amazonaws.com/difass-production/downloads/files/000/000/154/original/Brochure_6_Spin_Off__Start_Up_and_Early_Stage_Support.pdf?1411040056

- Dosi, G. (1988). The nature of the innovation process. En G. Dosi, C. Freeman, R. Nelson, L. Soete. (Eds), *Technical Change and Economic Theory*. Cap. 10. New York: Columbia University Press Publisher.
- Drucker, P. (1996). *La Sociedad Poscapitalista*. 5ta. Edición. Buenos Aires: Editorial Sudamericana.
- Easterlin, R. A. (1981). Why Isn't the Whole World Developed? *Journal of Economic History*, 41(1), 1-19.
- EXPANSIÓN. (2009, 22 de febrero). Firms aeronáuticas aterrizan en México. Recuperado de: <https://expansion.mx/negocios/2009/02/20/firmas-aeronauticas-aterrizan-en-mexico>
- FEMIA. (2010, 21 de octubre). Convocatoria de la Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC). Consulta abierta para definir la nueva política aeronáutica nacional. Recuperado de: <http://www.sct.gob.mx/fileadmin/DireccionesGrales/DGAC/00-aeronautica/industria-de--aviacion/4femia-sct-dgac-21102010.pdf>
- FEMIA. (2012). *Pro-Aéreo 2012-2020, el Programa Estratégico de la Industria Aeroespacial en México*. Recuperado de: http://www.2006-2012.economia.gob.mx/files/comunidad_negocios/industria_comercio/proaereo_resumen_ejecutivo.pdf
- FEMIA. (2013). *FEMIA, La Federación Mexicana de la Industria Aeroespacial, A.C.* Recuperado de: https://femia.com.mx/themes/femia/ppt/femia_presentacion_tipo_esp.pdf
- FEMIA. (2020). *Distribución Geográfica Industria Aeroespacial*. Recuperado de https://drive.google.com/file/d/1_daVfdMCA2DfprUw8HaDaKmI1O2LHxcm/view
- Festel, G. (2013). Academic spin-offs, corporate spin-outs and company internal start-ups as technology transfer approach. *The Journal of Technology Transfer*, 38(4), 454–470.
- Forni, M. & Paba, S. (2001). Knowledge spillovers and the growth of local industries. *CEPR Discussion Paper*. No. 2934.
- Freeman, L. (1979). Centrality in social networks conceptual clarification. *Social Networks*, 1(3), 215–239. [http://doi.org/10.1016/0378-8733\(78\)90021-7](http://doi.org/10.1016/0378-8733(78)90021-7)

- Freeman, C. (1982). *The Economics of Industrial Innovation*. Second edition. Cambridge: MIT Press.
- Fundación Este País. (2005). *México ante el reto de la economía del conocimiento, resultados nacionales y por entidad federativa*. Recuperado de https://archivo.estepais.com/inicio/historicos/174/20_suplemento_mexico%20ante%20el%20reto.pdf
- Garmendia, M. (2007). Análisis factorial: una aplicación en el cuestionario de salud general de Goldberg, versión de 12 preguntas. *Rev Chil Salud Pública*, 11(2), 57-65.
- Gómez, M. y Botero, J. (2016). Startup y spinoff: una comparación desde las etapas para la creación de proyectos empresariales. *Revista Ciencias Estratégicas*, 24(36), 365-378.
- Gomis, R. y Carrillo, J. (2016). The Role of Multinational Enterprises in the Aerospace Industry Cluster in Mexico: The Case of Baja California. *Competition & Change*, 20(5), 337-352.
- Granovetter, M. S. (1973). The strength of weak ties. *American Journal of Sociology*, 78(6), 1360–1380. <http://doi.org/10.1086/225469>
- Grassmann, O., Enkel, E. and Chesbrough, H. (2010). The future of open innovation. *R&D Management*, 40(3), 213-221.
- Hamano, Y. (2011). *Commercialization Procedures: Licensing, Spinoffs and Start-ups*. Recuperado de http://www.wipo.int/edocs/mdocs/aspac/en/wipo_ip_han_11/wipo_ip_han_11_ref_t7b.pdf
- Hanneman, R. A., & Riddle, M. (2011). Concepts and measures for basic network analysis. In J. Scott & P. J. Carrington (Eds.), *The SAGE Handbook of Social Network Analysis* (pp. 340–369). London, UK: SAGE Publications Ltd.
- Hansen, L. (2006). Los Orígenes de la Fuerza Aérea Mexicana, 1913-1915. *Historia Mexicana*, 56(1), 175-230. Recuperado de <http://www.jstor.org/stable/25139701>
- Hargadon, A. (2003). *How Breakthroughs Happen, The Surprising Truth about How Companies Innovate*. USA: Harvard Business School Press.
- Haskell, J. (1978). An eclectic method. *Tesol Newsletter*. 11(2).

- Hoen, A. (2002). Identifying Linkages with a Cluster-based Methodology. *Economic Systems Research*, 14(2), 131-146. DOI: 10.1080/09535310220140933.
- Hualde, A. y Carrillo, J. (2007). *La industria aeroespacial en Baja California, Características productivas y competencias laborales y profesionales*. El Colegio de la Frontera Norte, Tijuana. (ISBN:968-7947-65-9)
- Hurtado, I. y Toro, J. (2005). *Paradigmas y Métodos de Investigación en tiempos de cambio*. Venezuela: Episteme Consultores Asociados C. A. ISBN 980-328-413-4
- IMPI. (2021). IMPI en cifras. México. Recuperado de <https://www.gob.mx/impi/documentos/instituto-mexicano-de-la-propiedad-industrial-en-cifras-impi-en-cifras>.
- IMPI. (2021b). Tu Gaceta. Gaceta de la Propiedad Industrial. México. Recuperado de <https://siga.impi.gob.mx/newSIGA/content/common/principal.jsf>
- INEGI. (2018). *Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte, México: SCIAN 2018*. México: INEGI.
- INEGI. (2018b). *Colección de estudios sectoriales y regionales. Conociendo la Industria aeroespacial*. Recuperado de: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/315125/conociendo_la_industria_aeroespacial_23mar2018.pdf
- INEGI. (2020). *Censos Económicos, Sistema Automatizado de Información Censal (SAIC)*. México. Recuperado de <https://www.inegi.org.mx/app/saic/default.html>
- INEGI. (2020b). *DENUE Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas*. México. Recuperado de <https://www.inegi.org.mx/app/saic/default.html>
- INEGI. (2020c). *Encuesta Nacional de Empleo (ENE)*. México. Recuperado de <https://www.inegi.org.mx/programas/ene/2004/#Tabulados>
- Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología Francisco José de Caldas. (2007). *Las empresas de base tecnológica e innovadoras y su relación con los fondos de inversión en capital*. Recuperado de <https://www.uis.edu.co/webUIS/es/investigacionExtension/documentos/cartillaCapitalRiesgo.pdf>
- IPN. (2020). *Centros y Secciones de Estudios de Posgrado*. México. Recuperado de <https://www.ipn.mx/posgrado/conocenos/directorio-centros.html>

- Kahn, K. (2018). Understanding innovation. *Business Horizons*, 61, 453-460.
- Kerr, A. & Ó Riain, S. (2009). Knowledge Economy. En R. Kitchin y N. Thrift (eds), *International Encyclopedia of Human Geography, Volume 6*, (pp. 31–36). Oxford: Elsevier.
- Kogut, B. and Zander, U. (1992). Knowledge of the firm, combinative capabilities, and the replication of technology. *Organizational science*, 3(3), 383-397.
- Koster, S. (2004). Spin-off firms and individual start-ups. Are they really different? En R. Camagni (Presidencia), *Regions and Fiscal Federalism*. Conferencia llevada a cabo en el 44th ERS conference, Porto, Portugal.
- Krugman, P. (1991). *Geography and Trade*. Cambridge MA: MIT Press.
- Krugman, P. y Venables, A. (1996). Integration, specialization, adjustment. *European Economic Review*, 40, 959- 968.
- Larios, F. (2018). Spin-off / spin-out. *Puntoycoma número 56, colaboraciones*. Recuperado de <http://ec.europa.eu/translation/bulletins/puntoycoma/56/pyc562.htm>
- Laursen, K and Salter, A. (2006). Open for innovation: the role of openness in explaining innovation performance among U.K. manufacturing firms. *Strategic Management Journal*, 27, 131–150.
- Lazarin, F. (2004). El transporte aéreo en México y sus impactos económicos. La historia económica hoy, entre la economía y la historia. SIMPOSIO 13 llevado a cabo en el 2º Congreso Nacional de Historia Económica, México 27 – 29 de octubre de 2004. p. 1-15.
<http://herzog.economia.unam.mx/amhe/memoria/simposio13/Federico%20LAZARI%20MIRANDA.pdf>
- Ley de Ciencia, Tecnología e Innovación Para el Estado de Baja California, (2012). Recuperado de: http://foroconsultivo.org.mx/asuntos/legislativos/marco_institucional_cti/docs/leyes_estatales/ley_baja_california.pdf
- Ley de Fomento a la Competitividad y Desarrollo Económico, (2005). Recuperado de: https://www.congresobc.gob.mx/Documentos/ProcesoParlamentario/Leyes/TOMO_VII/30112018_LEYFOMCOMPETI.PDF

- López, V. (2004). La industrialización de la frontera norte de México y los modelos exportadores asiáticos. *Comercio Exterior*, 54(8), 674-680.
- Lucas, R. E. (1990). Why doesn't Capital Flow from Rich to Poor Countries? *The American Economic Review*, 80(2), 92-96.
- Lundvall, B.-A. (1992). National Systems of Innovation: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning. London: Pinter.
- Lundvall, B.-A. and Nielsen, P. (2007). Knowledge management and innovation performance. *International Journal of Manpower*, Vol. 28, Issue 3/4, pp.207-223.
- Macías, A. (2015). *Fuerza Aérea Mexicana; una travesía histórica*. Guanajuato, México: Fuerza Aérea Mexicana. Recuperado de <https://odiseo.com.mx/files/maciasnarro-2015-fuerzaaereamexicana.pdf>
- March, J. (1991). Exploration and Exploitation in Organizational Learning. *Organization Science*, 2(1), 71-87.
- Martínez, J. (2011). Centripetal forces in aerospace clusters in Mexico. *Innovation and Development*, 1(2), 303-318. DOI: 10.1080/2157930X.2011.605872
- Medina, D. (2014). *Integración de herramientas de apoyo a la gestión por el conocimiento*. Matanzas: Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos".
- Medina, D., Medina, A. y Nogueira, D. (2017). Procesos y factores claves de la gestión del conocimiento. *Universidad y Sociedad*, 9(3), 16-23. Recuperado de <https://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/article/view/601>
- Méndez, M. (2016). La aviación militar durante la posrevolución. En Cámara de Diputados LXII Legislatura, Comisión de Defensa Nacional y Secretaria de la Defensa Nacional (Eds.), *Fuerza Aérea Mexicana. La aviación militar. Un siglo de historia (1915-2015)* (pp. 97-134). México: ALDVS.
- Metalmecánica Internacional. (2010, Agosto). México Consolida su Industria Aeroespacial. Recuperado de: <https://www.metalmecanica.com/temas/Mexico-consolida-su-industria-aeroespacial+7079021?pagina=2>
- Montoya, D. (2016). Startup y Spinoff: definiciones, diferencias y potencialidades en el marco de la economía del comportamiento. *Contexto*, (5), 141-152.
- Morán, C. y Mayo, A. (2013). La ingeniería en la industria aeroespacial. *Estado del Arte y Perspectiva de la Ingeniería en México y en el Mundo*. Academia de Ingeniería de

- México. Recuperado de <http://www.observatoriodelaingenieria.org.mx/docs/pdf/5ta.%20Etapa/15.La%20ingenier%C3%ADa%20en%20la%20industria%20aeroespacial%20en%20M%C3%A9xico.pdf> <22-mzo-2019>
- Morante, D. y López, W. (2018). Análisis de modelos de clústeres aeroespaciales más representativos a nivel mundial y su incidencia para el desarrollo del Clúster Aeroespacial del Valle del Cauca. *Ciencia y Poder Aéreo*, 13(1), 114-122. doi: <https://doi.org/10.18667/cienciay poderaereo.591>
- Moreno, R. (1993). Los primeros aeronautas en México: Adolfo Theodore (1833-1835) vs. Eugenio Robertson (1835). *TEMPUS Revista de Historia de la Facultad de Filosofía y Letras, UNAM*, No. 1. Pp.83-106. Obtenida de: http://ru.ffyl.unam.mx/bitstream/handle/10391/1032/06_Tempus_1_%201993_Moreno_83-106.pdf?sequence=6&isAllowed=y
- Mowery, D. (1983). The relationship between intrafirm and contractual forms of industrial research in American manufacturing, 1900–1940. *Explorations in Economic History*, 20, pp. 351–374.
- NACE Rev 2, (2008). Statistical classification of economic activities in the European Community. Eurostat, European Commission. Recuperado de <https://ec.europa.eu/eurostat/documents/3859598/5902521/KS-RA-07-015-EN.PDF.pdf/dd5443f5-b886-40e4-920d-9df03590ff91?t=1414781457000>
- NAICS, (2017). *North American Industry Classification System*. Executive Office of the President of United States. Recuperado de https://www.census.gov/naics/reference_files_tools/2017_NAICS_Manual.pdf
- Nelson, R. (1993). Technical Innovation and National Systems. En R. Nelson. (Eds), *National Innovation Systems: A Comparative Analysis*. Ney York: Oxford University Press.
- Nelson, R and Winter, S. (1982). *An Evolutionary theory of Economic Change*. Cambridge MA: Harvard University Press.
- Newton, A. (1974). Current trends in language teaching. *English Teaching Forum*, 12(1).
- Niosi, J. and Zhegu, M. (2005). Aerospace Clusters: Local or Global Knowledge Spillovers?, *Industry and Innovation*, 12(1). pp. 5–29.

- Nonaka, I. (1994). A Dynamic Theory of Organizational Knowledge Creation. *Organization Science*, Vol. 5, No. 1 (Feb., 1994), pp. 14-37.
- Nonaka, I y Takeuchi, H. (1995). *The knowledge-creating company: How Japanese Companies Create the Dynamics of Innovation*. Oxford University Press. New York-Oxford.
- Nonaka, I y Takeuchi, H. (1999). *La organización creadora del conocimiento*. Mexico: Oxford University Press.
- North, D. (1990). *Institutions, Institutional Change and Economic Performance*. Cambridge, UK: University Press.
- North, D. (1991). Institutions. *The Journal of Economic Perspectives*, Winter, Vol. 5, No. 1, (pp. 97-112)
- OECD. (1996). *The Knowledge-Based Economy*. París. Recuperado de <https://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=OCDE/GD%2896%29102&docLanguage=En>
- OECD. (2015). *Introduction: The New Spin on Spin-offs. OECD Better policies for better lives*. Recuperado de <http://www.oecd.org/sti/sci-tech/introductionthenewspinonspinoffs.htm>
- OECD. (2014). *The Space Economy at a Glance 2014*. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.1787/9789264217294-en>
- OECD. (2016). *Space and Innovation*. Recuperado de <https://dx.doi.org/10.1787/9789264264014-en>
- Partnership Washington Aerospace (2013). *The Washington Aerospace Industry Strategy*. Recuperado de: <https://www.engr.washington.edu/files/facresearch/uw-arc/docs/wa-aero-industry-strategy2013.pdf>
- Peluffo, M. y Catalán, E. (2002). *Introducción a la gestión del conocimiento y su aplicación al sector público*. CEPAL - SERIE Manuales N° 22. Santiago de Chile: Naciones Unidas.
- Pérez, C. (2004). *Técnicas de análisis multivariante de datos, aplicaciones con SPSS*. Madrid, España: Pearson Prentice Hall.
- Pérez, H. M. (2016). Las organizaciones intermedias en los procesos de innovación en México. *Perfiles Latinoamericanos*. 24(48), pp. 161-183.

- Pérez, P. (2011). Innovación y organismos intermedios en México: el caso de la biotecnología agrícola. En Villavicencio, D., Martínez, A. & López, P. (Ed.). *Dinámicas institucionales y políticas de innovación en México*. México: Plaza y Valdés.
- Petrides, A., & Nodine, R. (2003). Knowledge management in education: defining the landscape. Half Moon Bay. California: Institute for the Study of Knowledge Management in Education.
- Polanyi, M. (1966). *The Tacit Dimension*. New York: Doubleday & Company, Inc.
- Ponjuán, G. (2006). *Introducción a la Gestión del Conocimiento*. La Habana: Félix Varela.
- Ponti, F. (2010). *Los siete movimientos de la Innovación*. Bogotá, Colombia: Editorial Norma.
- Porter, M. (1998). Clusters and Competition: New Agendas for Companies, Governments, and Institutions. En *On Competition*. 7, Boston: Harvard Business School Press.
- Porter, M. (1998b). Clusters and the New Economics of Competition. *Harvard Business Review*, 76 (6), 77-90.
- PriceWaterhouseCoopers. (2020). *2020 Aerospace manufacturing attractiveness rankings. A Geographic assessment for aerospace manufacturing investments*. Recuperado de: <https://www.pwc.com/us/en/industries/aerospace-defense/assets/pwc-ffg-aerospace-defense-manufacturing-annual-report-2020.pdf>
- PRODUCEN. (2006). *Desarrollo del clúster aeronáutico en Baja California 2005-2006*. Baja California: Producen-Centro de inteligencia Estratégica.
- PROMEXICO. (2014). Plan Nacional de Vuelo, Industria Aeroespacial Mexicana, Mapa de Ruta 2014. Recuperado de: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/60149/MRT-Aeroespacial-2014.pdf>
- Prusak, L. (2001). Where did knowledge management come from? *IBM Systems Journal*. Vol. 40, No. 4. pp. 1002-7.
- Quintana, E. y Ortigoza, N. (22 de abril de 2015). México será potencia aeronáutica. *El Financiero*. Recuperado de <https://www.elfinanciero.com.mx/economia/mexico-sera-potencia-aeronautica.html>

- Quintana, Y. (2006). Gestión por el conocimiento en la carrera de Ingeniería Industrial. Administración de operaciones. (Tesis en opción al grado científico de Máster en Ciencias). Matanzas: Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”.
- RAE. (2018). *Real Academia Española*. Recuperado de <https://dle.rae.es/investigar>
- Ramos-Vidal, I. (2015). Análisis de redes sociales: una herramienta efectiva para evaluar coaliciones comunitarias. *Revista de Salud Pública*, 17(3), 323 – 336. DOI: <http://dx.doi.org/10.15446/rsap.v17n3.43051>
- Ries, E. (2012). *El método Lean Startup. Cómo crear empresas de éxito utilizando la innovación continua*. Barcelona, España: Deusto.
- Ríos, I. (2016). Escuadrón 201 Héroes del Pacífico. En Cámara de Diputados LXII Legislatura, Comisión de Defensa Nacional y Secretaría de la Defensa Nacional (Eds.), *Fuerza Aérea Mexicana. La aviación militar. Un siglo de historia (1915-2015)* (pp. 135-160). México: ALDVS.
- Roche, M. (1963). *Bitácora-63*, Caracas: Ediciones IVIC
- Romero, J. (2011). La hélice anáhuac, un siglo después. *CIENCIA@UAQ*. 11-21.2011 https://www.uaq.mx/investigacion/revista_ciencia@uaq/ArchivosPDF/v4-n3/t4.pdf, 18-feb-2019
- Sabato, J. (1979). *Ensayo en campera*. Buenos Aires: Juárez Editor.
- Sakkab, N. (2002). Connect and develop complements research and develop at P&G. *Research Technology Management*, 45(2), 38–45.
- Schauz, D. (2014). What is Basic research? Insights from Historical Semantics. *Minerva*, (52), 273-328. doi: 10.1007/s11024-014-9255-0
- Schultze, H. (1943). Grundlagenforschung und Zweckforschung in der Modernen Geographie. *Petermanns Geographische Mitteilungen*, 89, 193–203.
- Schumpeter, J. (1942). *Capitalism, Socialism and Democracy*. New York: Harper & Row.
- Schumpeter, J. (1976). *Teoría del desenvolvimiento económico*. México: FCE.
- Secretaría de Economía (SE). (2010). *Baja California*. Recuperado de <http://www.2006-2012.economia.gob.mx/delegaciones-de-la-se/estatales/baja-california>
- Secretaría de Economía (SE). (2011). *Directorio Aeroespacial 2011*. Recuperado de: <http://www.2006->

- 2012.economia.gob.mx/files/comunidad_negocios/industria_comercio/Directorio%20Aeroespacial%202011.pdf
- Secretaría de Economía (SE). (2017). *Pro-Aéreo 2.0, Programa Estratégico de la Industria Aeroespacial*. Recuperado de <https://drive.google.com/file/d/1xQlSpopaMcODlJczEmgE45z4O5LFZNTX/view>
- Secretaría de Innovación y Desarrollo Económico, Chihuahua. (2018). *Perfil Estratégico 2018, Aeroespacial en el estado de Chihuahua*. Recuperado de: http://www.chihuahua.com.mx/content/SECTORIALES/2018/Aeroespacial_FINAL_WEB.pdf
- SEDENA. (2015). Creación de la Fuerza Aérea Mexicana. *Momentos Estelares del Ejército Mexicano*. Colección Memoria, Fascículo 6. Recuperado de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/3168/portada_momentos_estelares.pdf
- SEDENA. (2019). *Historia de la Escuela Militar de Aviación. Antecedentes Históricos*. Recuperado de <https://www.gob.mx/sedena/acciones-y-programas/historia-de-la-escuela-militar-de-aviacion>
- Senge, P. (1992). *La quinta disciplina: El arte y la práctica de la organización abierta al aprendizaje*. Barcelona: Granica.
- Shenhar, A. Holzmann, V. Melamed, B. y Zhao, Y. (2016). The Challenge of Innovation in Highly Complex Projects: What Can We Learn from Boeing's Dreamliner Experience? *Project Management Journal*, 47(2), 62–78. DOI: 10.1002/pmj
- Solórzano, J. (2016). Grandes Vuelos en México y Sus Protagonistas. En Cámara de Diputados LXII Legislatura, Comisión de Defensa Nacional y Secretaría de la Defensa Nacional (Eds.), *Fuerza Aérea Mexicana. La aviación militar. Un siglo de historia (1915-2015)* (pp. 59-96). México: ALDVS.
- Stiglitz, J. (1998). *Towards a New Paradigm for Development: Strategies, Policies, and Process*. World Bank, Prebisch Lecture, October 19.
- Turkina, E., Assche, A-V, and Kali, R. (2016). Structure and evolution of global cluster networks: evidence from the aerospace industry. *Journal of Economic Geography*, 16, pp. 1211–1234. doi:10.1093/jeg/lbw020

- UNAM. (2020). *Institutos, Centros y Programas*. México. Recuperado de <https://www.unam.mx/investigacion/institutos-centros-y-programas>
- USPTO. (2021). *United States Patent and Trademark Office. Search for patents*. México. Recuperado de <https://www.uspto.gov/patents/search>
- Valaskakis, K. (1975). The eclectics paradigm, a proposed methodology for futures studies. *Futures*, December, 451-462.
- van den Berg, L., Braun, E. and van Winden, W. (2001). Growth Clusters in European Cities: An Integral Approach. *Urban Studies*, 38 (1), 185–205. DOI: 10.1080/00420980020014875
- Villarreal, R. (1954). *Algunos aspectos de la aviación comercial en México*. Instituto Tecnológico de México, México.
- Von Thünen, J. (1826) (1966). *Der isolierte Staat, The Isolated State*. Pergamon Press, Oxford, Inglaterra.
- Wasserman, S. y Faust, K. (1994). *Social Network Analisis. Methods and Applications*. Cambridge University Press. New York, EUA.
- Weber, A. (1929). *Theory of Location of Industries*. Ed. Friedrich C. Chicago, Illinois: The University of Chicago Press.
- Wixted, B. (2009). *Innovation System Frontiers, Cluster Networks and Global Value*. DOI: 10.1007/978-3-540-92786-0
- Yeager, T. (1999). *Institutions, transition economies, and economic development. The political economy of global interdependence*. Capítulos 1-5. Westview Press.