



Universidad Autónoma de Querétaro
Facultad de Contaduría y administración
Doctorado en Gestión Tecnológica e Innovación

Infraestructura de metrología y acreditación como indicador de los Sistemas
Regionales de Innovación en México.

TESIS

Que como parte de los requisitos para obtener el Grado de Doctora en Gestión
Tecnológica e Innovación

Presenta

Esther Castro Galván

Dirigido por

Dra. Iliá Violeta Cázares Garrido

Dra. Iliá Violeta Cázares Garrido
Presidente
Dr. Enrique Leonardo Kato Vidal
Secretario
Dra. Alejandra Elizabeth Urbiola Solís
Suplente
Dr. Juan José Méndez Palacios
Suplente
Dra. Josefina Morgan Beltrán
Vocal

Ciudad Universitaria, Querétaro Qro.
Octubre 2023



Dirección General de Bibliotecas y Servicios Digitales
de Información



Infraestructura de metrología y acreditación como
indicador de los Sistemas Regionales de Innovación
en México

por

Esther Castro Galván

se distribuye bajo una [Licencia Creative Commons
Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

Clave RI: CADCC-275135

Dedicatoria

A Paula y Turiano.

A mis hermanos con cariño.

A la doctora Cázares por su apoyo y guía.

A todos los maestros que me apoyaron en el desarrollo de este trabajo.

A Ismael Castelazo por su apoyo fundamental e incondicional.

Agradecimientos

Un especial agradecimiento a todas las instituciones que contribuyeron al desarrollo de este trabajo de investigación.

Trabajo realizado con apoyo del Fondo de Proyectos Especiales de la Rectoría (FOPER) 2022, FOPER-2022-FCA02597.

Centro Nacional de Metrología, por compartir sus datos y por todo su apoyo a través del Sistema de Desarrollo Profesional (SIDEPRO).

Al Consejo Nacional de Humanidades Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT) por la beca otorgada para culminar los estudios de doctorado.

ÍNDICE

ÍNDICE	4
Índice de Tablas	7
Índice de Figuras	11
ABREVIATURAS Y SIGLAS	13
RESUMEN	14
ABSTRACT	15
1. INTRODUCCION	16
1.1 Introducción	16
1.2 Planteamiento del problema	22
1.3 Justificación	26
2. ANTECEDENTES	31
2.1. Innovación	31
2.1.1 Ambientes de innovación	35
2.2 Sistemas de Innovación	37
2.2.1 Distritos o comarcas industriales	39
2.2.2 Clústers	40
2.2.3 Polos de Innovación tecnológica (PIT)	40
2.3 Sistemas Regionales de Innovación	41
2.3.1 Instituciones que apoyan a la innovación en el Sistema de Innovación en México ..	41
2.4 La metrología y la industria	42
2.4 Institutos Nacionales de Metrología	45
2.5.1 Centro Nacional de Metrología	46
2.5.2 Acreditación	49
3.0 MARCO TEÓRICO	52
3.1 Sistemas Regionales de Innovación	52
3.1.1 Limitaciones del modelo de Sistema Regional de Innovación e indicadores	58
3.2 Tipologías de los Sistemas Regionales de Innovación	65
3.2.1 Tipologías empíricas	65

3.2.2	Tipologías conceptuales	69
4.0	HIPÓTESIS Y OBJETIVOS.....	74
4.1	Hipótesis.....	74
4.2	Objetivos	74
4.2.1	Objetivo general	74
4.2.2	Objetivos específicos	74
5.0	METODOLOGIA	76
5.1	Diseño Metodológico	76
5.1.1	Estadística descriptiva	78
5.2	Análisis factorial y de conglomerados para la determinación de grupos homogéneos	78
5.2.1	Análisis factorial (AF).....	78
5.2.2	Análisis de conglomerados	83
5.3	Descripción de variables.....	86
5.4	Análisis de variables para identificación de indicadores de interacción y cooperación con el método comparativo (QCA por sus siglas en inglés)	99
5.4.1	Análisis cualitativo comparado	99
5.4.2	Instrumento de medición	101
5.4.3	Prueba de confiabilidad de Cronbach del instrumento	101
5.4.4	Definición operacional.....	102
5.4.5	Selección de casos	104
5.5	csQCA dicotómico	104
5.5.1	Tabla de verdad	105
6.0	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	106
6.1	Estadística descriptiva	106
6.2	Análisis factorial y de conglomerados para la caracterización de grupos homogéneos .	108
6.2.1	Estadística descriptiva de cada variable seleccionada	113
6.3	Análisis de conglomerados	117
6.3.1	Descripción de los conglomerados	121
6.3.2	Elaboración de indicadores sintéticos	144
6.4	Análisis de variables para identificación de indicadores de interacción y cooperación con el método comparativo (QCA por sus siglas en inglés).....	146
6.4.1	Análisis dicotómico.....	146

6.4.2	Análisis fuzzyQCA.	152
7.0	CONCLUSIONES	156
	REFERENCIAS.....	162
	ANEXO I.....	174
	ANEXO II.....	175
	ANEXO III.....	178

Índice de Tablas

1 Tabla 2.1 <i>Resumen de los tipos de innovación y los investigadores proponentes. Elaboración propia.</i>	34
2 Tabla 2.2. Diferentes tipos de sistemas de innovación	38
3 Tabla 3.1. Ejemplo de las variables seleccionadas en diferentes estudios de tipologías regionales. Elaboración propia.	67
4 Tabla 3.2. Ejemplo de las variables seleccionadas en diferentes estudios de tipologías regionales. Elaboración propia.	68
5 Tabla 3.3. Características principales de los SRI potenciales. Elaboración propia. Fuente: Fuente: Cooke et al., 1998, p. 1577	69
6 Tabla 3.4. Características conceptuales de tipologías de SRI. Elaboración propia. Fuente: Vivar M., et al. 2010.	70
7 Tabla 3.5. Clasificación de los SRI de acuerdo a los estudios conceptuales. Elaboración propia.....	71
8 Tabla 5.1 Comparación de variables entre este estudio y los tradicionales	88
9 Tabla 5.2 Variables seleccionadas para el análisis de tipologías regionales por estado.....	91
10 Tabla 5.3 Variables seleccionadas para el análisis de tipologías regionales por estado.....	92
11 Tabla 5.4. Variables seleccionadas para el análisis de tipologías regionales por estado.....	93
12 Tabla 5.5. Variables seleccionadas para el análisis de tipologías regionales por estado.....	94
13 Tabla 5.6. Variables seleccionadas para el análisis de tipologías regionales por estado.....	95
14 Tabla 5.7. Variables seleccionadas para el análisis de tipologías regionales por estado.....	96
15 Tabla 5.8. Variables seleccionadas para el análisis de tipologías regionales por estado.....	97

16 Tabla 5.9. Variables seleccionadas para el análisis de tipologías regionales por estado.....	97
17 Tabla 5.10. Variables seleccionadas para el análisis de tipologías regionales por estado.....	98
18 Tabla 5.11. Criterios de aceptación para el indicador alfa de Cronbach	102
19 Tabla 5.12. Variables del instrumento y sus correspondientes preguntas a la industria.....	103
20 Tabla 5.13. Variable dependiente e independientes para la construcción de la tabla de verdad. Elaboración propia.	104
21 Tabla 5.14 Criterios de aceptación para el indicador alfa de Cronbach	105
22 Tabla 6.1 Resumen de los principales servicios del CENAM del 2010-2021. Fuente: CENAM. Elaboración propia.	107
23 Tabla 6.2. Tipo y número de servicios de calibración promedio por entidad federativa. Fuente: Base de datos CENAM. Elaboración propia.	107
24 Tabla 6.3. Variables e indicadores finales resultado del AF.....	111
25 Tabla 6.4 Resumen de las cargas de factores rotados y comunalidades de las variables analizadas por AF (rotación Varimax)	112
26 Tabla 6.5. Estadística descriptiva de todas las entidades federativas para cada una de las variables estudiadas. Elaboración propia Minitab.	114
27 Tabla 6.6. Componentes por conglomerado de acuerdo al análisis. Elaboración propia.	118
28 Tabla 6.7 Estadística descriptiva de las variables PROD1, DEM 1, AC, SMP y VA en cada conglomerado. Elaboración propia MiniTab.....	123
29 Tabla 6.8 Estadística descriptiva de cada variable en cada conglomerado. Elaboración propia MiniTab.	124
30 Tabla 6.9 Estadística descriptiva de cada variable en cada conglomerado. Elaboración propia MiniTab.	125
31 Tabla 6.10 Clasificación de los conglomerados por variable. Elaboración propia Excel.....	126

32 Tabla 6.11 Clasificación de los conglomerados por variable. Elaboración propia Excel.....	126
33 Tabla 6.12. Descripción de las características de los conglomerados con las regiones que incluye cada uno. Elaboración propia.....	127
34 Tabla 6.13. Estadística descriptiva para las variables del conglomerado 1. Elaboración propia Minitab.	128
35 Tabla 6.14. Descripción de las características de los conglomerados con las regiones que incluye cada uno. Elaboración propia.....	130
36 Tabla 6.15. Estadística descriptiva para las variables del conglomerado 2. Elaboración propia Minitab.	131
37 Tabla 6.16. Descripción de las características del conglomerado 3 con las regiones que incluye cada uno. Elaboración propia.....	133
38 Tabla 6.17. Estadística descriptiva para las variables del conglomerado 3. Elaboración propia Minitab.	135
39 Tabla 6.18. Descripción de las características de los conglomerados con las regiones que incluye cada uno. Elaboración propia.....	137
40 Tabla 6.19. Estadística descriptiva para las variables del conglomerado 4. Elaboración propia Minitab.	138
41 Tabla 6.20. Descripción de las características de los conglomerados, 5, 6, 7 y 8. Elaboración propia.....	143
42 Tabla 6.21. Indicadores sintéticos y ranking (categorías) de regiones. Elaboración propia de acuerdo a metodología Cicowiez (2003).....	145
43 Tabla 6.22. Resultado de todas las combinaciones dicotómico QCA. Elaboración propia software fuzzyQCA.....	148
44 Tabla 6.23. Resultado parsimonioso dicotómico QCA. Elaboración propia software fuzzyQCA.	148
45 Tabla 6.24. Resultado intermedio dicotómica QCA. Elaboración propia software fuzzyQCA.	149
46 Tabla 6.25. Tabla de verdad dicotómica para análisis por QCA e identificación de variables. Elaboración propia.....	151

47	Tabla 6.26. Resultado del análisis fuzzyQCA. Elaboración propia software fuzzyQCA	152
48	Tabla 6.27. Tabla de verdad para análisis por fuzzy QCA	154

Índice de Figuras

1 Figura.1.1 Línea del tiempo del Surgimiento de instituciones y leyes en el periodo de entrada al Tratado de Comercio. Elaboración propia. _____	21
2 Figura 1.2. <i>Comparación del número de patentes otorgadas en México en el periodo de 1940-2015. Fuente: Campa, J. (2018). Elaboración propia.</i> _____	25
3 Figura 2.1 Sistema Mexicano de Innovación. Principales agentes y vinculaciones. Fuente: Dutrénit, et al. (2010). El Sistema Nacional de Innovación Mexicano: Instituciones, políticas, desempeño y desafíos, p-93. _____	39
4 Figura 2.2. Red de interacciones Nacional e Internacional del CENAM con diferentes instituciones públicas y privadas. Elaboración propia. _____	48
5 Figura 2.3. Tendencia de laboratorios de calibración acreditados por la ema 1999-2020. Fuente: Ema (2022). Elaboración propia. _____	50
6 Figura 2.4. Cadena de trazabilidad metrológica. _____	51
7 Figura. 3.1. Sistema Regional de Innovación y Sistema Nacional de Innovación. Modificación propia. Fuente: Dutrénit, G., et al. p.93, 2010; Vivar M., et. al., p. 8, (2010) _____	56
8 Figura. 6.1 Histograma con curva normal de la variable INEV451_1, Investigación y Desarrollo Tecnológico (IDT) en el sector productivo, en las 32 entidades federativas. Elaboración propia MiniTab. _____	115
9 Figura. 6.2 Histograma con curva normal de la variable SMP, servicios metrológicos primarios 32 entidades federativas. Elaboración propia MIniTab. _	116
10 Figura 6.3 Histograma con curva normal de la variable AC, acreditaciones en las 32 entidades federativas. Elaboración propia MiniTab. _____	116
11 Figura 6.4. Dendograma del análisis de conglomerados por variables. Elaboración propia utilizando Minitab. _____	119
12 Figura 6.5. Dendograma del análisis de conglomerados (4) por región y distancia. Elaboración propia utilizando Minitab. _____	120

13 Figura 6.6. Dendograma del análisis de conglomerados (8) por región y similitud. Elaboración propia utilizando Minitab.	122
14 Figura. 6.6 Histograma con curva normal de la variable INEV052_2 en el conglomerado 1. Elaboración propia MiniTab.	129
15 Figura. 6.7 Histograma con curva normal de la variable AC en el conglomerado 1. Elaboración propia MiniTab.	129
16 Figura 6.8 Histograma con curva normal de la variable AC en el conglomerado 2. Elaboración propia MiniTab.	132
17 Figura 6.9 Histograma con curva normal de la variable SMP en el conglomerado 2. Elaboración propia MiniTab.	132
18 Figura 6.10 Histograma con curva normal de la variable AC en el conglomerado 3. Elaboración propia MiniTab.	136
19 Figura 6.11 Histograma con curva normal de la variable SMP en el conglomerado 3. Elaboración propia MiniTab.	136
20 Figura 6.12 Histograma con curva normal de la variable AC en el conglomerado 4. Elaboración propia MiniTab.	139
21 Figura 6.13 Histograma con curva normal de la variable SMP en el conglomerado 4. Elaboración propia MiniTab.	139
22 Figura 6.14 Grafica comparativa entre la CDMX y el Edo. De México para todas las variables. Elaboración propia Excel.	141

ABREVIATURAS Y SIGLAS

BIPM, Oficina Internacional de Pesas y Medidas

CENAM, Centro Nacional de Metrología

CGPM, Conferencia General de Pesas y Medidas

CPI, Centro Público de Investigación

CMC, Capacidades de Medición y de Calibración

EA, Ensayo de Aptitud

IES, Instituciones de Educación Superior

ILAC, Cooperación de Internacional para la Acreditación de Laboratorios

INM, Instituto Nacional de Metrología

IPI, Institutos Públicos de Investigación

INDRE, Instituto de Diagnóstico y de Referencia Epidemiológicos

MRA, Arreglo de reconocimiento Mutuo

OIML, Organización Internacional de Metrología Legal

SIM, Sistema Interamericano de Metrología

RESUMEN

El estudio tuvo por objetivo buscar posibles relaciones de vinculación y colaboración entre la infraestructura metrológica y de acreditación que influyen en un Sistema Regional de Innovación (SRI). La metodología utilizada es de carácter mixto caracterizando los 32 estados de la República, utilizando análisis factorial (AF) y de conglomerados con 16 variables de innovación, de metrología y acreditación éstas últimas se construyeron a partir de bases de datos de servicios proporcionados por instituciones especializadas. Se realizó un análisis cualitativo comparativo (QCA) con 9 empresas manufactureras para evaluar las relaciones de colaboración que involucran metrología y acreditación mediante un cuestionario. Uno de los resultados más importantes fue que, de acuerdo al AF, las variables de metrología y acreditación pueden explicar el 23 % de la varianza, y en conjunto con todas las variables explican el 83 % de varianza. Los conglomerados obtenidos se caracterizan en términos del desarrollo de metrología y acreditación. El análisis por QCA aportó evidencia para considerar que sí existen relaciones causales de equifinalidad, conjetural y de asimétrica, relacionadas con variables de colaboración, metrología y acreditación. En un análisis más detallado de QCA, se obtuvo información para enfatizar que las condiciones suficientes a destacar fueron las de metrología y colaboración. Se concluyó que sí existen relaciones de vinculación y colaboración entre la infraestructura metrológica y de acreditación con variables de innovación y tecnología dentro de los SRI. Los resultados del estudio tanto de la parte cuantitativa como cualitativa deben ahondarse con el estudio de más casos que permitan reforzar estos primeros resultados y estudiar más variables para el de AF.

Estos resultados abren una nueva línea de investigación que proporciona evidencia objetiva de la importancia de instituciones puente, en este estudio proveedoras de servicios de metrología y acreditación, dentro de un SRI y su importancia en el desarrollo de la tecnología y la innovación.

Palabras clave: Sistema regional de Innovación, metrología, acreditación, análisis factorial, QCA.

ABSTRACT

The objective of this study was to search for possible linking and collaboration relations between the metrology and accreditation infrastructure on the one hand, and a Regional Innovation System (RIS) on the other. The methodology employed is a mixed one, characterizing the 32 Mexican states using factorial (FA) and cluster analysis, with 16 innovation, metrology and accreditation variables. These last variables were computed using a data base of services provided by specialized institutions. A Qualitative Comparative Analysis (QCA) was performed with 9 manufacturing organizations in order to evaluate the collaboration relations involving metrology and accreditation with the help of a questionnaire. One of the most important results was that, according to the FA, the metrology and accreditation variables are capable of explaining 83 % of the variance. The clusters obtained are characterized in terms of the development of metrology and accreditation. The QCA analysis provided evidence to assume that there are indeed causal, equifinality, conjectural and asymmetrical relations, linked to metrology, accreditation and collaborations variables. A more detailed QCA analysis produced information to claim that the salient sufficient conditions were those related to metrology and collaboration. It was concluded that there exist linking and collaboration relations among the metrology and accreditation infrastructure with variables related to innovation and technology within the RIS. The results of the study, both qualitative and quantitative, should be further improved with the study of additional cases, so that these first results may be reinforced and more variables may be added to the FA.

These results open up a new line of research that provides objective evidence of the importance of intermediary institutions (in this work metrology and accreditation service providers) within a RIS, and its importance in the development of technology and innovation.

Keywords: Regional Innovation System, metrology, accreditation, factor analysis, QCA.

1. INTRODUCCION

1.1 Introducción

En los años 90 como preparación y consecuencia del tratado comercial entre México, Canadá y Estados Unidos, actualmente conocido como tratado entre México, Estados Unidos y Canadá (TEMEC), se enfatizó el papel primordial del desarrollo tecnológico y de las capacidades innovadoras. El gobierno desarrolló programas especiales dirigidos a la Investigación y Desarrollo (I+D) en el sector privado y la innovación en el sector productivo, también se crearon fondos para I+D, para modernizar tecnológicamente a la industria y para fortalecer las capacidades científicas y tecnológicas. Se buscó promover los vínculos que fortalecen la transferencia del conocimiento entre la industria y la academia, crear programas de incubación de empresas en base tecnológica y evidentemente se introdujeron nuevas regulaciones a través de Leyes, normas, políticas etc. Dentro de esta nueva visión se crearon instituciones públicas y privadas, llamadas puente, cuya misión era incentivar la transferencia de tecnología a la industria por lo que se creó el Instituto Mexicano de Protección Industrial (IMPI), el Centro Nacional de Metrología (CENAM, identificado también como Instituto Nacional de Metrología), la entidad mexicana de acreditación (ema), diferentes organismos para la normalización y evaluación de la conformidad como la Asociación de Normalización y Certificación A.C. (ANSE) especializada en el área eléctrica, el Instituto Mexicano de Normalización y Certificación (IMNC), especializado en sistemas de calidad, Normalización y Certificación NYCE, especializado en electrónica e informática, entre otros Figura. 1.1 (Castelazo, 2019; Corona, 2014; Dutrénit et. al. 2010).

El estudio tuvo por objetivo buscar posibles relaciones de vinculación y colaboración entre la infraestructura metrológica y de acreditación que influyen en un Sistemas Regional de Innovación (SRI). Teniendo como proveedoras de

servicios a las instituciones puente que se seleccionaron en este estudio dada su importancia en la industria manufacturera para el aseguramiento de la calidad que es indispensable para las transacciones comerciales.

Por lo que hay que comentar que en la década de los años 90 también se inició un proceso de mayor inversión extranjera en México y diferentes sectores de la industria tuvieron un crecimiento significativo, entre ellos el sector de autopartes y de armadoras automotrices. Empezaron a surgir otros polos o regiones con crecimiento en el sector automotriz, como Querétaro, Guanajuato etc., en 1994 la industria automotriz representaba el 1.9 % del PIB nacional y en 2014 llegó hasta 3 % (Banda, Gómez, y Carrión, 2016; Carbajal, Almonte, y Mejía, 2016; INEGI, 2016).

Un estudio realizado por Carbajal et al., (2016) muestra un análisis del dinamismo de la industria automotriz desde 1980 hasta 2014 y determina cómo la industria se concentra en cuatro regiones, centro, norte, centro-norte y occidente y cómo este crecimiento de cierta forma explica el dinamismo del sector manufacturero.

En 2020 la inversión extranjera directa (IED) América Latina disminuyó, pero no para el sector alimentos, bebidas e industria automotriz. El informe de la CEPAL (2022), para la IED de América Latina y el Caribe (ALyC) informa que el dinamismo en México en 2021 se puede atribuir a los sectores de manufactura en autopartes, productos de hierro y acero y finalmente de electrodomésticos. La IED en ALyC de 2021 se concentró principalmente en Brasil con un 32 % y en México con un 25 %. También se espera que el aumento de la demanda de automóviles eléctricos incentive más la IED y que las cadenas de valor de la producción de estos bienes crezca en México (CEPAL 2022).

El estudio consideró enfocar el papel de instituciones puente dentro de los SRI utilizando indicadores cuantitativos de dos de ellas que son proveedoras de servicios de metrología y acreditación. Para la construcción de indicadores se

utilizaron los servicios que proporcionan dos instituciones, para el caso de la metrología los servicios del CENAM y de acreditación los de la ema. La metrología y la acreditación son parte de lo que se conoce como infraestructura de la calidad y en la industria manufacturera son fundamentales para dar cumplimiento a la calidad de bienes y servicios y de facilitar las transacciones comerciales en condiciones de equidad.

Después de 30 años de que estas instituciones fueron creadas ya existe información suficiente que permite estudiar el papel dentro de los SRI a través de la construcción de indicadores y de diferentes aproximaciones cuantitativas y cualitativas por lo que este estudio permite tener una mirada de cómo la metrología y la acreditación pueden caracterizar a los SRI y vincularse con indicadores de innovación.

El estudio esta dividido en siete capítulos, en el primero se encuentra el planteamiento del estudio y su justificación, enfocando el papel de la innovación en el desarrollo tecnológico, así como el papel de las instituciones puente y el modelo de los Sistemas Regionales de Innovación.

El capítulo 2 esta dedicado a los antecedentes de la innovación cubriendo brevemente aspectos de tipos y ambientes en dónde se da. Después se abarca la idea, desde la perspectiva de la economía evolucionista, de que el desarrollo tecnológico y la innovación son los impulsores de la economía, que es lo que dio origen a los conceptos de Sistemas de Innovación, comarcas industriales, clústers, polos de innovación y Sistemas Regionales de Innovación. Se destaca en este capítulo los aspectos de metrología y acreditación, las instituciones que se encargan de estas materias y sus características generales. No fue objeto de este estudio abundar en los aspectos técnicos de metrología y acreditación y solo se mencionan los aspectos generales para una mejor comprensión del estudio.

En el capítulo tres, se presenta el marco teórico y los exponentes más importantes y representativos del modelo de Sistema Regional de Innovación, exponiendo brevemente la aproximación de estudio bajo el desarrollo de tipologías empíricas y conceptuales y se presentan el tipo de variables que se han considerado en los trabajos empíricos. Este capítulo se hace referencia a investigadores mexicanos y latinoamericanos que han contribuido al tema de SRI con estudios de tipologías empíricas y por tanto cuantitativas. Dentro de los principales investigadores se encuentran Asheim et al., (2011); Cooke J., (1992,1998); Corona T., (1999, 2014); Crespi y D'Este (2011); Niembro, (2019, 2022); Navarro (2009); Vivar, Garrido y Gallo (2010); Sánchez Tovar, García-Fernández, y Mendoza-Sánchez, (2014);Trippi y Tödting (2007), entre otros más.

En el capítulo 4 se presenta la hipótesis nula del estudio que se pretendió comprobar: Existen relaciones de vinculación y colaboración entre la infraestructura metrológica y de acreditación que influyen en los actores de un SRI, y constituyen uno de los factores que promueven las actividades de innovación. El objetivo general del estudio fue Evaluar la relación que sigue la infraestructura metrológica y de acreditación dentro de los SRI, en relación a la innovación y la tecnología.

En el capítulo cinco, se describe la metodología seguida, la cual fue de carácter mixto y se dividió en los siguientes apartados: estadística descriptiva, análisis factorial y de conglomerados para la determinación de grupos homogéneos, análisis de variables para identificación de indicadores de interacción y cooperación con el método comparativo (QCA por sus siglas en inglés). También se describen las fuentes de información de las variables para ser usadas en el AF y de conglomerados para los 32 estados de la república. Se presenta el instrumento de medición para QCA dicotómico con 9 empresas del sector manufactura. Se presentan las características del análisis QCA dicotómico y

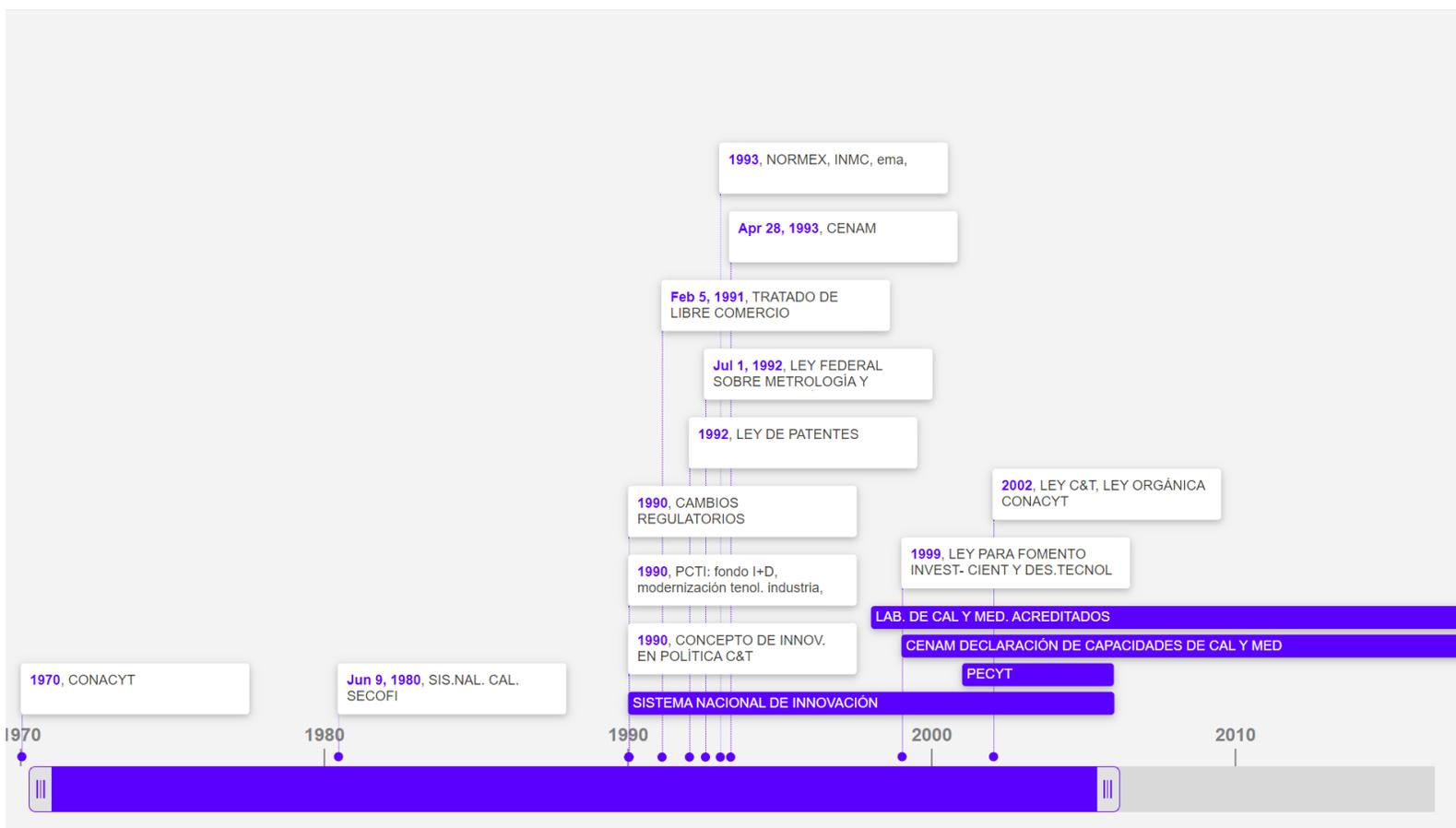
fzQCA utilizados en el análisis de resultados. En los anexos se puede encontrar los resultados crudos de las encuestas para la sección correspondiente.

El capítulo seis, presenta los resultados obtenidos de cada uno de los apartados del capítulo cinco y discute los mismos respecto a los estudios de SRI y QCA presentados en el marco teórico.

En el capítulo siete, se presentan las conclusiones enfatizando los hallazgos principales y la importancia y carácter novedoso del estudio en cuanto a la inclusión de variables de metrología y acreditación y a que el resultado del AF para estas variables representa el 23 % de la variable explicada, hecho que destaca la necesidad de incluir en estos estudios de caracterización de SRI indicadores para las instituciones puente. Se presenta la descripción de 8 conglomerados en función de variables de innovación, metrología y acreditación, se presentan como dendogramas. Los resultados obtenidos del AF permitieron desarrollar dos indicadores sintéticos uno de calidad (IC) que considera las variables de acreditación y metrología y el de innovación (IINNOV) para tener un ranking de los estados de la república. Adicionalmente, destacan los resultados obtenidos del análisis QCA donde en el análisis fzQCA se obtuvo una mayor cobertura y las condiciones suficientes a destacar son las de metrología (x_1 y x_3) y colaboración (x_5), el análisis difuso ofrece una mejor aproximación debido a que se considera ese grado de “pertenencia”

Al final se encuentra una sección de anexos con información adicional de las respuestas de las empresas encuestadas para el análisis de QCA que pudieran ser de interés.

El estudio aporta evidencia de cuan importante es considerar el aporte a los SRI de las instituciones puente que no habían sido consideradas y en especial de las relacionadas con metrología y acreditación, dos aspectos esenciales en la industria manufacturera para el desarrollo de bienes y servicios.



1 **Figura.1.1** Línea del tiempo del Surgimiento de instituciones y leyes en el periodo de entrada al Tratado de Comercio. Elaboración propia.

1.2 Planteamiento del problema

Existen indicadores establecidos a nivel mundial que miden el índice global de innovación (IGI) de los países, como el emitido por el Foro Económico Mundial (WEF, por sus siglas en inglés) que se mide utilizando dos subindicadores; el *Innovation Input Sub-Index* (IISI) relacionado con elementos de la economía que facilitan actividades de innovación y considera: Instituciones, capital humano e investigadores, infraestructura, sofisticación de mercado, y sofisticación de negocios. Y el *Innovation Output Sub-Index* (IOSI), relacionado con las actividades actuales de innovación dentro de la economía y considera: resultados de conocimiento y tecnología y resultados creativos (Cornell University, INSEAD, and WIPO 2020).

En el IGI México en el 2020 ocupó un puntaje de 33.60 (en una escala de 0-100), siendo Suiza el que tuvo el mayor que fue de 66.08. México se posicionó en el lugar número 55, Chile 54, Costa Rica 56, Brasil 66 y Colombia 68. En la región de Latinoamérica Chile ocupó el primer lugar y México el segundo. Para el IISI México ocupó el lugar 61, Chile 41, Perú 55, Colombia 56, Brasil 59 y Costa Rica 66. En cuando al IOSI México ocupó el lugar 57, Costa Rica 51, Brasil 64, Chile 66, Colombia 74 y Perú 98 (Cornell University, et al. 2020).

Cuando se emplean métricas como el IGI para medir la capacidad de innovación en países de Latinoamérica, puede ser controversial ya que es un tema que ha sido discutido en diferentes estudios empíricos y se han encontrado que los modelos hechos para países en desarrollo no evidencian aparentemente esta capacidad (Dutrénit, Natera, et al., 2019). Dutrénit, Natera, et al. (2019) proponer estudiar el proceso de acumulación de capacidades tecnológicas (ACT) incluyendo los ámbitos tecno-económicos y socio-políticos. Es necesario proponer nuevas perspectivas para estudiar cómo se crea y qué formas toman los procesos de innovación en México considerando sus características nacionales.

Adicionalmente hay que señalar que el panorama global y nacional enfrenta a las empresas a una realidad donde se requieren mayores capacidades tecnológicas y capacitación en tecnologías de frontera que ayuden a enfrentar los retos que requiere una economía más sustentable y que están relacionados con el cambio climático y el calentamiento global, el incremento de la población y de la esperanza de vida, el incremento en la demanda de agua, energía y alimentos, el surgimiento de nuevas enfermedades como el COVID-19, el desarrollo de nuevos sistemas de producción, con menores impactos en el medio ambiente, y el agotamiento de los combustibles fósiles (Shot y Steimmuler, 2018). Uno de los retos es, cómo usar las políticas de ciencia y tecnología para cumplir las necesidades sociales que se tienen actualmente y cómo dirigir la sustentabilidad y una sociedad más inclusiva hacia un nivel fundamental, (Schot y Steinmueller, 2018).

De acuerdo a Unger (2017) en México las empresas no necesariamente desarrollan capacidades de innovación o invierten en proyectos de innovación, ya que básicamente buscan asegurar el control de mercados locales en actividades que no son comerciables y que son de bajo nivel tecnológico.

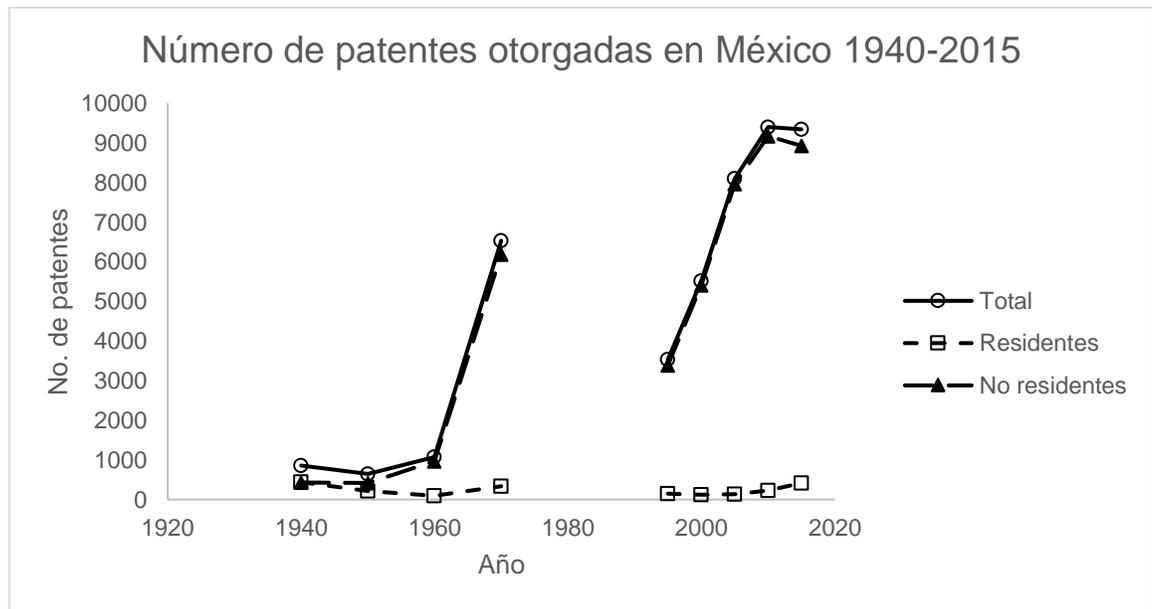
Por otro lado, diferentes estudios en México, muestran los efectos positivos de la educación, la capacidad inventiva, el capital industrial, las patentes y la transferencia de tecnología desde las universidades y centros de investigación, en la innovación (Bastidas, Millan, Gonzalez-Díaz, y Serrano, 2020; Pérez, 2019).

En el estudio realizado por Díaz y Alarcón (2018), en las 32 entidades federativas de México, analizaron cómo la política en Ciencia, Tecnología e Innovación ha incentivado o ha tenido efectos positivos en la capacidad innovadora en el periodo de 2007-2011, con la perspectiva de Sistemas Regionales de Innovación (SRI). La capacidad innovadora (CI), variable dependiente, es el número de solicitudes de

patentes. Su conclusión primordial es que esta CI tiene una variable independiente que es más significativa y es el Registro Nacional de Instituciones y Empresas Científicas y Tecnológicas (RENIECyT), y es más significativa que el número de investigadores.

Lo que resulta un hecho contundente es que México ha invertido en I+D de forma casi marginal, alrededor del 0.5 % si se le compara con otros países pertenecientes a la OECD. Por ejemplo, los países asiáticos han invertido en promedio el 5 % de su PIB (Dutrénit et al., 2014; Unger, 2017). El número de solicitudes de patentes es marginal, las empresas que utilizan mayoritariamente los fondos públicos para proyectos de investigación e innovación son las grandes que requieren menos de estos incentivos. Y quizás se deba a que las actividades más rentables en la economía mexicana no tienen una refinación tecnológica ni se corresponden con esfuerzos de innovación (Unger, 2017).

En un estudio realizado por Campa (2018), comparó la tendencia de innovación en México durante dos periodos, uno en el que el sistema económico y las políticas públicas estaban protegidas de 1940-1989 y el segundo cuando el mercado se liberó como consecuencia del tratado de comercio entre México, Estados Unidos y Canadá, de 1990-2015. Las conclusiones indican que existe un gran porcentaje de patentamiento de las empresas extranjeras y marginal de las nacionales, solo en el periodo de 1940-1950 en promedio eran casi iguales, pero a partir de 1960 el patentamiento empezó a ser dominado por los extranjeros y aproximadamente en 1980 las diferencias fueron abismales, Figura 1.2.



2 **Figura 1.2.** Comparación del número de patentes otorgadas en México en el periodo de 1940-2015. Fuente: Campa, J. (2018). Elaboración propia.

Se concibe a los Sistemas Nacionales de Innovación, así como los Regionales de Innovación que están constituidos por dos grandes grupos de actores, los que producen la innovación y los que la explotan, pero las preguntas que surgen son ¿cómo funciona este mecanismo? ¿qué trayectoria siguen? ¿existen diferentes vías o relaciones entre actores?, ¿en México realmente no existen procesos de innovación o no se ha estudiado a todos los actores involucrados? Siendo un aspecto complejo, multifactorial y carente de información suficiente. es que se estudió y planteó la pregunta de investigación ¿existen relaciones de vinculación y colaboración entre la infraestructura metrológica y de acreditación que influyen en los actores de un SRI, y constituyen uno de los factores que promueven las actividades de innovación? El estudio se acotó a buscar relaciones de vinculación y colaboración que influyen en un SRI que provienen no de un actor principal sino de dos instituciones puente (CENAM y ema) que fueron concebidas para incentivar la transferencia de tecnología a la industria y por lo tanto la innovación, así como a caracterizar los SRI en función de estas variables mencionadas. Esta

aproximación puede dar nueva información que avance en la gestión tecnológica y de innovación.

1.3 Justificación

El estado de Querétaro ha sido estudiado como parte de los estudios de SRI, debido a su dominante y activa industria de autopartes, como ya se mencionó anteriormente (Crespi y D'Este 2011; Jiménez et. al. 2011; Valdés y León, 2015). Por otro lado, algunos estudios concluyen que no existe ninguna ventaja competitiva pertenecer a un SRI para incentivar o impulsar la innovación de las empresas e industrias (González y González, 2006). Por estas diferentes aproximaciones es que es necesario abundar más en la materia y buscar elementos que nos proporcionen evidencia empírica de qué tan válido es considerar a un SRI como promotor de la innovación en economías como la mexicana. En sí mismo, el modelo de SRI tiene aún aspectos en su base conceptual que necesitan mayor evidencia empírica que lo sustenten, como el ámbito relacionado con la geografía para no tener ambigüedades de lo que se considera regional y definir mejor cómo se dan, sí es que hay, las interacciones entre todos los actores. Esta investigación puede proporcionar algún dato o información a favor o en contra del modelo de SRI para México.

Dadas estas condiciones de dinamismo de crecimiento económico en México y de la identificación de regiones más activas en cuanto a desarrollo económico es que se busca determinar qué factores son determinantes para mejorar o aumentar este desarrollo. Los procesos de innovación se han estudiado desde varias perspectivas debido a la importancia atribuida al desarrollo económico; los nuevos enfoques para su estudio son la economía evolucionista y la endógena o teoría del crecimiento (Dodgson, Gann, and Salter, 2008).

La economía evolucionista enfatiza que el crecimiento y desarrollo económico es consecuencia de la innovación. Uno de las implicaciones relevantes, de la economía evolucionista es que brinda a la Gestión Tecnológica e Innovación (GTI) los medios para ayudar a explicar la importancia central de la innovación a través de la evidencia de su complejidad e incertidumbre (Dodgson et al., 2008; Unger, 2017). La economía mundial emergente se basa más en ideas que en objetos; la expresión “economía basada en conocimiento” se acuñó para describir las tendencias en economías avanzadas que tienden a tener una mayor dependencia en el conocimiento, la información y en los altos niveles de habilidades técnicas (Dodgson et al., 2008; OECD, 2011).

La producción de conocimiento es cada vez más diverso y especializado y ocurre en una creciente variedad de organizaciones, empresas, así como en las ya tradicionales universidades e institutos de investigación. Como consecuencia, la forma que toman los vínculos o colaboraciones entre las organizaciones que producen y las que utilizan el conocimiento se vuelve más importante y pueden seguir patrones diferentes de los que se acostumbraban en el pasado. Por lo que, el conocimiento es considerado una ventaja competitiva y la sistematización de su creación y su transmisión serían en consecuencia factores que impulsen o catalicen la innovación (Dei y van der Walt, 2020; Human, 2020; Ioi et al., 2012; Londoño Patiño y Acevedo-Álvarez, 2018; Marchiori y Franco, 2020; Mato de la Iglesia, 2018). El estudio de estas colaboraciones es uno de los puntos más importantes que se ha planteado en el modelo conocido como Sistema Regional de Innovación (SRI) que considera en su concepción original propuesta por Cooke (1987) que existen dentro del SRI dos actores principales que son; los generadores del conocimiento y los usuarios del mismo por lo que la interacción entre ellos es primordial para entender un SRI. Debido a la falta de información de datos que describen las actividades de estos grandes actores desde la perspectiva económica y de producción, de infraestructura de ciencia y tecnología y hasta la demográfica, por citar algunas, es que el estudio de los SRI se ha hecho a través

de tipologías empíricas y teóricas con estudios de caso (Asheim, Isaksen and Tripl, 2019; Cooke, 1998; Muller, Doloreux, Heraud, et al. 2008; Niembro, 2019, 2022; Vivar, Garrido y Gallo, 2010).

La concepción de Cooke (1992) para proponer el modelo de SRI surgió del estudio de regiones altamente dinámicas en capacidades de desarrollo tecnológico e innovación, estas regiones se ubican en Italia y Alemania, sin embargo, de los estudios realizados aún no se ha reconocido un SRI (Niembro, 2019, 2022; Sánchez Tovar, García-Fernández, y Mendoza-Sánchez, 2014; Vivar, Garrido y Gallo, 2010).

El concepto de SRI fue ampliado por Asheim y Tripl (2019), Navarro (2009) y Heindl (2021), poco después de que el concepto de Sistema Nacional de Innovación (SNI) fuera introducido por Freeman en 1987 (Navarro, 2009). En la aparición de estos conceptos influyeron dos grandes corrientes: los sistemas de innovación y los desarrollos de la ciencia regional sobre el entorno socio-institucional en que la innovación tiene lugar (Asheim y Tripl 2019). Los SRI tienen como tema central las interacciones económicas y sociales entre los agentes o actores, dentro de los cuales pueden incluirse a los sectores públicos y privados, para generar y difundir la innovación dentro de las regiones, que a su vez están dentro de sistemas nacionales y globales más amplios (Asheim y Tripl, 2019; Cooke 1998; Navarro 2009;).

Navarro (2009), comenta que los aspectos que falta definir en el modelo de SRI son lo que se considera una región, cómo se delimita, cómo evaluar la relación entre innovación y conocimiento y cómo se vinculan los elementos externos al sistema.

Lamentablemente poca disponibilidad de datos ha hecho que los avances sean pequeños en el estudio de los SRI, sin embargo el estudio de SRI se ha seguido

desarrollando y existen diferentes estudios de SRI que evocan la relación de diferentes actores como son los institutos de investigación o asociaciones técnicas y en algunos casos enfatizan los aspectos económicos, como la estructura sectorial y de especialización, las características socio-culturales, como el aprendizaje colectivo, cambios tecnológicos o el nivel de redes de interacción entre los diferentes actores y su nivel de vinculación, (Asheim et al., 2011; Becerril-Elías; Merrit, 2021; Crespi y D'Este 2011; Feira 2006; Hollanders et al, 2020; Ibusuki, y Bernardes 2020; Jiménez et. al. 2011; Rózga 2003; Valdés y León, 2015; Vaz, de Noronha, Galindo y Nijkampb 2014).

Se requiere más investigación para fortalecer el marco conceptual de SRI; la comprensión teórica y empírica y las fronteras del sistema, así como las fronteras cognitivas y de la fuerza de trabajo; también es necesario aportar información para buscar esclarecer la disfunción y las fallas del sistema, pues la mayor parte de los estudios se han enfocado en economías exitosas y en sectores de alta tecnología. Se necesita mejorar la comprensión de la dinámica de los SRI en industrias nuevas, intensivas en conocimiento y como dice Navarro (2009) "... qué concepción de innovación subyace en ese término ...": Aún falta información para entender cuándo considerar que existe y funciona un SRI. (Asheim et al.,2011; Cooke 1992,1998; Muller, et al., 2008; Niembro, 2019, 2022; Navarro 2009; Vivar, Garrido y Gallo 2010).

Los estudios enfocados en SRI pueden informar acerca de las debilidades de una región para poder desarrollar sus capacidades de innovación ya sea por debilidad de las instituciones públicas o privadas, o porque en la región la mayor parte de las actividades son en tecnologías maduras y pueden ocasionar un *lock-in* o bloqueo en el desarrollo de innovación. También los estudios de SRI pueden proporcionar información de cómo se dan las derramas de conocimiento y tecnología (Niembro, 2017, 2019; Sánchez-Tovar et al., 2014).

Ibusuki et al, (2020) encontraron que no hay un avance significativo en I+D en el SRI estudiado de clúster automotriz, e indican que es necesario un estudio más amplio, usaron como indicadores el nivel de madurez a través de evaluar las interacciones entre las universidades y centros de investigación, transferencia de tecnología, nivel de madurez de las instituciones, nivel de reglamentación para el comercio, la competitividad y las barreras de entrada de los nuevos jugadores.

La Gestión Tecnológica en Innovación (GTI) incluye la forma en que los gestores producen y entregan valor a las estrategias de innovación, I+D, innovación de productos, servicios, operaciones y procesos y a la forma de comercialización dentro de las redes y comunidades de innovación. La gestión de innovación tecnológica requiere una comprensión del contexto de la industria y de los negocios en donde ocurre la innovación y de la naturaleza de la misma, un aspecto central es conocer qué impulsa la innovación y las diferentes formas que toma (Corona, Dutrénit, Puchet, and Santiago, 2014, Dodgson et al., 2008, Dutrénit, Capdevielle, Corona, Puchet, Santiago y. Vera-Cruz, 2010; Lundvall, Johnson, Sloth, Dalum, 2002).

Pero por qué es importante la metrología y la acreditación, cuál sería la justificación para considerar que pueden aportar a los SRI para su funcionamiento. Los parámetros de calidad y estandarización de los productos, bienes y servicios se establecen para incentivar las transacciones comerciales y mantener equidad en el comercio, apoyan en la transferencia de tecnología y establecen las bases técnicas para el desarrollo de capacidades técnicas especializadas que crean una base mínima de personal especializado capaz de resolver problemas, adquirir e implementar tecnología.

2. ANTECEDENTES

2.1. Innovación

La innovación ha sido estudiada ampliamente desde diferentes perspectivas, su origen, su creación, su activación etc., la importancia radica entre otros aspectos debido a que se considera una ventaja competitiva y un elemento que puede impulsar la productividad de empresas u organizaciones, así como un motor del crecimiento económico. Algunos estudios enfatizan que la innovación creció radicalmente especialmente antes y después de la segunda guerra mundial, (Isaacson, 2014; Schot y Steimueller, 2018). Quizás habría que evaluar más estudios al respecto para asegurarlo; sin embargo, sí hubo un gran auge de innovaciones que se derivaron de la conjunción aspectos como las colaboraciones interinstitucionales, de expertos, emisión de políticas gubernamentales, la creación de ambientes que impulsaban la discusión e intercambio de conocimiento científico (Isaacson 2014). Como se considera un hecho que la innovación es una impulsora de la competitividad existen indicadores para su evaluación por organizaciones tanto nacionales como internacionales como por ejemplo el *World Intellectual Property Organization* (WIPO), Foro Económico Mundial (WEF, por sus siglas en ingles), el Banco Mundial, entre otras, y a nivel Nacional podemos mencionar al Instituto Mexicano para la Competitividad (IMCO) y al Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Cada institución tiene diferentes factores para medir el indicador de innovación de los sectores económicos considerando; el número de grandes empresas, la productividad total de los factores, los posgrados de calidad, los centros de investigación y las patentes solicitadas, los detalles de cada factor deberán consultarse en la referencia correspondiente (IMCO, 2021). En el caso del WIPO, miden el *Global Innovation Index* (GII) considerando cinco pilares que son; instituciones, capital humano e

investigación, infraestructura, sofisticación del mercado y de los negocios, conocimiento y desarrollo tecnológico, desarrollo creativo; y el objetivo es mostrar el desempeño del ecosistema de innovación de 132 economías, así como seguir la tendencia de la innovación global. Cada pilar tiene al menos tres fuentes de información. En el informe de 2021 el WIPO reportó como los líderes de innovación en Latino América a Chile, México y Costa Rica, a nivel mundial Chile está en el lugar 53, México en el 55 y Costa Rica en el 56 (WIPO, 2021). El informe de WIPO 2021 hace notar también que la pandemia de COVID-19 incrementó los factores que impulsan la innovación, por ejemplo, las publicaciones científicas a nivel mundial crecieron 7. % en 2020, aumentó la inversión de los gobiernos para I+D, las patentes se incrementaron en un 3.5 % y evidentemente fueron en los campos de la medicina, farmacia y biotecnología, el capital de riesgo aumentó 5.8 % etc. Para México reportan que en 2020 la distribución de presupuesto en I+D creció alrededor del 6% y se encuentra dentro de los cinco primeros países con esta tendencia de crecimiento en el mundo (WIPO, 2021).

Esbozada la importancia de la innovación, podemos regresar a comentar brevemente acerca del concepto de innovación. Existen diferentes conceptos, pero dentro de los más comunes mencionaremos la propuesta de Soete y Freeman (1997), quienes describen a la innovación en un sentido más amplio que solo una invención, considerando que debe incluir la ejecución práctica y el desarrollo de todas las actividades para su comercialización (Dodgson, Gann and Salter 2008).

El proceso de innovación es dinámico y los procesos de su creación en las organizaciones pueden ser diferentes, con aspectos similares claro está. Aquí parece pertinente mencionar que entre más se sabe de cómo es el proceso de innovación, las circunstancias, los medios, problemas etc., podría ser más accesible de abordar y entre más información obtengan los gerentes,

involucrados, acerca del proceso y los resultados se podrá usar para obtener un valor (Dodgson, Gann and Salter 2008).

Los diferentes tipos de innovación que los investigadores han clasificado son la radical o incremental, continua o discontinua, cambio en ciclos de vida, modular, diseño dominante, abierta y cerrada, los investigadores que proponen cada una de ellas se describen en la tabla 2.1. (Dodgson, Gann and Salter 2008).

Una clase de innovación interesante de señalar, es la abierta donde la colaboración de los usuarios es fundamental para retroalimentar y mejorar los productos y servicios. Los usuarios que generan la mayor parte de las innovaciones tienen las características de usuarios líderes y sus innovaciones frecuentemente se convierten en productos comerciales. Las dos características que definen a estos usuarios son estar a la vanguardia de las tendencias del mercado y esperar beneficios relativamente grandes por la solución de sus problemas, es común en desarrollo de software o instrumentos médicos (Morrison and Midgley 2004; Von Hippel, 2005).

1 Tabla 2.1 *Resumen de los tipos de innovación y los investigadores proponentes. Elaboración propia.*

Tipo de innovación	Autor	Principales características
Radical o incremental	Freeman 1974	Incluye cambios que cambian por completo la naturaleza del producto y son los que contribuyen a las revoluciones tecnológicas. Los cambios son muchos y se van acumulando a través del tiempo cuando se están mejorando los productos.
Continua o discontinua	Tushman y Anderson 1986, Christensen 1997 la propone como sostenible y disruptiva	Esto es cuando se cambia la forma común de hacer las cosas.
Cambio en ciclos de vida	Abernathy y Utterback 1978	Ciclos de vida de los nuevos productos o servicios, aparición temprana del producto, periodo de crecimiento e incertidumbre, despegue de crecimiento y madurez en el mercado que ya ha sido abarcado.
Modular arquitectural	Henderson y Clarck 1990	Cambios en partes del sistema, mejoras sistémicas.
Diseño dominante	Abernathy y Utterback 1978	Cambia cuando esta establecido en el mercado y es dominante.
Abierta y cerrada	Chesbrough 2003	Diferentes estrategias de compra, venta y colaboración. Teoría del usuario líder (Von Hippel, 2005).

La innovación arquitectural fue propuesta por Abernathy y Utterback (1978), cuando analizaron en detalle la innovación radical y pudieron distinguir entre los componentes del producto y la forma en cómo se integraban en un sistema que es la “arquitectura” del producto. Encontraron que se puede ir cambiando la arquitectura del producto sin cambiar sus componentes. Abernathy y Utterback (1978), enfatizan que este tipo de innovaciones representan desafíos a las empresas y que a veces no es fácil reconocerla.

2.1.1 Ambientes de innovación.

Como ya mencionamos anteriormente los indicadores del nivel de innovación que desarrolla un país esta, relacionado con los factores que se han reconocido como los que contribuyen a incentivarla. Entonces si comprendemos las fuentes que generan la innovación se puede incentivar. Estas fuentes varían entre industrias, empresas y por ende deberán variar dependiendo del país de que se trate. La Comisión Europea realizó una encuesta en 15 países y los resultados mostraron cómo los recursos internos, los clientes son las fuentes más importantes seguidas de los proveedores y competidores. Es interesante ver que en esta encuesta pocas empresas dijeron que sus fuentes, para incentivar la innovación provenía de las universidades o de laboratorios públicos (European Commission, 2004; Dodgson, Gann and Salter 2008). Estos resultados además de ser muy ilustrativos muestran lo importante de conocer a profundidad el tipo de empresas y encontrar las mejores prácticas para investigar la forma en que producen innovación.

El establecimiento de un ambiente favorable a la innovación asume las siguientes condiciones:

1. Una situación geográfica para favorecer la interacción y la formación de relaciones entre los actores socioeconómicos.

2. Métodos de coordinación institucional para controlar los recursos estratégicos, así como competencias que se definan entre agentes y que puedan complementar sus conocimientos.
3. Políticas públicas para guiar tendencias, incentivos a la inversión y el desarrollo de capacidades.
4. Organizaciones regionales y sectoriales intermediarias que enlacen actores heterogéneos y fortalezcan redes multifuncionales para asegurar los lazos de confianza y mantengan la circulación de información.
5. Universidades, centros de desarrollo tecnológico y grupos de investigación especializados.

Los agentes que forman el sistema de innovación en Centroamérica a nivel nacional y regional son:

1. Entidades gubernamentales relacionadas con CTI
2. Empresas que encauzan la actividad productiva. Divididas en grandes por una parte y pequeñas y micro por la otra.
3. Instituciones de educación superior y centros de desarrollo de tecnología
4. Organizaciones no gubernamentales, principalmente de cooperación internacional.

Casalet y Buenrostro (2013) analizan las restricciones que se presentan en estos actores y las deficiencias en las condiciones necesarias para lograr un ambiente de innovación en la región encuentran que los principales factores que afectan la debilidad de la integración regional son:

1. El alcance limitado de la investigación en CTI.
2. La investigación realizada por las universidades y centros de investigación nunca llega al mercado.
3. Se generan modelos de transferencia entre los más avanzados que producen dependencias a organismos internacionales y proveedores extranjeros.

4. Los recursos para la investigación son muy limitados.

2.2 Sistemas de Innovación

El estudio del desarrollo tecnológico como impulsor de la economía, desde la perspectiva de la economía evolucionista, dio origen a los conceptos de Sistemas de Innovación, donde se estudian los fenómenos macroeconómicos del cambio tecnológico y las trayectorias que sigue, así como el comportamiento que presentan las instituciones. Aquí el objeto de estudio son las empresas (Corona, 1999).

Porter (1990) estudio los esfuerzos generados por las empresas en un territorio y propuso el concepto de clúster, Cooke (1998) propuso a los SRI y describió como la proximidad territorial puede transmitir y difundir el conocimiento con el objetivo de construir capacidades de innovación con los estudios de regiones en Europa, Alemania e Italia surgió la elaboración de tipologías. Estos estudios permitieron definir los factores que determinan la capacidad de innovación y que podemos resumir en tres rubros a) infraestructura común de innovación, b) innovación en clúster especializados y c) calidad de los vínculos entre los actores.

El concepto de capacidad de innovación nacional se propuso como “la habilidad de un país para producir y comercializar un flujo determinado de innovación a lo largo del tiempo “(Freeman, 1987). En la tabla 2.2 se presenta un resumen de los diferentes sistemas de innovación propuestos y los investigadores que los propusieron (Asheim et al., 2019).

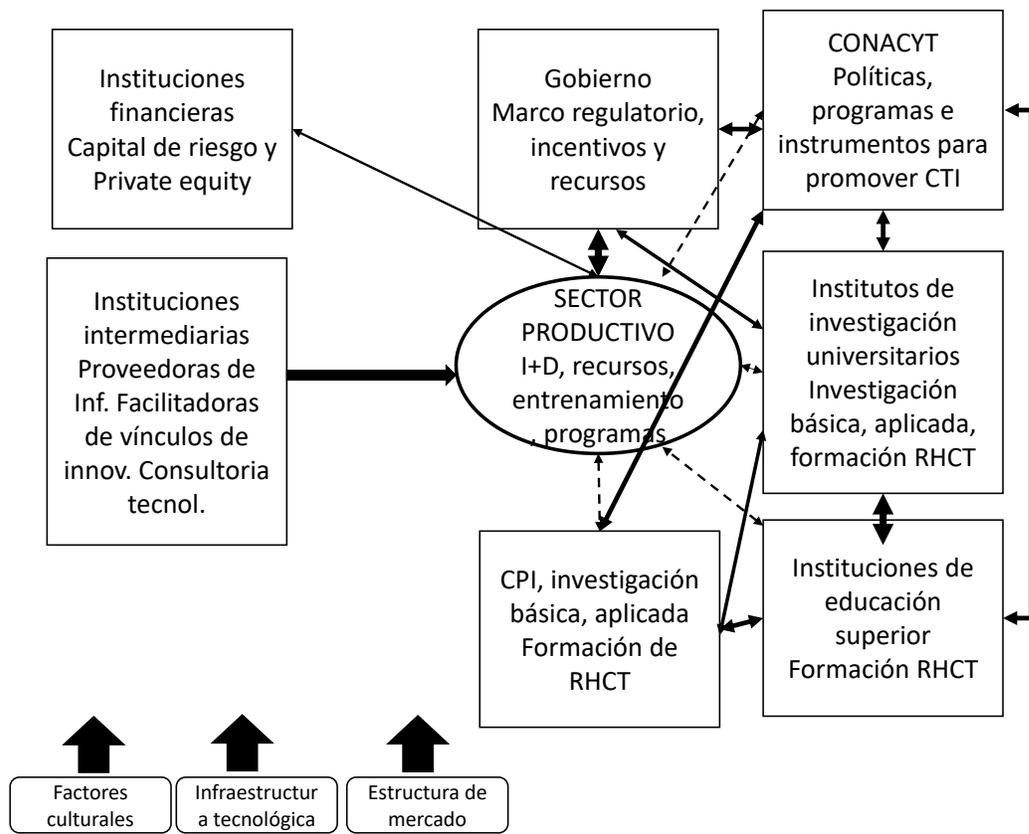
En México investigadores como Dutrénit, Capdevielle, Corona, Puchet, Santiago, y Vera-Cruz, (2010), propusieron un Sistema Nacional de Innovación, Figura 2.1, donde en el centro se ve al sector productivo y alrededor todos los actores necesarios para el sistema, generadores de conocimiento, instituciones financieras

y facilitadoras, así como aspectos del entorno social como el cultural, es decir la perspectiva sociológica que define en buena medida la característica de vinculación y generación de un Sistema (Casalet, 2000)

2 **Tabla 2.2.** *Diferentes tipos de sistemas de innovación*

Enfoque se Sistema de innovación	Límites del sistema	Campo de la política	Pioneros y principales protagonistas
Sistema nacional de innovación	Nacional	Investigación, economía innovación	Freeman (1987), Lundvall (1992), Nelson (1993)
Sistema regional de innovación	Regional	Regional	Cooke (1992), Asheim e Isaksen (1997), Cooke et al. (2004), Asheim and Gertler (2005)
Sistema sectorial de innovación	Sectorial	Industrial	Malerba (2002, 2004)
Sistema tecnológico de innovación	Tecnológico/sectorial	Tecnología, industria, medioambiente	Carlsson y Stankiewicz (1991), Hekkert y Negro (2009), Berger et al. (2008)

Fuente: Tomado de Asheim, Isaksen and Trippi (2019), p. 32.



3 **Figura 2.1** *Sistema Mexicano de Innovación. Principales agentes y vinculaciones. Fuente: Dutrénit, et al. (2010). El Sistema Nacional de Innovación Mexicano: Instituciones, políticas, desempeño y desafíos, p-93.*

2.2.1 ***Distritos o comarcas industriales***

Los distritos industriales fueron propuestos por Alan Marshall en los años 30 del siglo pasado. Asheim et al., (2011) y Rózga (2003), comentan que la literatura de las comarcas industriales se generó previamente a la concepción de los conceptos de “conglomerados”, “sistemas de innovación regional” y “medios innovadores”, y se encuentran, por lo tanto, conceptos y elementos como la cooperación, las redes, las instituciones, la confianza, el aprendizaje inter-organizacional y la transferencia del conocimiento.

La literatura de medios innovadores también obtiene conceptos de las comarcas industriales, pero incorpora la naturaleza territorial de la innovación, como local o subregional, y el papel del capital social, la organización, la producción y la innovación. Se apoya más que los otros métodos de la sociología, en combinación con análisis económico espacial, con énfasis en el papel del aprendizaje y de los conjuntos de habilidades.

2.2.2 Clústers

Porter (1998) propone el concepto de clúster el cual es “un clúster es un grupo de empresas interconectadas y de instituciones asociadas, ligadas por elementos comunes y complementarios, geográficamente próximas”

2.2.3 Polos de Innovación tecnológica (PIT)

En México también hubo estudios y propuestas relacionadas con la idea de que en una región se puede crear, bajo ciertas condiciones y con ciertos actores, el desarrollo de innovación. Corona (1999) se basa también en la teoría evolucionista pues estudió los problemas de tecnología desde el punto de vista de desarrollos tecnológico y de los impactos socioeconómicos; propone como características de los PIT los siguientes puntos:

- Actores clave la región
- Mecanismos necesarios para desarrollar procesos de innovación
- Contar con un ambiente regional innovativo
- Los clústers y la sustentabilidad con los resultados obtenidos respecto a la innovación.

Describe dos modelos regionales de trabajo de acuerdo a la división de trabajo de los mismos y las características que resumen para ambos modelos son:

- (1) Deslocalización de actividades y funciones de la producción, hacia proveedores que incluye servicios de manufactura especializados.
- (2) Los cambios del modelo 1, se articulan con actividades externas de investigación y desarrollo, así como también empresas de innovación que generalmente se ubican en nichos de un valor agregado alto.

2.3 Sistemas Regionales de Innovación

Asheim et al., (2011) y Rózga (2003), realizaron una revisión de los artículos relacionados con el tema, comentando que las investigaciones relacionadas con los SRI han crecido en las últimas décadas. Ambos investigadores coinciden en que los antecedentes de los SRI se pueden encontrar en el trabajo de Marshall A. (1930) ¹, donde analizó el papel de la innovación en contextos locales o regionales., y del concepto de innovación propuesto por Schumpeter.

Existen diversos trabajos de investigación en México, que toman los conceptos generales de SRI para caracterizar las 32 entidades federativas considerando la competitividad, esta caracterización comprende a los estados más competitivos Heterogeneidad entre regiones debido al grado de industrialización e integración de actividades, (Unger, Flores y Pérez, 2019). Estudios regionales cuya unidad de medida son los ejes carreteros (Unger; Garduño e Ibarra, 2014)

2.3.1 Instituciones que apoyan a la innovación en el Sistema de Innovación en México

Casalet (2000) agrupa diferentes instituciones que apoyan la creación de innovación, en el primer grupo están aquellas que proporcionan incentivos, como

¹ Marshall A. (1930) Principles of Economics, 8th Edn. Macmillan, London.

CONACYT, NAFIN, BANCOMEXT; en un segundo grupo están aquellas que proporcionan información y reducen la incertidumbre en actividades relacionadas con la mejora de la calidad de productos y procesos, la certificación y estandarización y el entrenamiento de la fuerza laboral, estas instituciones son: IMNC, Normex, Calmecac, CENAM, IMPI, Fundameca, Infotec, Centro-Crece y ADIAT. Como tercer grupo las de alta especialidad en investigación y desarrollo IMP, ININ, IMTA e investigación y desarrollo en ciencias básicas y desarrollo tecnológico regional son los centros SEP-CONACYT.

2.4 La metrología y la industria

Generalmente la metrología se relaciona con el cumplimiento de especificaciones de bienes y servicios que se producen y comercializan, así como la confiabilidad que tienen al efectuar transacciones comerciales dentro de un país y entre países. En un sentido más amplio ahora se habla de la Infraestructura de la Calidad (IC), la cual está conformada por la metrología, la acreditación, la normalización y la certificación (Cámara de Diputados, 2020; Harmes-Liedtke, Oteiza Di Matteo, 2019; Raba, Yadava, Jaiswala, et al., 2021; Reichert, 2022).

La globalización económica es solo un aspecto que ha impulsado que los países fortalezcan su sistema de IC y con ello la metrología. Actualmente existen más países firmantes de la Convención del Metro y la Oficina de Pesas y Medidas en los últimos 10 años ha creado nuevos grupos técnicos de trabajo como el de ácidos nucleicos, análisis de superficies y de proteínas para responder a las tecnologías emergentes como la biotecnología y la nanotecnología (BIPM, 2022), (Reichert, 2022). En el año 2000 había 48 estados miembros de la Convención del Metro en 2018 aumentó a 58.

Una de las misiones de los INM es el de establecer patrones primarios de medición para las unidades del Sistema Internacional de unidades (tiempo, masa,

temperatura etc.) y cada país puede otorgar a sus usuarios, industria y centros de investigación, por ejemplo, la confiabilidad y comparabilidad técnica requerida para asegurar la equidad en el comercio. El establecimiento de estos patrones primarios requiere de grandes inversiones debido a que derivan de los desarrollos científico-técnicos de más alto nivel y generalmente la industria no invierte en tecnologías nuevas por lo que los INM pueden probar o apoyar en el desarrollo de investigación. Los patrones desde el punto de vista económico se consideran “bienes públicos” ya que son provistos y pertenecen al gobierno de cada país (Link,2022; Tasseey 1982). Otro aspecto relevante es el hecho de que los INM deben ser confiables, objetivos, independientes de conflictos de interés. Adicionalmente los INM pueden invertir en personal altamente capacitado en áreas sofisticadas. Tasseey (1982) hizo una recopilación de estudios de cómo el establecimiento de patrones primarios ha apoyado a desarrollos tecnológicos como el de la fibra óptica, el de la producción de etileno, el desarrollo del software *Computer aided design* (CAD Por sus siglas en inglés) en EE.UU. En el caso de la fibra óptica el INM de EE.UU., apoyo para establecer el mejor método para medir la atenuación de la fibra óptica que habían sido desarrollados por dos diferentes empresas y las cuales tenían diferencias del 30%. Un INM puede servir como tercera parte neutral y servir como un catalizador de acuerdos entre competidores y entre compradores y vendedores.

Otro aspecto a destacar es el hecho de que el crecimiento de políticas industriales especialmente en tecnologías emergentes requiere el apoyo de los INM debido a que las empresas generalmente no invierten sino hasta que esas tecnologías estén maduras y los cambios de los procesos y productos no sean tan rápidos,

Los INM se pueden considerar como Institutos Públicos de Investigación (IPI) y son instituciones de gobierno que tienen un rol muy importante para el apoyo de las industrias en un país, pueden disminuir el riesgo de las pequeñas y medianas industrias en la adopción de nuevas tecnologías o el desarrollo de otras y sirven

como un vínculo entre las universidades o centros de investigación y las industrias e incentivan la innovación (Intarakumnerd and Akira, 2018). Sin embargo, cada país tiene políticas diferentes y determina el papel que los IPI tienen. De los IPI más importantes en materia de Metrología se encuentran los de EE.UU., Alemania, Japón, Inglaterra por mencionar algunos. Estos IPI tienen más de 100 años de creación y han ido evolucionando a través del tiempo sin embargo su papel de apoyo a la solución de problemas de diferentes sectores de la industria no ha cambiado, lo que evoluciona son las formas en qué lo hace y los sectores.

Tanto en los países industrializados como en los que están en proceso de industrialización los IPI tienen un papel no solo en la creación de nuevo conocimiento y transferencia a las empresas sino actuando como “intermediarios” (Diener, Luettgens and Piller 2020; (Intarakumnerd and Akira, 2018; Intarakumnerd and Chun Liu 2019)

Los intermediarios de la innovación tienen un papel fundamental para colaborar en la red de innovación (Janssen, Haaker & Bouwman, 2016), una prueba es que los IPI más importantes del mundo tienen un gran efecto spillover a través del desarrollo de recursos humanos y spin off (Intarakumnerd and Akira, 2018). Lente et al., (2003) en Intarakumnerd and Akira, (2018), señala que se consideran a los IPI como un nuevo tipo de organización intermediaria que funciona como un sistema o a nivel de red (Lente, Marko, Smits, and Waveren, 2003). Klerks, L., Álvarez, R., and Campusano R (2014) estudiaron también el papel de las instituciones intermediarias de la innovación en Chile con una aproximación exploratoria. Su estudio mostró que estas instituciones contribuyen a dar una dirección sin embargo comentan que no han tenido una posición muy clara, pero enfatizan su importancia en los países emergentes y en desarrollo.

Los IPI son diversos dependiendo del país de qué se trate. Sin embargo, de forma muy general se pueden clasificar de acuerdo con tres actividades: Ciencia básica,

Investigación de corto plazo orientada a los mercados, al desarrollo de trabajo, solución de problemas y asistencia técnica y a la Promoción de innovación en el sector privado (Intarakumnerd and Akira, 2018; OECD, 2011).

2.4 Institutos Nacionales de Metrología

Los Institutos Nacionales de Metrología (INM) se crearon en varios países hace más de 100 años principalmente en los países altamente industrializados como Alemania, Rusia, Francia, Reino Unido (RU), EE.UU., etc. Lo que impulsó a los gobiernos de cada país para crear los INM deriva del aumento en la producción de bienes y servicios que fueron promoviendo el comercio entre países, debido a los excedentes en productos, que se iban creando por eventos de cambios radicales, como por ejemplo, la Revolución Industrial en la segunda mitad del siglo XVIII (Castelazo, 2019; Cochrane, 1976; Link, 2021). Adicionalmente, se fueron estableciendo parámetros de calidad y estandarización de los productos, bienes y servicios para las incentivar las transacciones comerciales y mantener equidad en el comercio. Diferentes países como RU, Francia y EE.UU., tenían sistemas de desarrollo tecnológico y de medición avanzados pero inconexos entre sí por lo que a finales del siglo XIX los acuerdos para mantener un sistema de unidades que permitiera mantener equivalencias de las unidades de medición y la creación de un organismo internacional regulador y de comparación, la Oficina de Pesas y Medidas en París Francia con la firma del Tratado del Metro (TM) en 1875 (BIPM, por sus siglas en francés). Las primeras unidades que tuvieron un patrón internacional de medida fueron la longitud, el metro (m) y la masa, con el kilogramo (kg), de hecho, la mayor parte de los inicios de los INM fueron las oficinas de pesas y medidas. El BIPM mantuvo los patrones internacionales del kg y el metro y creó prototipos para los países miembros,¹⁹ iniciando de 1899 y hasta 1911 comparaciones periódicas de los prototipos para cada patrón que se habían construido y enviado a cada país miembro, (López, 2007). Actualmente los INM en el mundo son 124 los cuales mantienen los patrones primarios para

mantener la confiabilidad y comparabilidad de las mediciones en todo el mundo, sin embargo, ya los patrones del kg y del metro no son más los prototipos de los inicios del TM (BIPM, 2021; Link, 2022). México es miembro del TM desde 1890 y tiene toda una tradición en metrología con el mantenimiento de los patrones Nacionales del Sistema Internacional de Unidades (SI) (Castelazo, 2019).

2.5.1 Centro Nacional de Metrología

El Centro Nacional de Metrología (CENAM) es una institución que pertenece a la Administración Pública Federal y fue creada para mantener los patrones nacionales del Sistema Internacional (SI) de unidades, es una entidad paraestatal que pertenece a la Secretaría de Economía. Tiene un alto grado de especialidad pues su campo de aplicación es la Metrología, que en términos generales se le conoce como la ciencia de las mediciones. Su trabajo se establece en la frontera del conocimiento y trabaja en el desarrollo tecnológico, que permita migrar el conocimiento científico en aplicaciones tecnológicas para ofrecer servicios de calibración y medición en las áreas de flujo y volumen, presión, masa, termometría, tiempo y frecuencia, óptica y radiaciones, vibraciones, mediciones electromagnéticas, análisis inorgánico, orgánico, ciencia de materiales y bioanálisis (CENAM 2020; INEGI, 2019).

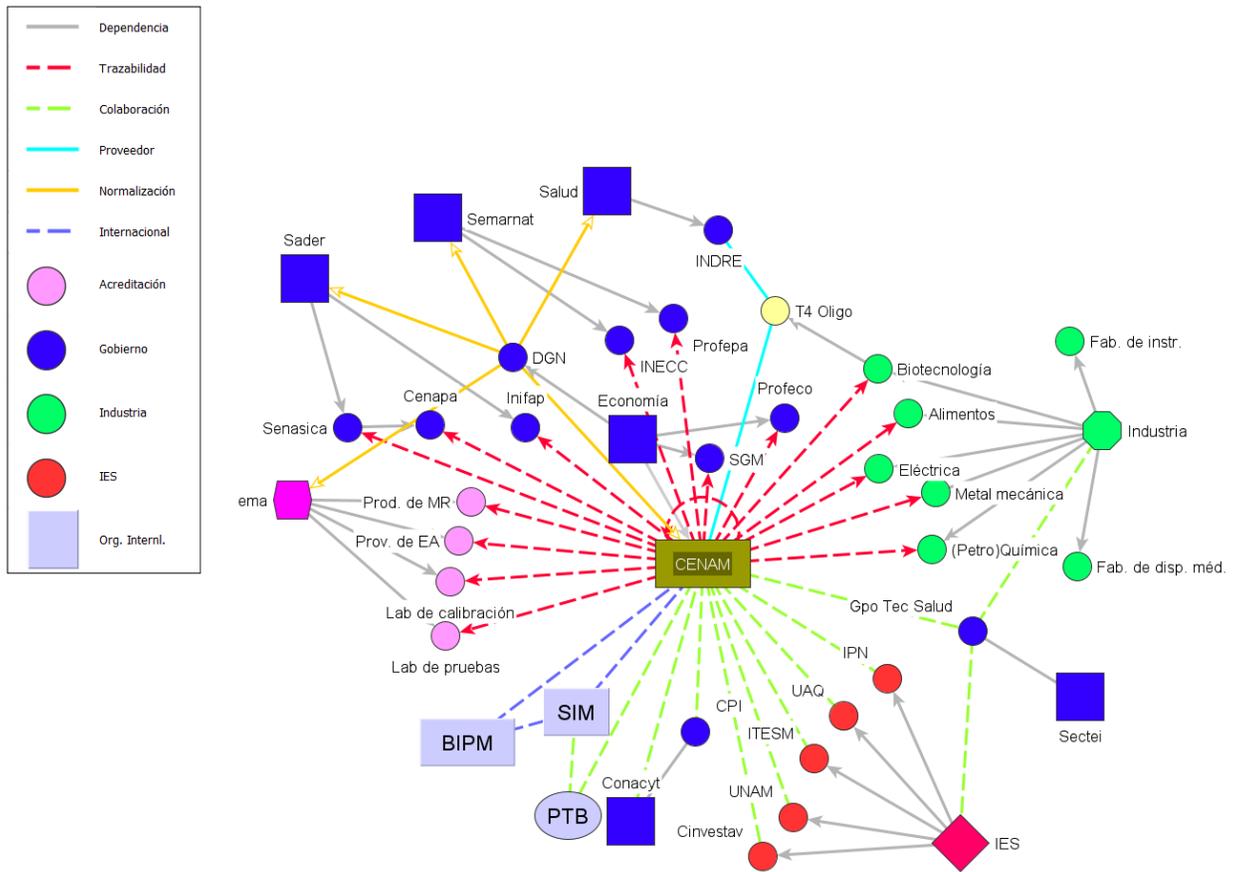
El CENAM está organizado en cinco direcciones generales técnicas y una administrativa y un director general del CENAM. La plantilla del personal es de 240 empleados de confianza, constituidos por: seis directores generales, 20 directores, 32 coordinadores científicos, 18 subdirectores administrativos, 34 especialistas administrativos varios, un médico, 122 metrólogos, seis técnicos especializados. Los especialistas (metrólogos) que trabajan en los laboratorios son 53.3 % y 46.7% son los que poseen un puesto de mando superior y medio y personal administrativo. Las profesiones dominantes son las ingenierías mecánicas, eléctricas, electrónica, y de sistemas. La química de alimentos, la química, y la

física ocupan un menor número y claro las profesiones en áreas de Administración y contaduría. El núcleo básico del trabajo técnico se encuentra en las ingenierías y la química (CENAM 2020; PNT, 2020). En comparación con otros IPI de países altamente industrializados como por ejemplo el *National Insitute of Standards and Technology* (NIST) de EE.UU., las diferencias en cuanto a capacidad de investigación, infraestructura y presupuesto son abismales, cuadro 2. Sin embargo, existen puntos de coincidencia debido a que ambas instituciones tienen como objetivo principal apoyar a la industria de acuerdo con la agenda Nacional de cada país (CENAM, 2020; Intarakumnerd and Akira, 2018).

El CENAM se inauguró en 1994 aunque ya había existido una infraestructura anterior. El caso de México se vio favorecido por la entrada en vigor del Tratado de Libre Comercio (TLC) con EE.UU. y la creación de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización (LFMyN). El impulso de la creación y consolidación de la mayoría de los LNM en América Latina, fue la creación del Sistema Interamericano de Metrología (SIM), iniciativa de México y EE.UU., así como del MRA implementado por el CIPM en 1999, (Castelazo 2019).

Actualmente la LFMyN en México, se derogó y fue emitida en 2020 la nueva Ley de la Infraestructura de la Calidad (LIC) que contiene los principales aspectos necesarios para impulsar la competitividad de las mediciones en el país, la Metrología, la Normalización y la Acreditación (Cámara de Diputados, 2020).

El actual CENAM ha construido una red de interacciones con diferentes organizaciones tanto públicas como privadas a nivel nacional e internacional, en la Figura 2.2. Estas interacciones abarcan a casi todos los sectores de la industria de forma directa o a través de los laboratorios secundarios de calibración y de prueba.



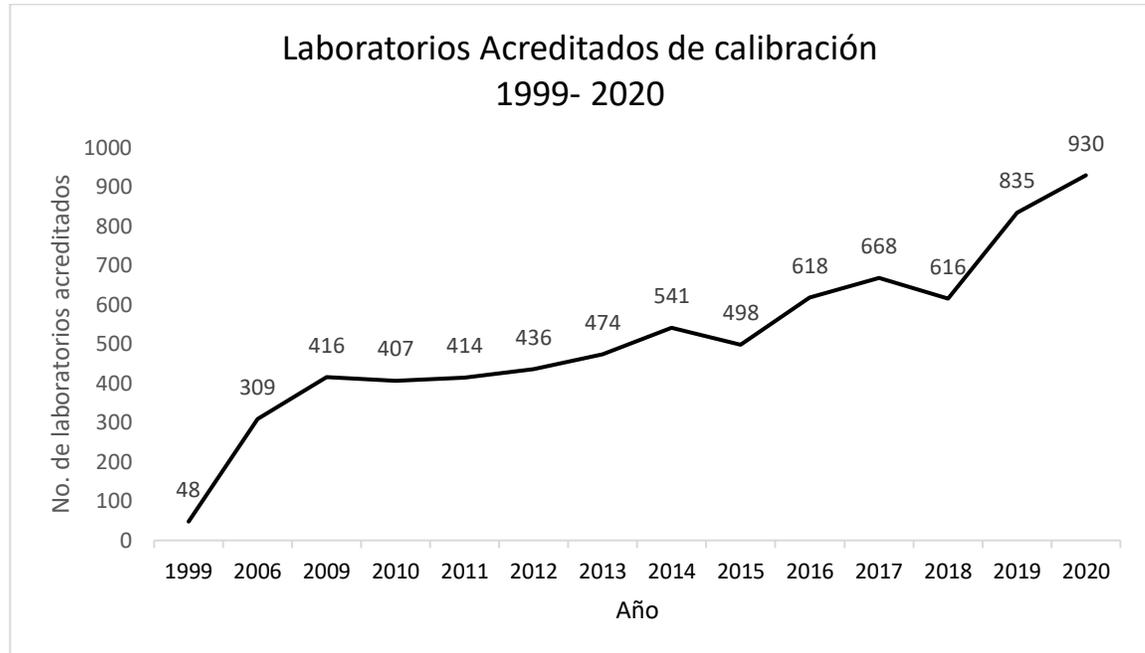
4 **Figura 2.2.** Red de interacciones Nacional e Internacional del CENAM con diferentes instituciones públicas y privadas. Elaboración propia.

2.5.2 Acreditación

La acreditación surge como una necesidad para avalar el cumplimiento de estándares de calidad para los productos o bienes que son de importancia comercial, el cumplimiento de los estándares de calidad se hace de acuerdo a normas técnicas que establecen los parámetros que debe cumplir el producto y que debe verificarse mediante mediciones que son realizadas por laboratorios de calibración o ensayo acreditados para esta medición. La acreditación surge en Australia en 1947, en RU en 1964, en 1972 se crea el *British Calibration System* (BCS) para laboratorios de calibración y en México en 1980, esta época es en donde más entidades de acreditación se crean y donde surge un organismo internacional (*International Laboratory Accreditation Cooperation* ILAC, por sus siglas en inglés) (López, 2007). En México después en 1994 se crea la Entidad Mexicana de Acreditación (EMA) y surge también como un requisito del TLCAN, así como se establecieron las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) y las Normas Mexicanas (NMX). A nivel internacional ya había diferentes organismos que emitían normas para los desarrollos tecnológicos y su medición de calidad en todos los ámbitos como el eléctrico, electrónico, de alimentos, salud, hidrocarburos etc., y éstos desde antes de la primera Guerra Mundial. Poco después de la primera guerra mundial, uno de los organismos internacionales más importantes es la *International Organization of Standardization* (ISO) que tiene cubre casi todos los tipos de mediciones.

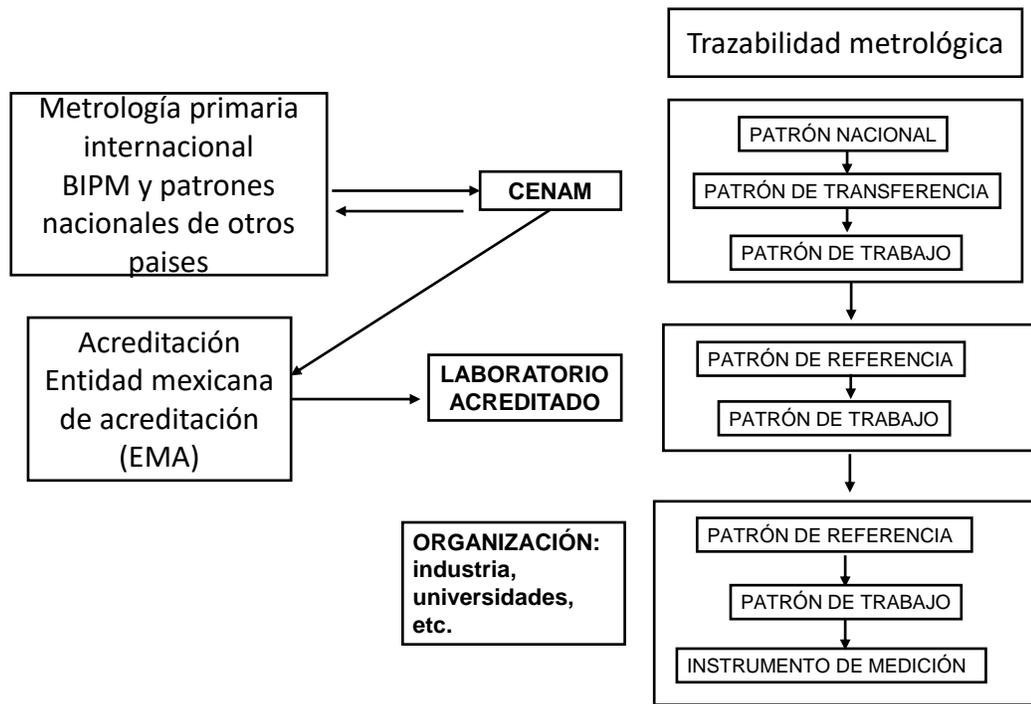
La acreditación es una acción voluntaria de los laboratorios que quieran acreditar sus capacidades técnicas en materia de calibración o de ensayos para dar cumplimiento a normas técnicas que en la materia se hayan emitido, deben tener un nivel de capacidad técnico comprobado por su participación en comparaciones y establecido un sistema de calidad que asegure que trabajan bajo condiciones de controladas y repetibles, (ISO 2005). En México se ha consolidado la infraestructura en materia de acreditación a través de los laboratorios acreditados

en calibración y ensayos, el aumento en el periodo de 1999 al 2020 fue de más de un 1000 % (Castro y Cázares 2021).



5 Figura 2.3. *Tendencia de laboratorios de calibración acreditados por la ema 1999-2020. Fuente: Ema (2022). Elaboración propia.*

En la Figura 2.4, se presenta un esquema de cómo se establece una cadena de trazabilidad metrológica desde los patrones primarios mantenidos por el INM y en la segunda parte de la cadena se encuentran los laboratorios acreditados que pueden ser de calibración o ensayo y al final de la cadena la industria o los sectores usuarios. En esta cadena de trazabilidad se establece una transferencia de conocimiento a través del desarrollo de capacidades de calibración y medición (CMC), de la capacitación del *how to know*, de las colaboraciones entre todos los actores de la cadena y de instituciones externas como los centros de investigación o las universidades y escuelas tecnológicas tanto a nivel nacional como internacional.



6 **Figura 2.4.** Cadena de trazabilidad metrológica.

3.0 MARCO TEÓRICO

3.1 Sistemas Regionales de Innovación

El estudio de la relación entre el crecimiento económico y la innovación se ha estudiado desde varias perspectivas de la teoría económica, en la década de los años 90 surgió la perspectiva de los Sistemas Regionales de Innovación (SRI) como una evolución de la perspectiva de los Sistemas Nacionales de Innovación (SNI), particularizando el alcance dentro de la geografía y debido al reconocimiento de la heterogeneidad en los procesos de innovación. La perspectiva de los SRI utiliza la teoría de la economía evolucionista a través del concepto de innovación, desde el punto de vista de Shumpeter, así como del papel fundamental que tiene el emprendedor y el desarrollo tecnológico que se explica a través del análisis de variables económicas, sociales y políticas (Asheim, 2019; Cooke, 1992; Cooke, et al.,1998; 2004; Crespi 2011; Corona 1999; Jiménez et al., 2011; Niembro 2019; Sánchez et al, 2014).

La perspectiva de SNI evolucionó buscando explicar las relaciones de los agentes que llevan a cabo la innovación y estableciendo un instrumento metodológico que conlleva a implementar políticas que permitan resolver los procesos de desarrollo económico en diferentes regiones. Los estudios que surgieron para los SRI de los años 90 incluían investigaciones relacionadas con las regiones de aprendizaje, los medios innovadores, el Modelo de la Triple Hélice y los clústers, (Cooke, 1992; Cooke et al., 1998, Jiménez et al., 2011, Navarro, 2009; Niembro, 2019; Tripl y Tödtling 2007).

El concepto de SRI se fundamenta en dos aspectos, uno el de la ciencia regional (Braczyk, Cooke y Heidenreich, 1997) y el segundo en el análisis del proceso de

innovación desde la perspectiva de la economía evolucionista, que aparece por primera vez en una publicación de Cooke (1992), (Jiménez, 2011; Sánchez 2014). La perspectiva del SIR toma conceptos de la literatura de comarcas industriales, pero profundiza al identificar que las comarcas que se encuentran embebidas (integradas) en una economía nacional o global (Cooke et al, 1998).

De forma muy generalizada se puede resumir que la conformación de los SRI consiste de dos subsistemas, uno en donde se genera el conocimiento y un segundo que usa este conocimiento. El primer subsistema está constituido por: laboratorios de investigación públicos y privados, universidades, agencias de transferencia tecnológica, etc., el segundo subsistema lo conforman las industrias. Para vincular a estos dos subsistemas fue propuesto un tercer subsistema constituido por organizaciones “intermediarias” como las gubernamentales. La perspectiva de SRI enfatiza que la proximidad territorial es un factor que impulsa la transmisión y difusión del conocimiento lo que conlleva a la construcción de capacidades de innovación, en el sentido de derrama de conocimiento, (Cooke, 1992; Cooke et al., 1998, Jiménez et al., 2011, Navarro, 2009; Niembro, 2019; Trippl y Tödtling 2007).

Los factores que determinan estas capacidades de innovación en los SRI son; la infraestructura de ciencia y tecnología, la innovación especializada generada o contenida en los clústers y la calidad de los vínculos que se generan entre la infraestructura y la innovación de los clústers especializados. Los vínculos que se dan en un SRI en donde existe una integración de los componentes de cada subsistema, son de confianza (Cooke, 1992; Cooke et al., 1998, Jiménez et al., 2011, Navarro, 2009; Niembro, 2019; Sánchez et al., 2014, Trippl y Tödtling 2007).

Cooke et al., (1998) analiza el caso de clúster de la industria automotriz en Europa oriental EE.UU., y Japón, para enfatizar las características y las diferencias con un SRI. Identificó que los clústers de la industria automotriz en Europa Oriental y en

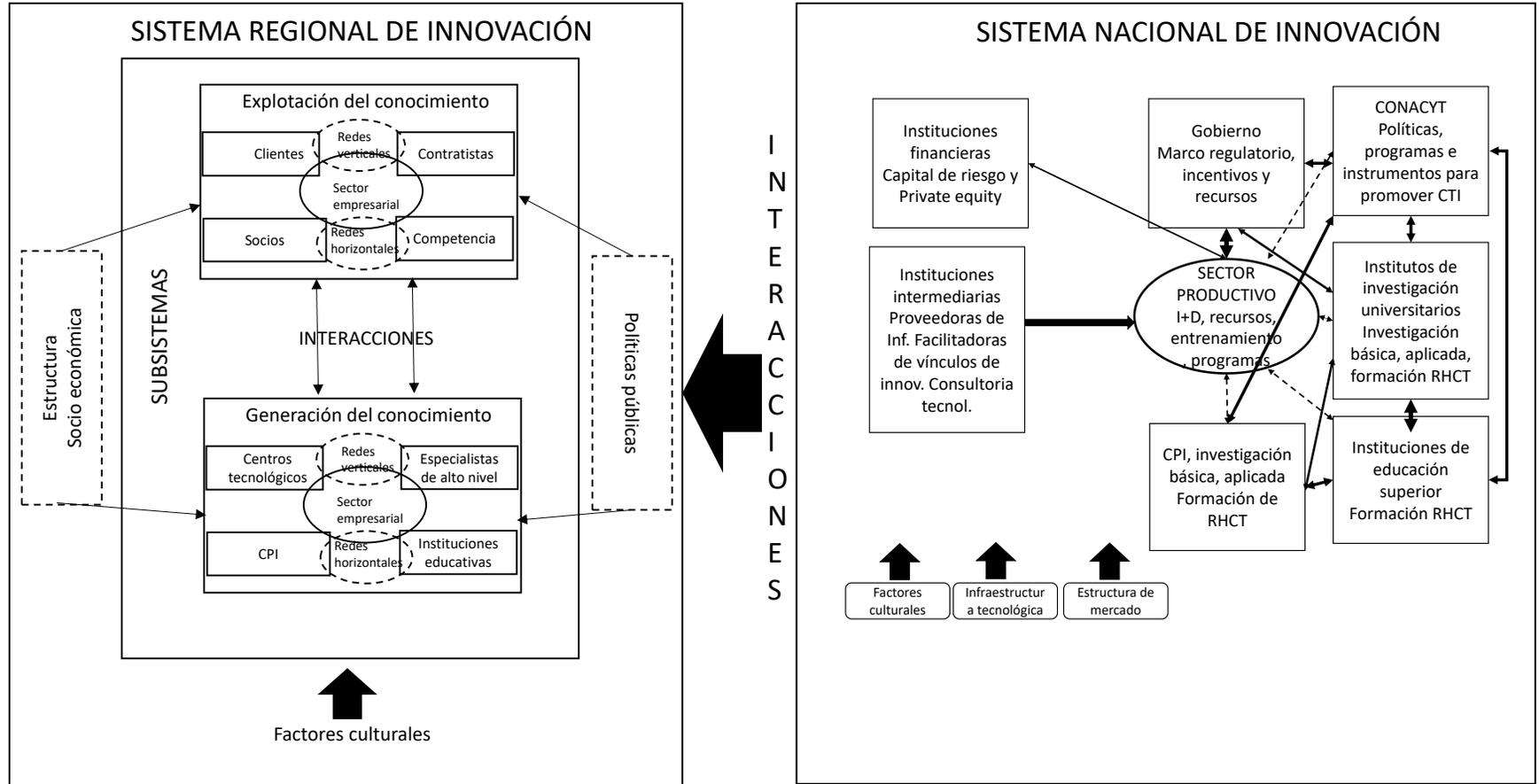
EE.UU., no están integrados regionalmente por lo que los costos de transacción son altos y los vínculos son impersonales. Lo que ocasiona esta falta de integración es que las grandes empresas dominan y sus interacciones con los proveedores son débiles y los cambian fácilmente por lo que no hay interacciones de confianza de parte de los proveedores, este es un clúster de tipo vertical. Estas características minimizan el aprendizaje que pudiera darse entre los actores, debido a las relaciones o vínculos con una preponderancia en la competencia férrea entre proveedores. Adicionalmente, Cooke et al., (1998) mencionan que en estos clústeres los beneficios de la innovación se acumulan en las grandes empresas. Con características opuestas la industria automotriz en Japón esta, integrada regionalmente ya que las grandes empresas tienen capital en las PYMES y MIPYMES de los proveedores, por lo que existe un interés en que haya un buen desempeño económico, las relaciones son más personales y el ambiente ayuda a que se dé una buena interacción para el aprendizaje. Este tipo de clúster, conocido como horizontal, se caracteriza por trabajar en base a la confianza, hay un aprendizaje interactivo intenso y se identifica la alta integración regional. Otras regiones que presentan estas características son las que se identificaron como los cuatro motores de Europa Emilia Romagna en Italia, Cataluña, (Cooke et al., 1998).

Cooke (1992) define al SRI como una estructura base que está conformada por *“subsistemas de generación y explotación de conocimiento que interactúan y se encuentran vinculados por otros sistemas regionales, nacionales y globales, para la comercialización de nuevo conocimiento”*. Por su parte Navarro (2009), define a un SRI: *como “una infraestructura institucional que apoya a la innovación en la estructura productiva de una región.”* El concepto de SRI se introdujo para describir cómo la industria y toda la infraestructura de una economía regional o nacional tiende a dirigir su desarrollo tecnológico e industrial, a lo largo de trayectorias que facilitan acciones desde la perspectiva de políticas públicas (Cooke et al., 1998, Jiménez et al., 2011, Navarro, 2009; Niembro, 2019; Sánchez et al., 2014, Trippl y Tödtling 2007).

Los SRI tienen como tema central las interacciones económicas y sociales entre los agentes, éstos pueden abarcar a los sectores públicos y privados, para generar y difundir a la innovación dentro de las regiones, que a su vez están dentro de sistemas nacionales y globales más amplios. En la Figura 3.1. Se presenta un gráfico del SRI con su interacción a una Sistema Nacional de Innovación (Dutrénit, et al. p.93, 2010; Vivar M., et. al., p. 8, 2010).

De acuerdo con Asheim et al. (2019). De forma más específica se puede establecer una relación entre los SRI y los clusters, dentro de un espacio. Los clústers pueden estar dentro de un SRI, así mismo pueden ser más grandes que un SRI y seguir siendo un clúster (Navarro, 2009). Los clústers son grupos de compañías relacionadas, de múltiples características como tamaño, servicios, clientes, etc., y son el núcleo del clúster, mientras que las organizaciones académicas y de investigación, las instituciones de políticas públicas, autoridades gubernamentales, y otros actores de la red conforman al sistema de innovación del cual el clúster forma parte (Vaz, de Noronha, Galindo y Nijkampb (2014)

Navarro (2009), comenta que la literatura de los conglomerados (*clusters*) y de los SRI consideran al proceso de creación y transferencia del conocimiento como un aspecto móvil, es decir que se puede transferir de un individuo a otro o a una organización o región. Sin embargo, Navarro (2009) caracteriza al proceso de creación y transferencia del conocimiento por una adherencia (*stickness*) al territorio, por estar arraigado localmente (*embeddedness*), y por sus capacidades localizadas (*localised capabilities*).



7 Figura. 3.1. Sistema Regional de Innovación y Sistema Nacional de Innovación. Modificación propia. Fuente: Dutrénit, G., et al. p.93, 2010; Vivar M., et. al., p. 8, (2010)

Boisier (2001), considera que el establecimiento de conexiones de conocimiento potencializa, amplía y profundiza al SIR y este concepto se aplica directamente al desarrollo territorial creando una especie de sinapsis colectiva. Un SIR es una construcción social y regional, creando una actitud mental colectiva, un desarrollo territorial endógeno y también su crecimiento está determinado por factores exógenos, como los proyectos nacionales, las políticas económicas, la demanda externa, la acumulación de capital de progreso técnico y de capital humano.

Rózga (2003), plantea cuál podría ser el estudio futuro y si estos SRI podrán afrontar los desafíos de creación de sinergias creando redes territoriales de innovación y al igual que Boisier (2001), considera que el futuro de los SRI depende de cómo responden a los desafíos territoriales para crear sinergias, que correspondan a las necesidades de creación de conocimiento tecnológico y qué tanto ayudarán a generar las redes.

Un aspecto relevante que plantea Boisier (2001) está relacionado con la importancia de los factores no tradicionales de producción de capital humano, y comenta que los individuos deben ser tratados como sujetos, capaces de aprender y conocer ya que al final son ellos los creadores e impulsores de la innovación, considera un aspecto importante potenciar y articular los capitales intangibles que generan el desarrollo. Considera que el creciente uso de TIC y por tanto la virtualización de la economía es uno de los factores relevantes que ha creado una nueva geografía y que cada vez más las actividades productivas se están desarrollando en el espacio electrónico. Este aspecto es importante de enfatizar ya que en el concepto de los SRI un aspecto que necesita seguirse estudiando porque es difuso es el de la frontera o de cómo se delimitan los SRI.

Los SRI han empezado a modelar el proceso de innovación como un sistema complejo. La literatura actual ha identificado la importancia de la dimensión

geográfica de la transferencia del conocimiento en el desempeño de la innovación regional, pero hay muchos factores que intervienen en esta relación, entre estos se pueden incluir: la fortaleza de la base científica y del sistema de transferencia de conocimiento; la educación y el entrenamiento; la disponibilidad y movilidad de la mano de obra calificada; y las medidas de política pública diseñadas para promover la innovación y el crecimiento.

El modelo de SRI se puede beneficiar de las contribuciones del método de medio innovador, que explica que la capacidad innovadora no pertenece a individuos aislados sino a conjuntos de personas que no tienen la misma movilidad.

Un sistema de innovación en términos generales se compone de las interacciones entre los sistemas de producción, compuesto de una amplia gama de compañías, sistemas científicos que son centros de tecnología e instituciones de investigación, el sistema educativo, universidades y centros de entrenamiento oficiales, y la fuerza de trabajo a través de instituciones, como centros de reclutamiento oficial. Estas interacciones se desarrollan en un ambiente específico regulatorio-institucional y socio-cultural y se delinean en este marco de referencia (Fernández, Martínez y Romero, 2018).

3.1.1 Limitaciones del modelo de Sistema Regional de Innovación e indicadores

Pino y Ortega (2018) consideran que la principal pregunta que queda aún sin responder es si los SRI contribuyen al crecimiento económico en el largo plazo de las sociedades y si es así, se debería poder medir en qué grado contribuyen. Esto sólo puede hacerse en un estudio retrospectivo, pero presenta una problemática dada la escasez de datos. La falta de información de si los SRI contribuyen al crecimiento económico no se mejorará hasta que no haya una estandarización de los indicadores y que éstos puedan medirse durante un largo periodo de tiempo.

La mayoría de los estudios en América Latina (AL) se han centrado en la utilización del modelo de SRI se han centrado en aplicar dicho modelo más que en su conceptualización. Adicionalmente, Llisterri y Pietrobelli (2011) consideran que es de vital importancia considerar el ambiente socio- económico en el que se desarrolla la innovación y a diferencia de otras economías más desarrolladas no hay un proceso sistémico en su desarrollo.

Casalet y Buenrostro (2014), de igual forma consideran que no es posible cuantificar los procesos de innovación usando los mismos factores que se pudieran restringir a las actividades de I+D es de suma importancia considerar la ubicación de las empresas o industria y evaluar el aspecto social y cultural del territorio, así como aspectos de políticas públicas para apoyar e incentivar las actividades de innovación.

Se tiene que enfatizar que los procesos e innovación regionales no tienen trayectorias lineales, sino que reflejan la complejidad de las fuerzas que los interconectan campo gobernado por las empresas que dirigen y contextualizan las condiciones, Vaz et al., (2014).

Algunas investigaciones en AL encontraron que la I+D no se genera en los procesos de innovación, sino se restringe en actividades como la adquisición de maquinaria, básicamente de importación. También se encontró que las innovaciones se dan en materia de organización y servicios (Llisterri y Pietrobelli, 2011). En este mismo sentido, también Fernández y Reyes (2015) comentan que en los sistemas de innovación emergentes la mayor parte de las empresas no tienen la capacidad para desarrollar actividades formales de I&D, por lo que el cambio tecnológico ocurre principalmente por medio de la adquisición de maquinaria y equipo. Solo una pequeña parte de las empresas puede establecer relaciones tecnológicas con otras empresas, por lo que las actividades de

innovación consisten principalmente de la adopción e imitación de tecnologías existentes.

Hay diferentes estudios empíricos entre países y regiones de un mismo país, México, Chile, Brasil, que coinciden en que hay diferencias estructurales significativas entre los SRI en diferentes contextos. En algunos casos se enfatizan los aspectos económicos, como la estructura sectorial y de especialización, las características socio-culturales, como el aprendizaje colectivo, los cambios tecnológicos o el nivel de redes de interacción entre los diferentes actores y su nivel de vinculación. Con estos criterios se han clasificado regiones de innovación (Crespi y D'Este 2011; Feira 2006; Hollanders et al, 2020; Jiménez et. al, 2011; Valdés y León, 2015),

En general se puede decir que las regiones con alto desarrollo representan ambientes favorables para la innovación con un fuerte nivel de organizacional e institucional a diferencia de las regiones que enfrentan grandes dificultades para desarrollar actividades de innovación, como las regiones menos desarrolladas.

Casalet y Buenrostro (2014), consideran que, a pesar de sus diferencias, los países centroamericanos exhiben condiciones similares para facilitar la adopción de medidas para incrementar la inversión en Investigación Tecnología e Innovación (ITI) y el desarrollo de capacidades endógenas. La coordinación de las estrategias en Ciencia Tecnología e Innovación, hasta ahora resuelta con la cooperación norte-sur, puede fortalecerse con la formación de consorcios y acuerdos para organizar clústers de producción, similares a los de Mercosur.

Vaz, de Noronha, Galindo y Nijkampb (2014) consideran que en un mundo globalizado las distancias parecen no ser más un obstáculo y la proximidad del conocimiento a nivel local surge como un pivote que puede otorgar cierta ventaja a la competitividad institucional y regional. Un aspecto importante es poder ligar el

concepto de conocimiento, como un aspecto importante del crecimiento, y los clústers regionales como nidos productivos de instituciones organizadas localmente.

Vaz et al., (2014) consideran que, desde una perspectiva amplia del contexto institucional, que incluye riesgo e incertidumbre, la decisión fundamental que las instituciones deben hacer es de creación, adquisición, transmisión del conocimiento y eventualmente la estimulación del comportamiento de innovación puede moverse de las firmas a los individuos o a los líderes del conocimiento y esta situación puede ser un filtro de conocimiento.

Estudios de SRI en la industria automotriz se presentan con frecuencia, debido al dinamismo y maduración. Países como México, Brasil, Chile han tenido un amplio crecimiento de esta industria y la creación de clusters y caracterización de SRI en donde se encuentran han sido ampliamente estudiados (Crespi y D'Este 2011; Ibusuki, Kaminski y Bernardes 2020; Jiménez et., al., 2011; Valdés y León, 2015). Los principales componentes de un SRI son, la base del conocimiento, los procesos de aprendizaje, la base tecnológica (entradas y demandas), tipo y estructura de interacciones, entre todos los actores, instituciones, procesos de generación y variedad.

Llisterri y Pietrobelli, (2011) proponen 6 criterios para caracterizar un SRI:

- i. La historia
- ii. La evolución y el contexto
- iii. La institucionalidad y gobernanza
- iv. Los vínculos de colaboración
- v. La superposición de niveles territoriales
- vi. La financiación

Dentro de los indicadores propuestos, Pino y Ortega (2018), Valdez y León (2015) plantean que se puede tomar como base los establecidos por la Unión Europea (UE) de Innovación (*European Innovation Scoreboard (EIS)*) Hollanders, Es-Sadki, Merkelbach, and Khalilova (2020), que propone diferentes indicadores de entre los cuales podemos señalar como de los más importantes a los siguientes:

- i. Recursos humanos
- ii. Creación de nuevo conocimiento
- iii. Transmisión y aplicación del conocimiento
- iv. Financiamiento
- v. *Outpus* y mercados

El EIS de Hollanders, Es-Sadki, Merkelbach, and Khalilova (2020), modificado en 2017, propone los indicadores en las siguientes categorías:

Las condiciones marco captan los principales impulsores del rendimiento de la innovación externa a la empresa y abarcan tres dimensiones de innovación:

- ✓ recursos humanos,
- ✓ sistemas de investigación atractivos,
- ✓ entorno favorable a la innovación.

Las inversiones captan la inversión pública y privada en investigación e innovación y abarcan dos dimensiones:

- ✓ Finanzas y apoyo
- ✓ Inversiones firmes.

Las actividades de innovación recogen los esfuerzos de innovación a nivel de la empresa, agrupados en tres dimensiones de innovación:

- ✓ Innovadores,
- ✓ Vinculaciones y

- ✓ Activos Intelectuales.

Los impactos cubren los efectos de las actividades de innovación de las empresas en dos dimensiones de innovación:

- ✓ impactos en el empleo
- ✓ impactos en las ventas.

Estos indicadores tienen la finalidad de proporcionar información que permita conocer las fortalezas y debilidades de los sistemas de innovación de los países miembros de la UE. El desempeño de la innovación se mide usando un indicador compuesto, *Summary Innovation Index*, el cual resume el desempeño de un rango de diferentes indicadores, ya indicados anteriormente.

Para tener un mejor marco de referencia es necesario emplear criterios idénticos y poder medir la capacidad de innovación en diferentes regiones, debido a la diversidad de las regiones, su heterogeneidad sociocultural y económica.

Es necesario entender mejor las operaciones de las organizaciones e instituciones a nivel regional, para definir de forma clara los puntos críticos que definen a un SRI.

Crespi y D'Este (2011), proponen como indicadores evaluar los recursos para la innovación empresarial, la infraestructura de Ciencia y Tecnología, la interacción y la cooperación, la estructura productiva, la demografía e indicadores socioeconómicos.

Estudios como los de Jiménez y Fernández (2011), para Brasil, Colombia, Chile y México muestran la aplicación de la caracterización de los SRI basados en algunos de los criterios de Llisterri y Pietrobelli, (2011), como la historia, la evolución y el contexto; pero añaden el estudio de la institucionalidad y la gobernanza; los vínculos de colaboración entre diversos agentes del SRI; los rasgos multinivel; y la financiación del SRI, este último un indicador igualmente propuesto por Pino y Ortega (2018).

Otra forma de caracterizar un SRI es utilizando los indicadores usados por Feira (2006), quien analiza los nexos de vinculación de empresas e instituciones, estudiando las redes interinstitucionales y sus sinergias. El nivel de desarrollo de los diferentes actores, propone, se puede relacionar con la capacidad de interacción para producir, adaptar, gestionar, intercambiar y difundir el conocimiento y desarrollar las capacidades tecnológicas necesarias a la creación de un entorno favorable. Sugiere identificar los factores condicionantes externos frente a los cuales puede tener éxito una política industrial local, así como la manera en que influyen positiva o negativamente.

Casalet y Buenrostro (2013) presentan una comparación de varios indicadores como área geográfica, población, Producto Interno Bruto (PIB) y PIB per cápita para seis países centroamericanos (Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua y Panamá) más la República Dominicana. También se comparan las tasas de crecimiento del indicador de desarrollo humano de la ONU y del PIB per cápita y se identifica que Costa Rica y Panamá son los dos países con mayor desarrollo, en comparación a los demás.

El establecimiento de un ambiente favorable a la innovación asume las siguientes condiciones: intentaron identificar capacidades productivas e institucionales en los países de la región centroamericana, que promuevan la interacción a nivel nacional y creen condiciones favorables para generar acuerdos que construyan interacciones regionales en ciencia, tecnología e innovación (CTI).

Casalet y Buenrostro (2014) presentan resultados de múltiples estudios sobre las características de los sistemas de producción y las instituciones de la región centroamericana han mostrado que el reto es incrementar las complejidades de los sistemas de producción y la innovación a nivel macro y micro para impulsar un desarrollo continuo de capacidades que mejoren la complementariedad. Los diagnósticos identifican los problemas principales en las siguientes áreas. (1)

Infraestructura, principalmente TICs. (2) Capacidades en producción y tecnologías que faciliten la absorción de nuevas tecnologías. (3) Un contexto institucional abierto a la incorporación de cambios, que facilite la competitividad y responda rápidamente a los retos de investigación, producción y circulación de conocimiento. (4) Desconocimiento de los marcos legales, que reduce la credibilidad de los programas de CTI y de las instituciones de investigación y desarrollo de tecnología.

3.2 Tipologías de los Sistemas Regionales de Innovación

El análisis de SRI se ha enfocado en la obtención de tipologías de las regiones ya sea utilizando técnicas estadísticas o aproximaciones teóricas que después se confirman con estudios de caso, (Asheim; Cooke 1992,1998; Muller, et al., 2008; Niembro, 2019, 2022; Vivar, et al., 2010). Para estos estudios se desarrollan dos tipos de tipologías empíricas y las teóricas o conceptuales, estas últimas se validan generalmente con estudios de caso en base a entrevistas.

3.2.1 *Tipologías empíricas*

Los análisis de tipologías empíricas parten del supuesto de que las regiones estudiadas se comportan como SRI y el objetivo principal es el de comprender qué tan diversas y homogéneas son las regiones de estudio en cuanto a competitividad e innovación. Dada la diversidad de regiones se puede, en teoría, diferenciar diferentes procesos de innovación. Así mismo, se pretende se puedan detectar los problemas inherentes de cada región como debilidad institucional, fragmentación o ausencia de vínculos de redes etc. (Niembro, 2019, 2022; Vivar, et al. 2010).

Las tipologías generalmente se desarrollan utilizando herramientas estadísticas multivariadas como lo es el análisis factorial, análisis de conglomerados una vez identificadas variables del tipo socioeconómicas, de infraestructura de Ciencia y

Tecnología, demográficas, de interacciones y cooperación etc., (Sanchez-Tovar, 2014; Niembro, 2019, 2022; Vivar, et al. 2010). En las tablas 3.1 y 3.2 se presentan algunos ejemplos de las variables seleccionadas en algunos estudios.

Uno de los principales problemas que enfrentan los investigadores es la falta de información de variables como las mencionadas anteriormente, los casos más complejos suceden para las economías en desarrollo cuyos registros, censos, encuestas nacionales tienen un nivel de estado y estos son los casos de México, Argentina y Chile por citar algunos ejemplos. El número reducido de casos dificulta el análisis factorial debido a que el número de casos se restringe al número de estados, en el caso de México 32, adicionalmente las diferencias de indicadores por ejemplo socioeconómicos entre algunos estados es abismal por lo que al aplicar las herramientas estadísticas se tienen que hacer múltiples consideraciones (Sanchez-Tovar, 2014; Niembro, 2019, 2022; Vivar, et al. 2010).

El análisis factorial debe cumplir con ciertos requisitos para considerarlo válido por lo que se realizan pruebas de confiabilidad como la de Crobach, así como la medida de adecuación de la muestra (KMO) y la varianza total explicada que es un parámetro para poder evaluar si el conjunto de datos se explica con el modelo (Niembro, 2019, 2022; Vivar, et al., 2010).

El análisis de conglomerados es la herramienta que finalmente se utiliza para definir las regiones, también es un análisis factorial de variables que analiza al mismo tiempo las variables dependientes e independientes ponderando las mismas para poder explicar su agrupación, y son las que se seleccionaron del análisis factorial anterior. (Muller, et al., 2008; Niembro 2019, 2022; Vivar, et al. 2010).

3 Tabla 3.1. *Ejemplo de las variables seleccionadas en diferentes estudios de tipologías regionales. Elaboración propia.*

Crespi (2011)		Vivares et al., (2010)	Vivar et al., (2010)	Variables de análisis
Recursos de innovación empresarial	de	Gasto en actividades de innov./persona ocupada Personal I+D/hab	Subsistema de explotación del conocimiento	Especialización sectorial de las empresas Tamaño de empresa y concentración Stock de capital en las empresas Esfuerzo de I+D de las empresas
Infraestructura CyT	de	Personal académico/hab No. universidades/hab Gasto en educación superior/hab	Subsistema de generación y difusión del conocimiento	Número de profesionales con grado de doctor Estudiantes en carreras de formación técnica
Interacciones y cooperación	y	Empresas con fuentes de información externa;	Entorno socioeconómico	Capital humano, entorno económico, infraestructura tecnológica, aspectos demográficos (% ruralidad, no. De ciudades)
Estructura productiva		% PIB agro, ind., y de servicios Empresas tecnológicas Empresas >50 empleados Empresas/Km ²	Entorno de las políticas públicas	Fonos públicos asociados a I+D
Demografía		Hab/ Km ² %hab edu sec %hab edu sup % de indígenas Tasa de empleo		

3.2.2 *Tipologías conceptuales*

Las tipologías conceptuales citadas en los trabajos son las propuestas por Cooke (1998) y la desarrollada por Aheim e Ikansen (1997). Cooke (1998) basa sus propuestas por los estudios de regiones exitosas que analizó en la década de los años 90, las dimensiones que concibe son las de la gobernanza y de la estructura de innovación a nivel empresa, dentro de estas dos dimensiones se puede teorizar proponiendo diferentes regiones de SRI. Adicionalmente caracteriza dos SRI potenciales básicos que pueden surgir, tabla 3.3.

La propuesta de Asheim e Ikansen (1997), unen las dos dimensiones propuestas por Cooke, como una sola y derivan de ahí tres tipos de regiones tabla 3.4.

5 Tabla 3.3. *Características principales de los SRI potenciales. Elaboración propia.*

Fuente: Fuente: Cooke et al., 1998, p. 1577

Potencial SRI fuerte	Potencial SRI débil
Gasto e impuestos autónomos	Gasto e impuestos descentralizados
Financiamiento privado regional	Dependencia financiera nacional
Capacidad de financiamiento regional, <i>partnership</i>	Débil capacidad de financiamiento regional, <i>partnership</i>
Mediación regional y promoción de la capacidad	Limitada mediación regional y promoción de la capacidad
Control e influencia sobre la infraestructura estratégica	Falta de control e influencia sobre la infraestructura estratégica
Universidades con integración	Universidades desintegración
Laboratorios I+D integrados	Ausencia de laboratorios I+D integrados
Competencias regionales entrenamiento-vocacional	Sistema de entrenamiento estatal normal
Estrategia de innovación regional	Proyectos de innovación incompletos

6 **Tabla 3.4.** *Características conceptuales de tipologías de SRI. Elaboración propia. Fuente: Vivar M., et al. 2010.*

Tipo de SRI	Ubicación de organización de conocimiento	Flujo de conocimiento	Estímulos de cooperación
SRI territorialmente anclado	Local, con pocas organizaciones relevantes	Interactivo	Geográficos, de proximidad social y cultural
SRI embebido en redes	Local, con organizaciones fuertes y funcionando en redes	Interactivo	Planificado, sistémico en redes
Sistema nacional regionalizado	Principalmente fuera de la región	Lineal	A través de individuos con educación y experiencias comunes

Vivar et al., (2010) considera que la propuesta de tipología teórica de Asheim e Isaksen es más adecuada debido a que de forma simple se pueden analizar las interacciones sistémicas se dan en los SRI. Sin embargo, esta propuesta asume que las regiones funcionan como SRI y también ha dado origen a clasificarlas de acuerdo a las debilidades o problemas detectados en los SRI. Navarro y Gibaja (2009), tabla 3.5.

7 **Tabla 3.5.** *Clasificación de los SRI de acuerdo a los estudios conceptuales. Elaboración propia.*

Tipologías conceptuales	Dimensiones	SRI	Características
Cooke 1998	Gobernanza (instituciones de investigación públicas y privadas)	Básicos De red Dirigistas	Distrito industrial o clúster formado por pymes. Alta asociación entre gobierno regional e industria. La gobernanza está fuertemente centralizada.
Asheim et al., 2019	Tipo de innovación empresarial	Localista Interactivo Globalizado Territorialmente insertados	Pequeñas empresas que pueden formar parte de grandes redes locales. Equilibrio de empresas grandes con orientación global y redes locales. Dominados por empresas multinacionales vinculadas a mercados globalizados.
		Regionales en red (ideal) Nacionales regionalizado	Actividad innovadora basada principalmente en procesos de aprendizaje localizados y estimulados por la proximidad geográfica, social y cultural. Con poca interacción con las organizaciones del conocimiento. Empresas y organizaciones con procesos interactivos localizados de aprendizaje. Planificado y reforzado en su infraestructura (I+D, formación continua). Estructura productiva e infraestructura institucional integradas en sistemas de nacional o internacionales. Los actores y las relaciones externas juegan un papel importante.
Doloreux D., (2002)	Barreras al SRI	Debilidad organizacional Fragmentación Bloqueo	Falta de actores relevantes, baja número de clúster y bajo número de instituciones. Regiones periféricas. Falta de interacción y de redes. Clústeres regionales y regiones metropolitanas. Especialización industrial, industrias maduras u obsoletas. Regiones de industrialización antigua, en transición y con materias primas como base.
Asheim et al., 2011		Conocimiento analítico. Conocimiento sintético Conocimiento simbólico	Biociencias. Industria de maquinaria. Industria del entretenimiento y medios de comunicación.

En resumen, las principales limitaciones del modelo son la definición de Región y la falta de información para realizar estudios, de forma tal que permitan encontrar un patrón empírico que indique cómo se produce la innovación. Esta limitación ha sido objeto de críticas, debido a que puede considerarse la corriente misma como con falta de rigor y al mismo tiempo se ha reconocido que a nivel regional y local se dan desarrollo de innovación único e importantes (Cooke et al., 1998; Navarro, 2009). La región puede hasta considerarse un “concepto intelectual” pues no se consideran fronteras rígidas y sino interactivas, flexibles y quizás temporales, que están influenciadas por u terno no solo económico, político sino también cultural a nivel regional.

También se encuentra que existe una línea quizás muy fina entre el concepto de clúster y región a la que debe prestarse atención u no confundir o traslapar. El concepto de clúster introducida por Porter en 1998, lo define como “Un conjunto de empresas interconectadas y de instituciones asociadas, ligadas por elementos comunes y complementarios, geográficamente próximos” (p199): En un clúster el actor principal es la empresa y su objetivo único es la competitividad, en un SRI los actores principales son cómo se crea y cómo se explota el conocimiento y por ende la interacción de los actores involucrados en estos dos procesos (Navarro, 2009). El concepto de clúster es, por así decirlo, una parte de un SRI y esto lo señala el mismo Cooke, (2005) cuando menciona que un SRI contiene diferentes, clúster, especializados (Asheim, 2019; Cooke, 1992; Cooke, et al.,1998; 2004; Crespi 2011; Jiménez et al., 2011; Niembro 2019; Sánchez et al, 2014). En Querétaro al menos podríamos identificar tres, el de plásticos, aeronáutico y automotriz.

Las regiones tienen una gran variedad y el principal objetivo de su estudio radica en el hecho de encontrar los patrones que pudieran existir para desarrollar innovación. No se puede definir a la región en términos geográficos por lo que es importante en cada región de estudio describir sus características, observar su

funcionamiento y tratar de entender la diversidad de procesos, por lo que las tipologías son el instrumento que más se utiliza en este tipo de estudios. Sin embargo, se requiere de más investigación al respecto ya que no se tienen diversas barreras pues la información que se tiene de diversos aspectos como los económicos, de Ciencia y Tecnología, inversión, colaboración y de actividades innovadoras no son fáciles de obtener y si los hay se tienen de forma restringida o escasa (Navarro y Gibaja 2016).

La aportación de más evidencia empírica, la descripción de características únicas y regularidades empíricas que se puedan establecer de manera rigurosa y del establecimiento de relaciones causales entre las variables que pudieran establecer un mecanismo de desarrollo de innovación son los aspectos que fortalecen la investigación en los SRI (Navarro, 2009; Asheim 2019).

4.0 HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

4.1 Hipótesis

Hipótesis nula

H_0

Existen relaciones de vinculación y colaboración entre la infraestructura metrológica y de acreditación que influyen en los actores de un SRI, y constituyen uno de los factores que promueven las actividades de innovación.

Hipótesis alternativa

H_1

No existen relaciones de vinculación y colaboración entre la infraestructura metrológica y de acreditación que influyen en los actores de un SRI, y constituyen uno de los factores que promueven las actividades de innovación

4.2 Objetivos

4.2.1 *Objetivo general*

Evaluar la relación que sigue la infraestructura metrológica y de acreditación dentro de los SRI, en relación a la innovación y la tecnología.

4.2.2 *Objetivos específicos*

- Seleccionar los servicios de metrología primaria (Centro Nacional de Metrología, CENAM) vinculados a la industria manufacturera y su cobertura nacional.

- Analizar y seleccionar variables, utilizando fuentes secundarias, para definir indicadores de CyT, de la capacidad de innovación, metrología y acreditación, así como de la estructura productiva que describen a los SRI.
- Agrupar los estados de la República como unidad regional desde la perspectiva de SRI de acuerdo a variables de metrología, acreditación, productividad, recursos de innovación y tecnología, utilizando el análisis factorial y de conglomerados.
- Construir indicadores sintéticos para las variables de Innovación, tecnología y metrología y acreditación.
- Identificar y analizar mediante el método de análisis cualitativo, Ragin (1987), encuestas aplicadas a una muestra pequeña de empresas del sector manufacturero, relaciones de colaboración dentro del SRI. tomando como punto de referencia variables de infraestructura metrológica y determinar si son suficientes y necesarias para describir la dinámica de los SRI.

5.0 METODOLOGIA

5.1 Diseño Metodológico

El estudio de los SRI como se mencionó anteriormente se realiza desde la aproximación conceptual propuesta por Cooke y en mayor medida desde la descriptiva u operacional. Los estudios operacionales proponen describir al sistema tal y como funciona y la exactitud de la aproximación en la descripción depende del número y tipo de información con el que se cuenta (Navarro, 2009). Los estudios buscan encontrar el proceso sistemático, y describir regularidades empíricas, que permite desarrollar actividades innovadoras dentro de las particularidades de cada SRI.

La naturaleza del estudio fue de carácter mixto, utilizando la aproximación cuantitativa y cualitativa incluyendo en ambas, indicadores de la infraestructura de la calidad (metrología y acreditación) y cómo esta puede proporcionar a los SRI alguna influencia en los procesos de innovación.

Para desarrollar el estudio desde el punto de vista cuantitativo se tomaron como punto de partida los estudios realizados por: Arriaza, (2006); Muller, et al., (2008); Niembro (2019, 2022); Vivar, et al. (2010); Unger y Chico (2004); Unger (2017); Unger et al., (2019), quienes toman como regiones a cada uno de los estados de la República Mexicana o departamentos, de acuerdo a la división política de cada país, para su descripción. Las variables comunes de los estudios anteriormente mencionados son:

- Recursos e innovación empresarial, (Rele)
- Infraestructura de Ciencia y Tecnología, (ICyT)
- Interacciones y cooperación, (IyC)

- Estructura productiva (EP)
- Demografía (D)

Las fuentes de información secundarias para la obtención de indicadores para la construcción de variables, fueron la última encuesta sobre investigación y desarrollo tecnológico (ESIDET), INEGI -CONACYT (INEGIa, 2019), la base de datos de la UNAM **execum**, (UNAM, 2020), la base de datos del censo económico 2019 (INEGIc, 2020), la base de la entidad mexicana de acreditación (ema), ([EMA producción \(consultaema.mx\)](http://ema.producción.consultaema.mx), 2022) y la base de datos de servicios del Centro Nacional de Metrología. Todas las bases de datos fueron analizadas y se seleccionaron o crearon indicadores. Adicionalmente, debido a las diferentes unidades de medida de las bases éstas se normalizaron. El manejo inicial de las bases de datos fue utilizando Excel para después realizar el AF y de conglomerados con el software Minitab.

La naturaleza descriptiva del estudio requirió el uso de herramientas multivariadas; tales como el análisis factorial y de conglomerados (clúster), para lo cual se usaron como base los estudios de: Arriaza, (2006); Muller, et al., (2008); Niembro 2019, (2022); Vivar, et al. (2010), Unger y Chico (2004); Unger (2017); Unger et al., (2019), donde el análisis factorial se utiliza para generar un número menor de variables y el de conglomerados para obtener subconjuntos de variables lo más homogéneos posible (Díaz Rodríguez, González Ariza, Henao Pérez, Díaz Mora 2013).

La falta de información relacionada con variables de Interacción y cooperación fue el motivo por el que se realizó una encuesta y se utilizó el análisis cualitativo comparativo (QCA, por sus siglas en inglés) para su estudio (Ragin, 2014).

Las encuestas se realizaron a una muestra pequeña de empresas del sector manufacturero, identificando factores potenciales que pudieran explicar el crecimiento de innovación de una región. El análisis comparativo cualitativo

propuesto por Ragin (1987) se usó en la modalidad dicotómica y de *fuzzy sets*, para identificar si las variables identificadas eran suficientes y necesarias o necesarias, se utiliza el software QCA versión 4.0 de acceso libre (Ragin and Sean 2016).

5.1.1 Estadística descriptiva

En este primer análisis se procesaron los datos para resumir y encontrar los más importantes para la tesis. Mediante gráficas y estadísticos como la media, mediana, curtosis, valores máximo y mínimo, se procesó la base de datos del CENAM y después las variables seleccionadas para el análisis factorial y de conglomerados (Newbold, Carlson y Thorne, 2008). La base de datos del CENAM se analizó para encontrar la tendencia de servicios y seleccionar el más importantes, seguido por el análisis número de servicios por entidad federativa, con la finalidad de tener un panorama del alcance en el territorio nacional. Todas las bases de datos son numéricas del tipo discretas, debido a que provienen de un proceso de recuento, los censos, las bases de datos como número de servicios, número de laboratorios etc.

Las gráficas de barra se utilizaron para representar tendencias y simetría de la distribución de datos que luego se confirmaría con los estadísticos utilizados.

El análisis de estadística descriptiva se realizó también para cada conglomerado con todas las variables utilizadas.

5.2 Análisis factorial y de conglomerados para la determinación de grupos homogéneos

5.2.1 Análisis factorial (AF)

El análisis factorial tiene por objetivo identificar un número reducido de variables que pueden sustituir a las originales si éstas últimas se encuentran

correlacionadas. Este análisis permite manejar con mejor exactitud un número grande de variables a través de variables “suplentes” que se usan para análisis posteriores. Como lo mencionan Díaz Rodríguez et al., (2013) “*El fin del análisis factorial es la identificación de factores y la contribución de cada variable en un factor*”.

Es decir, el objetivo es encontrar un grupo de variables, conocidos como factores, que presenten una alta correlación, lo que permite reducir su número utilizando como parámetro de discriminación una correlación poco significativa o nula. El análisis, permite detectar las variables más significativas y facilitar análisis posteriores, detectando variables que aportan poca información o que son redundantes o sí existen problemas de multicolinealidad (Méndez y Rondón 2012).

El AF busca evaluar la dispersión de las variables de interés utilizando su varianza total que proviene de dos factores:

- i. La varianza que se explica utilizando un conjunto de factores comunes a todas las variables.
- ii. La varianza particular de cada variable y que no tiene relación con las demás.

Los factores se consideran independientes y ortogonales y de ahí se deriva el AF utilizando el modelo con variables latentes ortogonales MVLO.

El MVLO plantea:

Un vector de variables \vec{X} , dimensión P, en una población normal con media $\vec{\mu}$ y una matriz de varianzas-covarianzas Σ , se puede describir como la combinación lineal de sus coordenadas vectoriales:

$$\vec{F} = (F_1 + F_2, \dots, F_m)$$

$$\vec{E} = (E_1 + E_2, \dots, E_n)$$

Por lo que se puede escribir como una matriz de la siguiente forma (ec. 5.1):

$$X_1 = \mu_1 + \lambda_{11}F_1 + \dots + \lambda_{1m}F_m + E_1$$

$$X_2 = \mu_2 + \lambda_{21}F_1 + \dots + \lambda_{2m}F_m + E_2$$

⋮

$$X_p = \mu_p + \lambda_{p1}F_1 + \dots + \lambda_{pm}F_m + E_p$$

$\mu_j =$ es la media de la variable X_j

$\lambda_{j1}F_1 + \dots + \lambda_{jm}F_m,$ es el efecto de las coordenadas m F_1, \dots, F_m

$E_j =$ la j -ésima coordenada del vector \vec{E} sobre la variable aleatoria X_j

$j = 1, \dots, P$

$\lambda_{jh},$ es la contribución de la coordenada F_h en la variable X_j

El sistema de ecuaciones en ec. **5.1.** se puede expresar de forma vectorial:

$$\vec{X} = \vec{\mu} + \Lambda\vec{F} + \vec{E} \quad (5.2)$$

Donde $\Lambda = (\Lambda_{jh})$, $P \times m$ es la matriz del coeficiente del vector \vec{F} .

En el AF, el vector \vec{X} , se obtiene de la ecuación vectorial expresada en la ec. **5.2.** donde \vec{F} , es un vector de variables latentes con una dimensión m o factores no observados, que son comunes a las P coordenadas del vector aleatorio \vec{X} .

Este modelo tiene varias suposiciones dentro de las cuales se encuentran:

i. $\vec{F} \sim Nm(\vec{0}, I_m)$

Los factores son variables aleatorias de media cero, varianza 1 e independientes con distribución normal multivariada,

- ii. Λ es una matriz de constantes desconocidas de $P \times m$, con $m \leq P$, que se conoce con el nombre de matriz de cargas factoriales y contiene los factores que describen cómo los factores de \vec{F} afectan a las variables observadas del vector \vec{X} .
- iii. \vec{E} , es un vector de dimensión P correspondiente a las perturbaciones no observadas y que incluye el efecto de todas las variables que son diferentes a las de los factores comunes que tienen alguna contribución en \vec{X} .
- iv. Las coordenadas de del vector \vec{E} y las del vector \vec{F} no están correlacionadas.

Los supuestos expresados matemáticamente serían:

$$\vec{F} \sim Nm(\vec{0}, I_m)$$

$$\vec{E} \sim Np(\vec{0}, \Omega)$$

$$cov(\vec{F}, \vec{E}) = 0$$

Derivado de los supuestos del modelo se puede deducir que:

$$E(\vec{X}) = \vec{\mu} \quad y$$

$\vec{X} \sim Np(\vec{\mu}, \Sigma)$, donde Σ es la matriz de varianzas-covarianzas poblacional.

La matriz Λ , contiene las covarianzas entre los factores y las variables observada.

Expresando la esperanza en la ec. 5.2 se obtiene que:

$$E[(\vec{X} - \vec{\mu}F^T)] = \Lambda E(\vec{F}F^T) + E(\vec{E}F^T) = \Lambda \quad (5.3)$$

Se puede expresar así ya que las F_i no están correlacionadas entre sí y con las E_j , para $j=1, \dots, P$

Y para la varianza del vector aleatorio \vec{X} , $\Sigma_{\vec{X}} = \Lambda\Lambda' + \Omega \quad (5.4)$

Donde Ω es la matriz de la varianza del vector aleatorio de las perturbaciones en \vec{E} .

La varianza de las componentes del vector aleatorio \vec{X} , expresada como σ_{ii} , $i=1, \dots, P$, se da como:

$$\sigma_{ii} = \lambda_{i1}^2 + \lambda_{i2}^2 + \dots + \lambda_{im}^2 \quad (5.5)$$

La ecuación 5.5, define la varianza de los factores m y se conoce como de comunalidad.

5.2.1 Rotación de ejes factoriales

La ec.5.4 relacionada con la varianza del vector aleatorio \vec{X} , tiene infinitas soluciones para la matriz Λ . Esta característica permite, en el caso de matrices ortogonales, seleccionar diferentes matrices tales que cuando las variables originales sean muy diferentes respecto a un factor y con otros no, se puede entonces interpretar a los factores en términos de estas variables con carga máxima sobre estos.

Se selecciona una matriz ortogonal \mathbf{G} , para la cual se maximiza la varianza por filas de los cuadrados de los elementos de la matriz Λ . Se utilizan cuadrados debido a que se tienen elementos grandes y pequeños en la matriz Λ , para lo cual se maximiza la expresión (5.6) obteniendo la rotación conocida como Quartimax.

$$\frac{1}{m^2} \sum_{i=1}^P \left[m \sum_{j=1}^m ((\lambda_{ij})^2)^2 - \left(\sum_{j=1}^m (\lambda_{ij})^2 \right)^2 \right] \quad (5.6)$$

Sí se maximiza la varianza de las columnas de Λ , se obtiene una rotación Varimax expresada como en la ec. 5.7.

$$\frac{1}{p^2} \sum_{i=1}^m \left[P \sum_{j=1}^P ((\lambda_{ij})^2)^2 - \left(\sum_{j=1}^P (\lambda_{ij})^2 \right)^2 \right] \quad (5.7)$$

Las rotaciones más comunes son las expresada en las ecuaciones 5.6 y 5.7.

5.2.2 *Análisis de conglomerados*

El análisis de conglomerados o clúster es una serie de herramientas conocidas como técnicas de interdependencia y cuyo objetivo es crear grupos a partir de diferentes elementos con una gran similitud; donde se agrupan casos o variables. En general, si se tiene un gran número de variables y/o con multi colinealidad se utiliza previamente el AF o la herramienta de componentes principales (CP) (Díaz Rodríguez et al., 2013).

Los métodos utilizados para medir qué tan similares son los elementos de una población dada, son las medidas de correlación, de distancia y de asociación.

Las más usadas son las medidas de distancia (d), en donde la distancia de dos elementos (A y B) de una población debe cumplir con tres condiciones:

$$d(A, B) \geq 0$$

$$d(A, B) = d(B, A)$$

Si C es otro elemento de la población entonces

$$d(A, B) \leq d(A, C) + d(C, B)$$

Las distancias más comunes son la euclídea, la distancia Minkowski, la Chevichev, la Mahalanobis.

Distancia euclídea

Para los ejes ortogonales la distancia euclídea es la que se utiliza, los elementos A y B de un conjunto se definen por sus respectivos vectores $\vec{a} = (a_1, a_2, \dots, a_p)$ y $\vec{b} = (b_1, b_2, \dots, b_p)$ entonces la distancia entre A y B $d_c(A, B)$, se expresa de acuerdo a la ec. **5.8**

$$d_e^2(A, B) = \sum_{i=1}^p (a_i - b_i)^2 \quad (5.8)$$

Procedimiento de agrupación

Existen dos procedimientos en jerárquico y no jerárquico. Para utilizarlos hay que cumplir con un conjunto de reglas que al cumplirse proporcionan los elementos de agrupamiento., dentro de un subconjunto de elementos éstos no deben tener elementos comunes y cada subconjunto debe estar incluido en el otro. Estos procedimientos utilizan representaciones graficas como los dendogramas y las gráficas de témpano. Para determinar cómo clasificar los grupos con los métodos jerárquicos se pueden utilizar los criterios del vecino más cercano, el vecino más lejano, el vínculo medio, el método del centroide (Díaz Rodríguez et al., 2013).

En el caso de los métodos no jerárquicos se utiliza el conocimiento del investigador ya que a priori se establece el número de grupos (k) a partir de un número de elementos (n) y $k < n$. Estos procedimientos también se denominan k-medias y son de tres tipos: umbral secuencial, paralelo optimización. La interpretación se facilita cuando se realiza un análisis de varianza para identificar las diferencias (Díaz Rodríguez et al., 2013).

Determinación de grupos homogéneos

En este análisis se tuvo por objetivo identificar cuáles variables son las que caracterizan a las regiones integrando como factor distintivo la infraestructura de la calidad y considerando que los SRI funcionan como tales.

Se tuvo un número más grande de variables que de casos ya que los datos obtenidos corresponden a los 32 estados del país, sin embargo, el análisis factorial se ha utilizado en este tipo de escenarios para otros casos como los de Argentina, Chile y Europa (Muller, et al., 2008; Niembro, 2019, 2022; Vivar et al. 2010).

El análisis factorial debía cumplir con ciertos requisitos para considerarlo válido por lo que se evaluaron: los valores de confiabilidad de acuerdo a la prueba de Cronbach, la medida de adecuación de la muestra (KMO) que es aceptable si es mayor a 0.5, y la varianza total explicada que es un parámetro para poder evaluar si el conjunto de datos se explica con el modelo (Niembro, 2019, 2022; Vivar et al., 2010).

Los conglomerados se validaron se con el análisis MANOVA donde cada promedio de cada variable caracteriza a un conglomerado, se utilizó como medida de similitud la distancia euclídea, los resultados se presentan en forma gráfica como dendrogramas. Las variables seleccionadas en el análisis factorial y reducidas a un número determinado de factores, son consideradas variables latentes para poder utilizarse en análisis posteriores de regresión (Arriaza, 2006; Muller, et al., 2008; Niembro 2019, 2022; Vivar, et al. 2010).

5.3 Descripción de variables

Se utilizaron los datos de la última encuesta disponible que corresponde al 2017 sobre investigación y desarrollo tecnológico (ESIDET) que realiza el INEGI en colaboración con el CONACYT a nivel nacional utilizando (INEGIa, 2019). También se utilizó la base de datos de la UNAM **execum**, para el número de investigadores en el Sistema Nacional de Investigadores (SIN), número de programas de educación superior por entidad federativa etc., (UNAM, 2020). Se utilizó adicionalmente la base de datos del censo económico 2019 del INEGI (INEGIc, 2020) y la base de datos de laboratorios acreditados de la entidad mexicana de acreditación (ema), ([EMA producción \(consultaema.mx\)](http://ema.produccion.consultaema.mx), 2022) y de la base de datos de servicios del CENAM de 2009-2021. En las tablas 3.1 a 3.9. se resumen y se dan detalles de las variables utilizadas, es importante señalar que se incluyeron variables relacionadas con la innovación y el desarrollo científico y tecnológico (DCyT), así como dos variables relacionadas con el soporte técnico en las industrias para asegurar la calidad de las mediciones, que corresponden al número de laboratorios secundarios que ofrecen servicios de calibración a las industrias y el número de tipos de servicios con los que cuentan (Crespi, 2011, Listerri et al, 2011; Navarro, 2009; Niembro 2019, 2022; Sánchez-Tovar, 2014; Vivar, et al. 2010).

Es necesario señalar que una limitante de la selección de variables fue la falta de información para construir un indicador relacionado con la interacción y cooperación, esta limitante ha sido una constante en los estudios de SRI a nivel Latino América, como lo han señalado otros investigadores (Cook, 1998, Crespi, 2011, Listerri et al, 2011; Navarro 2009; Niembro 2019, 2022; Sánchez-Tovar, 2014; Vivar, et al. 2010). No obstante, al incluir más variables de innovación y de DCyT y nuevas variables relacionadas con la infraestructura de la calidad como mejora en los sistemas de medición, se buscó obtener una descripción de las regiones lo más detallada posible.

El total de variables analizadas de la encuesta ESIDET fueron 51, las cuales se normalizaron de acuerdo a su unidad de medida. El total de variables utilizadas y su descripción y fuente de adquisición se detallan en las tablas **3.4** a **3.12**. En los casos en que no fue posible esta estandarización, se utilizó el z score como valor absoluto, **ec. 5.9.**, para normalizar por ejemplo unidades de tiempo.

$$z = \frac{|x_i - \bar{x}|}{s} \quad ec. 5.9$$

Donde:

Z = z score

x_i = valor individual

\bar{x} , promedio de la población

S = desviación estándar de la población

Se analizaron datos de diferentes años que corresponden a los más actuales de acuerdo a la fuente de consulta, Niembro (2016) comenta que debido al reducido número de observaciones por variable, es necesario evaluarlos considerando estas restricciones y comenta que el hecho de tener datos de diferentes años puede compensarse con la poca variabilidad que existe en múltiples indicadores, para este estudio se observó por ejemplo el gasto en investigación y desarrollo como % PIB de México de 1998 a 2018 y se presenta casi constante con un promedio de 0.38, (Anexo II).

Las variables inicialmente se clasificaron en cinco subsistemas o variables tabla 5.1 adicionando la infraestructura de la calidad que corresponde a la de metrología y acreditación:

8 Tabla 5.1 Comparación de variables entre este estudio y los tradicionales

Subsistemas tradicionales ^a	Subsistemas en este estudio
Recursos e innovación empresarial, (Rele)	Recursos de innovación regional en las empresas (Rele)
Infraestructura de Ciencia y Tecnología, (ICyT)	Infraestructura regional de Ciencia y Tecnología (ICyT)
Interacciones y cooperación, (IyC)	Ninguno
Estructura productiva (EP)	Estructura de producción (EP)
Demografía (D)	Demografía (D)
	Infraestructura de la calidad regional (metrología y acreditación)

Después del análisis factorial y de la reducción de variables se obtuvieron 20 variables y se agruparon en tres grandes indicadores: Innovación, investigación y desarrollo tecnológico y ciencia y tecnología. Cada variable esta descrita detalladamente, así como se especifica su fuente de procedencia, en las tablas 5.2 a la 5.9.

Los datos de la encuesta ESIDET 2017, tuvo como población objetivo a las empresas del país con más de 20 personas y cuyas actividades son la minería, las manufacturas, construcción, electricidad, servicios, transportes y comunicaciones que se encuentran dentro del sector productivo que lo conforma 57 746 empresas; así mismo consideraron a instituciones de educación pública y privada y de gobierno siendo un total de 1201 instituciones. La encuesta se realizó en las 32 entidades federativas. El tamaño de la muestra fue de 15 922 que incluye a las empresas del sector productivo y a las instituciones públicas y privadas (INEGIb, 2019).

En resumen:

- I. Análisis de una base de datos de 58296 servicios proporcionada por el CENAM y se categorizaron de acuerdo con el tipo de magnitud (física y químico-biológica), sector y servicio. La base de datos corresponde a los servicios ofrecidos en el periodo de 2010 al 2021, en todo momento se respeta el acuerdo de confidencialidad de los clientes. La selección de este periodo de estudio se debe a que es la información que el INM tiene en medios digitales desde la solicitud hasta la facturación y a que en años anteriores los servicios han cambiado de clave, se han dejado de ofrecer o no se tienen registros completos, (CENAM, 2021). Para obtener un indicador por estado.
- II. Análisis y categorización de los laboratorios de calibración y ensayo acreditados analizando la base de datos de la Entidad Mexicana de Acreditación (EMA) en diferentes años que son 1999 y después de 2000 al 2020, 1999 marca el inicio de operación de la EMA pues indica el número de laboratorios con los que contaba el país (EMA, 2021).
- III. Selección de la población de estudio; los Laboratorios de Calibración (LC) que recibieron servicios del CENAM sean acreditados o no en el periodo de estudio. La selección se debió a que la calibración es el servicio principal del CENAM.
- IV. Utilizando la base de datos de la EMA de los LC acreditados se buscó el número de magnitudes en las que están acreditados y el número de acreditaciones, sedes y ubicación, (EMA, 2021). Para obtener un indicador por estado.
- V. Con la base de datos del Instituto Mexicano de la Competitividad (IMPO) y con la ubicación geográfica de los LC de la población de estudio se utilizó el número de empresas por estado (registros del Instituto Mexicano del Seguro Social, IMSS) y el “número de grandes empresas

como número de matrices que están en el top 500 de CNN por cada 10 mil empresas”, (IMCO, 2018, 2020).

- VI. Construcción de una base de datos en Excel con toda la información categorizada de los LC. Identificación de las variables independientes y dependientes.
- VII. De la base de datos de ESIDET 2017 se utilizaron 35 indicadores que están relacionados con innovación e investigación y desarrollo por entidad federativa.
- VIII. De la UNAM execum, se obtuvieron los indicadores para el número de investigadores en el Sistema Nacional de Investigadores (SIN), número de programas de educación superior, número de Centros de investigación y personal docente todos por entidad federativa (UNAM, 2020).
- IX. Del censo económico 2019 del INEGI (INEGIc, 2019), se obtuvieron 4 variables para demografía y 3 para producción, y 1 para valor agregado (VA) siguiendo el procedimiento y consideraciones de Unger et al. (2019).
- X. En total se inició el estudio con 50 variables.

9 **Tabla 5.2** *Variables seleccionadas para el análisis de tipologías regionales por estado.*

Categoría	Descripción de variables	Año de la información	Fuente de datos
Infraestructura regional de Ciencia y Tecnología	Personal académico/1 millón de habitantes por estado	2019	Execum
	Número de SIN/1 millón de habitantes por estado		Execum
	Número de universidades/ 1 millón de habitantes por estado	2019	Execum
	Número de centros públicos CONACYT/ 1 millón de habitantes por estado	2019	Execum
Recursos de innovación regional en las empresas	Gasto público en educación superior/ 1 millón de habitantes por estado	2019	
	Personal que labora en el departamento técnico/Habitantes	2017	ESIDET
	Ingenieros que laboran en el departamento técnico/Habitante		
	Otros profesionistas que laboran en el departamento técnico, según su profesión/Habitantes		
	Empresas cuyo principal cliente de la innovación más importante introducida al mercado es otra empresa/Número de empresas		
	Promedio de tiempo transcurrido desde el inicio del desarrollo del proyecto hasta su comercialización de la innovación más importante introducida al mercado de productos (bienes o servicios) o la puesta en marcha de procesos (incluye métodos)		
Promedio de tiempo en el que espera recuperar la inversión de la innovación más importante introducida al mercado a partir de la comercialización de productos (bienes o servicios) o la puesta en marcha de procesos (incluye métodos)			

10 **Tabla 5.3** *Variables seleccionadas para el análisis de tipologías regionales por estado.*

Categoría	Descripción de variables	Año de la información	Fuente de datos
Recursos de innovación regional en las empresas	Porcentaje estimado de reducción en tiempo y costo de la innovación más importante introducida al mercado_Tiempo_2016	2017	ESIDET
	Porcentaje estimado de reducción en tiempo y costo de la innovación más importante introducida al mercado_Costo_2016		
	Empresas del sector productivo que con frecuencia patenta los productos o tecnologías desarrolladas/Número de empresas		
	Empresas del sector productivo que con frecuencia vende la tecnología a otras empresas/Número de empresas		
	Empresas del sector productivo que esporádicamente realizan alguna de las actividades de madurez tecnológica/Número de empresas		

11 **Tabla 5.4.** Variables seleccionadas para el análisis de tipologías regionales por estado.

Categoría	Descripción de variables	Año de la información	Fuente de datos
Estructura de producción	% PIB sector agropecuario	2019	Censo económico
	% PIB sector automotriz		ESIDET
	Inversión en activo fijo, Maquinaria y equipo/PIB por estado	2017	
	Inversión equipo de cómputo y periféricos/ PIB por estado		
	Promedio del personal ocupado del sector productivo/habitantes		
	Empresas sector productivo que con frecuencia adapta y modifica las tecnologías sobre productos o procesos, maquinaria o equipo adquiridos para establecer mayores niveles de eficiencia en la producción/Número de empresas		
	Empresas del sector productivo que con frecuencia genera o desarrolla tecnología propia para el uso exclusivo de la empresa o del mismo grupo al que pertenece/Número de empresas		
Empresas del sector productivo que esporádicamente adquiere licencias sobre productos o procesos o compra maquinaria y equipo para ampliar o actualizar sus procesos de producción y la pone en marcha/Número de empresas			
Empresas del sector productivo que esporádicamente adquiere licencias sobre productos o procesos o compra maquinaria y equipo, y las asimila al documentar los aspectos relacionados con estas tecnologías			

12 **Tabla 5.5.** *Variables seleccionadas para el análisis de tipologías regionales por estado.*

Categoría	Descripción de variables	Año de la información	Fuente de datos
Estructura de producción	<p>Empresas del sector productivo que esporádicamente adapta y modifica las tecnologías sobre productos o procesos, maquinaria o equipo adquiridos con la finalidad de establecer mayores niveles de eficiencia en la producción</p> <p>Empresas del sector productivo que esporádicamente genera o desarrolla tecnología propia para el uso exclusivo de la empresa o de empresas del mismo grupo al que pertenece/Número de empresas</p> <p>Número de empresas del sector productivo que esporádicamente patenta los productos o tecnologías desarrolladas/Número de empresas</p> <p>Empresas del sector productivo que esporádicamente genera o desarrollar tecnología propia, y vende la tecnología a otras empresas/Número de empresas</p> <p>Empresas del sector productivo que nunca realizan alguna de las actividades de madurez tecnológica/Número de empresas</p> <p>Empresas del sector productivo que nunca realizan, adquieren licencias sobre productos o procesos o compra maquinaria y equipo para ampliar o actualizan sus procesos de producción y la pone en marcha sin modificaciones/Número de empresas</p>	2017	ESIDET

13 **Tabla 5.6.** *Variables seleccionadas para el análisis de tipologías regionales por estado.*

Categoría	Descripción de variables	Año de la información	Fuente de datos
Estructura de producción	<p>Empresas del sector productivo que nunca adquiere licencias sobre productos o procesos o compra maquinaria y equipo, y las asimila al documentar los aspectos relacionados con estas tecnologías/Número de empresas</p> <p>Empresas del sector productivo que nunca realizan adapta y modifica las tecnologías sobre productos o procesos, maquinaria o equipo adquiridos con la finalidad de establecer mayores niveles de eficiencia en la producción/Número de empresas</p> <p>Empresas del sector productivo que nunca genera o desarrolla tecnología propia para el uso exclusivo de la empresa o de empresas del mismo grupo al que pertenece/Número de empresas</p> <p>Empresas del sector productivo que nunca patenta los productos o tecnologías desarrolladas/Número de empresas</p>	2017	ESIDET

14 **Tabla 5.7.** *Variables seleccionadas para el análisis de tipologías regionales por estado.*

Categoría	Descripción de variables	Año de la información	Fuente de datos
Estructura de producción	Empresas del sector productivo que nunca además de generar o desarrollar tecnología propia, la empresa vende la tecnología a otras empresas/Número de empresas	2017	ESIDET
	Porcentaje de ingresos totales por ventas de las empresas del sector productivo, según clasificación de los productos (bienes o servicios) Total		
	Porcentaje de ingresos totales por ventas de productos (bienes o servicios) nuevos		
	Porcentaje de ingresos totales por ventas productos (bienes o servicios) significativamente mejorados		
	Porcentaje de los ingresos totales por ventas de productos (bienes o servicios) sin cambios		

15 Tabla 5.8. Variables seleccionadas para el análisis de tipologías regionales por estado.

Categoría	Descripción de variables	Año de la información	Fuente de datos
Estructura de producción	Porcentaje de los ingresos totales por ventas, según clasificación de los productos (bienes o servicios) Total cambios	2017	ESIDET
	Porcentual de los ingresos totales por ventas, según clasificación de los productos (bienes o servicios) Productos (bienes o servicios) nuevos		
	Porcentaje de los ingresos totales por ventas Productos (bienes o servicios) significativamente mejorados		
	Porcentaje de los ingresos totales por ventas de productos (bienes o servicios) sin cambios		
	Valor agregado	2019	Censo económico

16 Tabla 5.9. Variables seleccionadas para el análisis de tipologías regionales por estado.

Categoría	Descripción de variables	Año de la información	Fuente de datos
Demografía	Habitantes/km ²	2019	Censo económico
	% habitantes de educación secundaria		
	% habitantes de educación superior		
	% habitantes indígenas		

17 **Tabla 5.10.** *Variables seleccionadas para el análisis de tipologías regionales por estado.*

Categoría	Descripción de variables	Año de la información	Fuente de datos
Infraestructura de la calidad	Número de laboratorios secundarios/ habitante por estado	2022	ema
	Número de categorías de servicios/habitante por estado		
	Número de servicios de calibración/habitante por estado	2010-2020	CENAM

5.4 Análisis de variables para identificación de indicadores de interacción y cooperación con el método comparativo (QCA por sus siglas en inglés)

5.4.1 Análisis cualitativo comparado

Los datos procesados en el análisis QCA provienen de una encuesta y son variables categóricas ya que las respuestas fueron sí/no para el caso dicotómico y con cuatro opciones para el caso fuzzy set.

El análisis QCA fue introducido por Ch. Ragin (1987) y se usa ampliamente en estudios de ciencias sociales, se considera un proceso iterativo de recopilación de datos, especificación del modelo y por lo tanto exclusión o adhesión de casos. El objetivo es encontrar patrones empíricos en los datos que se están analizando con la ayuda de un software. En forma general se enfatiza que QCA se basa en tres premisas: es, comparativo para tamaños de muestra pequeños generalmente entre 5 y 50, y es necesario un conocimiento previo de las interacciones, de las condiciones y las consecuencias; el método busca obtener condiciones suficientes o necesarias para obtener un resultado (Wagemann 2012). Al contrario de los métodos estadísticos, QCA permite tener un mayor número de variables respecto al de casos.

Existen tres variantes del QCA que se describen brevemente a continuación el llamado *crisp-set* csQCA donde las variables independientes son dicotómicas para lo cual se aplica la lógica booleana. Solo se busca saber si una variable esta o no, así toma el 1 o 0, para que se dé una condición. La lógica booleana se utiliza generalmente para el análisis de circuitos electrónicos digitales, donde en un circuito se permite la condición 1 o 0, existen diferentes variables y combinaciones de ellas para que se dé una condición y se tienen diferentes expresiones matemáticas de las combinaciones binarias. Ragin (1987) desarrolló el software fsQCA 2.5 que puede utilizarse de forma gratuita, para este estudio se utilizó la versión 4.0 aquí ya se tienen modificaciones y mejoras de la versión original y se pueden buscar las denominadas condiciones “INUS” (*insufficient but necessary*

part of a condition), (Ragin and Sean 2014; Ragin 2018). También existe el análisis *fuzzy-set* (fsQCA) y el *multi-value set* (msQCA) aunque de este último todavía se requiere más desarrollo (Areiza, G. (2017) Medina, Castillo, Álamos-Concha y Rihoux 2017; Pérez, 2008; Ragin 1989; Wagemann, 2012).

Si las condiciones A y B son suficiente para obtener un resultado Y y una condición C también aparece se puede decir que las condiciones o factores B y C son INUS. Ninguna de las dos condiciones B y C, son suficientes para dar Y, pero deben estar presentes para formar una condición que no es necesaria, pero sí suficiente, en términos matemáticos se expresa como en la **ec. 5.10**.

$$A + BC \rightarrow Y \quad (5.10)$$

A, B y C son condiciones suficientes. Analizadas las postulaciones desde la teoría de conjuntos se encuentra entonces: siendo X una condición necesaria para Y; Y no puede existir sin X, pero no siempre que exista X existirá Y, por lo que X no es una condición suficiente (Wagemann 2012).

QCA se deriva de la teoría de conjuntos y considera la relación causal desde tres perspectivas; la equifinalidad, la causalidad conjetural y la causalidad asimétrica. La equifinalidad implica que puede existir más de una condición suficiente. Las medidas de cobertura indican cuánto es indispensable cada condición para el resultado R. La causalidad conjetural implica la correlación de factores, es decir:

$$AB + \sim AC \rightarrow Y \quad (5.11)$$

La condición A tiene dos roles; presente con B y ausente con C para dar R, implica que se pueden describir los resultados como configuraciones y no solamente casos.

La causalidad asimétrica se refiere al hecho de que si se saben cuáles son los factores para dar un resultado R, no necesariamente se conocen los factores para

que no se dé R. Una limitación importante del análisis QCA es el hecho de que al no tener todas las condiciones y combinaciones posibles puede afectar el desarrollo del análisis, esta limitación se conoce como “diversidad empírica limitada (DEL)” (Wagemann 2012). En los softwares utilizados en QCA este problema se resuelve al seleccionar la solución más simple (parsimoniosa) de todos los posibles resultados en las simulaciones realizadas. Este resultado representa la solución mínima por lo que no se puede simplificar. Otra estrategia para enfrentar el DEL es solamente considerar las soluciones que realmente existen utilizando una tabla de verdad y considerando a las faltantes como “0”.

5.4.2 Instrumento de medición

Se realizó una encuesta a las empresas del sector de autopartes, aeroespacial y de dispositivos médicos. Esta encuesta fue de carácter exploratorio, el instrumento se elaboró con un número mínimo de preguntas, 15, el instrumento completo se presenta en el Anexo IV y en el Anexo III las respuestas completas de todas las empresas participantes: En la tabla 3.1.1 se presenta un resumen de indicadores del instrumento y sus correspondientes preguntas.

En la tabla 5.11 se presenta un resumen de indicadores del instrumento y sus correspondientes preguntas.

5.4.3 Prueba de confiabilidad de Cronbach del instrumento

Se realizó una prueba de confiabilidad de los instrumentos aplicados, utilizando la prueba de alfa de Cronbach, ecuación 5.12, para las preguntas que se encuentran en escala de 1-4. Se realizaron preguntas adicionales de información general que se analizaron como gráficas y se presentan en los anexos correspondientes. El criterio de aceptación de la prueba se presenta en la tabla 5.11.

$$\alpha = \frac{K}{K - 1} \left[1 - \frac{\sum S_i^2}{S_t^2} \right] \quad \text{ec. 5. 12}$$

K= número de preguntas

$\sum S_i^2$ = Sumatoria de varianzas correspondientes a cada pregunta

S_t^2 = varianza total

18 **Tabla 5.11.** *Criterios de aceptación para el indicador alfa de Cronbach*

Rango	Nivel de confiabilidad
< 0.53	Nula
0.54 – 0.59	Baja
0.60 – 0.65	Confiable
0.66 – 0.71	Muy confiable
0.72-0.99	Excelente
1	Perfecta

5.4.4 **Definición operacional**

Diseño de variables para los resultados de la encuesta de empresas

El diseño de investigación se inició con la pregunta ¿qué factores explican el dinamismo en el desarrollo de innovación de una empresa?, la variable dependiente es la existencia de nuevos productos o servicios (**y**) y como variables independientes o explicativas (**x**) y se supone que existe una relación causal entre ellas, con las variables se construyeron las tablas de verdad (Pérez, 2008; Ragin 1989; Wagemann, 2012). En la tabla 5.12, se presentan las variables consideradas en el instrumento de medición y sus correspondientes preguntas que se realizaron a las empresas encuestadas. Cabe resaltar la variable de interacción y cooperación que es fundamental en un SRI y la de desarrollo e innovación

tecnológica que incluye aspectos de metrología y sus relaciones como por ejemplo el mejoramiento en los sistemas de medición.

19 Tabla 5.12. *Variables del instrumento y sus correspondientes preguntas a la industria.*

Variable	Preguntas
Características generales de la empresa	<p>¿En qué estado de la República se encuentra su empresa?</p> <p>¿A qué sector productivo pertenece su empresa?</p> <p>¿Con cuántos empleados cuenta la empresa?</p> <p>¿En qué nivel de maduración tecnológica se encuentra su empresa?</p> <p>¿Cuentan con un departamento o laboratorio de metrología?</p>
Interacción y cooperación	<p>¿Quién le ofrece servicios metrológicos como calibración, capacitación etc.?</p> <p>¿Considera que su ubicación geográfica le proporciona una ventaja competitiva?</p> <p>¿La colaboración con instituciones públicas es importante para el desarrollo de nuevos servicios?</p> <p>¿La colaboración con instituciones privadas es importante para el desarrollo de nuevos servicios?</p>
Desarrollo tecnológico e innovación	<p>¿Cuántos desarrollos de nuevos productos o servicios ha generado en los últimos 5 años?</p> <p>¿Qué factores considera que han influido para el desarrollo de nuevos servicios?</p> <p>¿El personal capacitado en metrología influye en el desarrollo de nuevos servicios?</p> <p>¿Los nuevos servicios y productos de su empresa se relacionan con el mejoramiento de su infraestructura de medición?</p> <p>¿La infraestructura metrológica fuera de su empresa le sirve como apoyo tecnológico para el desarrollo de nuevos productos o servicios?</p> <p>¿Qué porcentaje de su presupuesto invierte en I+D?</p>

5.4.5 Selección de casos

Muestra de estudio: 9 empresas de la industria manufacturera de diferentes ramos, autopartes, medicina, eléctrica/electrónica, pertenecientes a los estados de Querétaro, Jalisco y Ciudad de México. Los casos se seleccionaron de acuerdo a la disponibilidad de acceso a las empresas lo que sí se controló fue que tuvieran aplicaciones diferentes dentro de la industria manufacturera.

5.5 csQCA dicotómico

Para la tabla de verdad se usó como variable dependiente **y**: Existencia de nuevos productos y servicios en los últimos cinco años y las variables independientes las preguntas del cuestionario aplicado. Las posibles explicaciones para que se de (y) se identificaron como las variables independientes (x_i) se muestran en la tabla 5.13 con su correspondiente descripción.

20 **Tabla 5.13.** *Variable dependiente e independientes para la construcción de la tabla de verdad. Elaboración propia.*

Variables	Descripción
y	Desarrollos de nuevos productos o servicios en los últimos 5 años
x ₁	Región Bajío
x ₂	Manufactura
x ₃	PYME
x ₄	Mediciones automatizadas
x ₅	Nivel de <i>frontrunner</i> para adopción digital
x ₆	Departamento o laboratorio de metrología
x ₇	Colaboración
x ₈	Personal capacitado
x ₉	Servicios metrológicos cercanos
x ₁₀	Inversión I+D

5.5.1 *Tabla de verdad*

Como casos paradigmáticos se tienen empresas que no pertenecen a la industria manufacturera, no se encuentran ubicadas en el Bajío u una de ellas no ha tenido desarrollo tecnológico en los últimos cinco años. Los resultados crudos de la encuesta se presentan en el Anexo III y las tablas de verdad obtenidos en la sección 6 de Resultados.

Se realizó una prueba de confiabilidad del instrumento utilizando la prueba de alfa de Cronbach, ecuación 2, para 10 preguntas que se encuentran en escala de Likert, las preguntas restantes se analizan como gráficas y se presentan en la sección de resultados correspondientes.

$$\alpha = \frac{K}{K - 1} \left[1 - \frac{\sum S_i^2}{S_t^2} \right] \quad ec. 2$$

K= número de preguntas

$\sum S_i^2$ = Sumatoria de varianzas correspondientes a cada pregunta

S_t^2 = varianza total

El criterio de aceptación de la prueba se presenta en la tabla 5.14.

21 **Tabla 5.14** *Criterios de aceptación para el indicador alfa de Cronbach*

Rango	Nivel de confiabilidad
< 0.53	Nula
0.54 – 0.59	Baja
0.60 – 0.65	Confiable
0.66 – 0.71	Muy confiable
0.72-0.99	Excelente
1	Perfecta

6.0 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Estadística descriptiva

Análisis de la base de datos de servicios del CENAM

Del análisis de la base de datos del CENAM se obtuvieron cuatro servicios principales que fueron calibraciones, venta de materiales de referencia certificados, verificaciones y cursos programados, la tendencia se muestra en la tabla 6.1. El análisis del periodo de estudio 2001-2021 muestra las tendencias de demanda de servicios ofrecidos, las calibraciones se han mantenido en el periodo, en promedio en 2677 al año durante el periodo de estudio, en cambio en donde si se observan cambios es el la venta de MRC ya que en el periodo de 2013 al 2018 hubo una disminución marcada y fue hasta el 2019 y 2020 que se incrementó aquí es necesario estudiar si hubo un incremento en nuevos desarrollos o aumento en la producción de los más vendidos.

En la tabla 6.2 se muestra el tipo de servicios promedio, en el periodo analizado, por entidad federativa. Se destaca que la mayor parte de los servicios se ofrecen a los estados de Querétaro, Estado de México y la Ciudad de México. Los estados de Tabasco y Zacatecas aparecen con cero servicios y Coahuila, Guerrero, Hidalgo, Sinaloa y Tlaxcala con un número mínimo de 2 en un solo tipo de servicio. El número de servicios promedio casi constante se mantuvo durante el periodo analizado.

22 **Tabla 6.1** Resumen de los principales servicios del CENAM del 2010-2021. Fuente: CENAM. Elaboración propia.

Tipo de servicio	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	Total general
Total general	4304	4240	4618	4439	4063	3607	3831	3656	4196	4543	4327	2778	48602
Calibración	2670	2648	2650	2789	2567	2451	2606	2618	2911	2904	2635	1695	31144
Venta de Materiales de Referencia	1019	1123	1168	923	838	628	662	683	678	964	1200	645	10531
Servicios de Verificación	50	52	169	150	218	144	142	70	148	214	187	164	1708
Cursos Programados	79	78	69	93	65	65	62	65	65	107	70	68	886
Publicaciones Técnicas	99	85	174	191	111	94	70						824
Programa Integral Mesura	33	52	69	87	48	29	68	80	87	58	21	26	658
Análisis de Alta Confiabilidad	106	51	50	38	31	28	38	18	15	48	91	42	556
Asesoría en Metrología	43	37	45	49	37	57	21	32	44	100	57	31	553
Cursos Empresariales	26	18	42	35	33	40	33	30	47	55	19	10	388
Estadias o Entrenamiento	41	49	44	45	45	30	26	30	20	5	2	3	340

23 **Tabla 6.2.** Tipo y número de servicios de calibración promedio por entidad federativa. Fuente: Base de datos CENAM. Elaboración propia.

Etiquetas de fila	AGS	BC	CAMP	CHIP	CHI	CDMX	COAH	DU	MEX	GTO	GUER	HGO	JCO	MICH	MOR	NL	OAX	PBA	QRO	SLP	SIN	SON	TCO	TAM	TLX	VCZ	YUC	ZAC	Total general
Acústica, Vibraciones y Ultrasonido						1												1	5										7
Analizadores específicos			3			6			3				1						1	2									15
Densidad									2	1			1																4
Dimensional	18		8		2	35	2		76	73			6			20		56	130	38				7					471
Dureza						5			3	1						3			2	13	4								31
Eléctrica	9	13	9	9	16	51		13	31	17	2		20	4	3	24	6	22	24	4		4		21		36	14		352
Equipo Médico									4																				4
Flujo	1					3			5	1						1			5								1		17
Fuerza	5					4			12	8		2	2			3		3	10						2	1			52
Humedad			1			2			13	3			4	1		1		3	7					1					36
Impacto																													
Magnetismo																													
Masa	7		1		2	19			25	7			7	3		2		4	20			2		4		4	2		109
Mediciones Especiales						14			36	2			21	4		3		5	5										90
Óptica	8					2			9				3	5					15										43
Par Torsional			1		1	5			4	3								7	10					1					32
Presión	3		6		4	26			40	8			2	2			3	7	21					5			1		128
Radiaciones Ionizantes						2																							2
Temperatura	4		2		2	21			31	12			10	2		4		3	21					4			2		118
Tiempo y frecuencia						1			5	10								5	14										35
Viscosidad									1	2																			5
Volumen	4		2		2	11		1	9	4			3	2		2			13								4		57
Total general	59	13	33	9	29	206	2	14	311	152	2	2	80	23	3	66	6	120	319	46	2	4		43	2	41	25	1612	

6.2 Análisis factorial y de conglomerados para la caracterización de grupos homogéneos

La caracterización regiones en grupos, desde el punto de vista de SRI, se realizó seleccionando las variables utilizando primero el análisis de componentes principales un conjunto de 51 y después se aplicó el AF para al final hacer un análisis de conglomerados. Como resultado del AF se seleccionaron 16 variables que se categorizaron en 4 factores, por lo que estas variables seleccionadas tienen una alta correlación, en la tabla 6.1 se describe cada variable (Díaz Rodríguez et al., 2013).

Con el análisis de componentes principales se evaluó que los indicadores cumplieran con el criterio de adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO), $KMO > 0.5$, que indica correlación y por lo tanto el AF es aplicable. De las variables analizadas se obtuvo un KMO mínimo de 0.61 solo para el cuarto componente y no se encontraron valores atípicos. De estos resultados se concluyó que sí era pertinente el AF y de conglomerados.

En el resultado final del análisis de factores se obtuvo que en conjunto los cuatro factores explican el 81.7% de la variabilidad de los indicadores siendo los principales el factor 1 que explica el 46.7 % y el factor 2 que explica el 23.1 %, tabla 6.2.

Se encontró que el factor 1 tiene asociaciones positivas con los recursos de innovación de las empresas del sector productivo (ESP) personal técnico, desarrollo y venta de tecnología propia, inversión de activo fijo, adquisición de licencias, compra de maquinaria, asimilación y modificación de tecnología, desarrollo de tecnología y patentamiento de productos y tecnologías. Todas estas variables, están enfocadas a evaluar los recursos de innovación en las empresas y era obvia su asociación positiva en el AF. Lo interesante fue encontrar su interacción con la infraestructura metrológica cuya respuesta se encontró en el factor 2 del AF.

El factor 2 tiene asociaciones positivas entre los servicios primarios de calibración (SPC), el número de acreditación (AC), el valor agregado (VA), el porcentaje del PIB Nacional (PROD1) y la demografía (DEM1). Las variables SPC, AC, VA, DEM1 y PROD1 están relacionadas y contienen información del entorno económico. Los servicios de SPC los ofrecen los laboratorios Nacionales de Metrología se a los laboratorios secundarios, que se encuentran dentro del sector de servicios de ingeniería (clasificación INEGI), los cuales a su vez dan servicios al sector productivo y al de manufactura por lo que se establece una cadena directa. Es importante señalar que los estudios de tipologías de SRI, hasta el momento, no han utilizado variables relacionadas a la infraestructura de la calidad (acreditación y metrología) y de ello tenemos múltiples ejemplos, donde generalmente como se mencionó anteriormente se usan las variables donde los recursos de infraestructura de innovación y la CyT juegan un papel predominante (Crespi 2011; Niembro 2019; Sánchez et al., 2014; Vivar et al., 2010). Adicionalmente, Casalet (2000) comentaba que durante el periodo del 1990, cuando México se incorporó al primer tratado de libre comercio, tuvo que establecer una relación entre el sector de autopartes y la infraestructura metrológica, como una respuesta lógica que tiene por objetivo apoyar en la mejora y el mantenimiento de la calidad de los procesos y productos. Sin embargo, hasta el año 2000 no existían indicadores del trabajo realizado por instituciones de metrología y acreditación. Las variables que se utilizaron en este estudio corresponden al periodo de 2010-2020, y con los datos obtenidos se puede tener evidencia objetiva de su infraestructura y crecimiento, así como del alcance o influencia que han alcanzado para utilizarlas para este tipo de estudios (Castro y Cázares 2021). Desde el inicio del estudio se consideró que los laboratorios secundarios son un grupo de interés para evaluar colaboraciones o derrama de conocimiento, debido a que la industria manufacturera ha estado mejorando sus sistemas de calidad y por lo tanto sus sistemas de medición, ya sea porque están digitalizando sus procesos o porque los requisitos de sus productos requieren de cumplimientos de estándares de corte internacional para productos de alta gama y

de nuevos productos como los requeridos para los automóviles eléctricos (Banda et al., 2016).

Las variables de Ciencia y Tecnología (CyT) consideradas al inicio del estudio fueron descartadas porque no se obtuvo ninguna aportación a la varianza en el AF, este resultado coincide con lo que Ibusuki et al., (2020) encontró en su estudio respecto al alcance limitado de I+D en el SRI bajo estudio y a la necesidad de utilizar variables de interacción y madurez tecnológica, por ejemplo.

La variable de DEM1 solo considera la densidad de población por estado, se había considerado también el % habitantes indígenas, % habitantes con nivel secundaria y % habitantes con nivel superior, pero no tuvieron ninguna aportación a la varianza, por lo que también se descartaron y solo se usó la densidad de población por estado.

Con los resultados del AF las variables seleccionadas explican el 81.7 % de la varianza total de los datos y el KMO es $>$ a 0.6, no se obtuvieron casos atípicos, y se pueden considerar las variables para caracterizar conglomerados de regiones. Así como para construir indicadores sintéticos de la infraestructura de la calidad (IC), innovación (IINNOV) y tecnología (ITCE), debido a la correlación significativa que se encontró en los factores 1 y 2, de acuerdo a la metodología de Cicowiez M. (2003). La comunalidad explica la variación de cada variable y como puede observarse en la tabla 6.4 todas las variables tienen una alta comunalidad a excepción de INEV052_2 que no se explica su variación con estos factores y puede excluirse del estudio o considerarse como una variable independiente. Las variables AC y SMP tienen una comunalidad de 0.985 y 0.971 respectivamente por lo que están siendo explicadas de forma correcta con el Factor 2.

24 **Tabla 6.3.** Variables e indicadores finales resultado del AF

Índice	Clave de la variable	Descripción
Recursos de innovación regional en las empresas (Rele)	TCEV043_2	Personal de ESP* que labora en el departamento técnico, Ingenieros / 10 000 habitantes
	TCEV043_3	Personal de ESP que labora en el departamento técnico. Otros /10 000 habitantes
	INEV542_1	No. ESP sin actividades de MT+. Desarrollan tecnología propia, vende la tecnología / 1000 empresas
	INEV052_2	Inversión ESP en activo fijo, según su aplicación. Equipo de cómputo y periféricos / PIB
	INEV454_1	No. ESP sin actividades de MT. Total/ 1000 empresas
	INEV454_2	No. ESP sin actividades de MT. Adquiere licencias sobre productos o procesos o compra maquinaria y equipo para ampliar o actualizar sus procesos de producción y la pone en marcha sin modificaciones / 1000 empresas
	INEV454_3	No. ESP sin actividades de MT. Adquiere licencias sobre productos o procesos o compra maquinaria y equipo, y las asimila al documentar los aspectos relacionados con estas tecnologías / 1000 empresas
	INEV454_4	No. ESP sin actividades de MT. Adapta y modifica las tecnologías sobre productos o procesos, maquinaria o equipo adquiridos para establecer mayores niveles de eficiencia en la producción / 1000 empresas
	INEV454_5	No. ESP sin actividades de MT. Desarrollan tecnología propia, uso exclusivo o del mismo grupo/ 1000 empresas
	INEV454_6	No. ESP sin actividades de MT. Patenta los productos o tecnologías desarrolladas / 1000 empresas
Infraestructura metrológica (IM)	AC	Acreditaciones
	SMP	Servicios de metrología primaria promedio de 2010-2020
Estructura productiva (EP)	VA	Valor agregado
	PROD 1	Porcentaje del PIB Nacional
Demografía (D)	DEM 1	Densidad de población
Nota:	*Empresas	del sector productivo (ESP), +madurez tecnológica

25 **Tabla 6.4** Resumen de las cargas de factores rotados y comunalidades de las variables analizadas por AF (rotación Varimax)

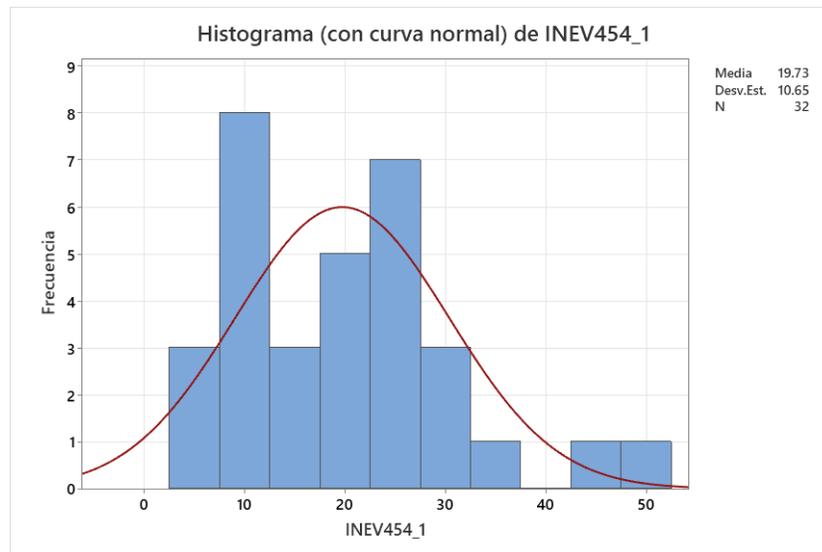
Variable	Factor1	Factor2	Factor3	Factor4	Factor5	Factor6	Comunalidad
PROD1	0.353	0.799	-0.158	-0.154	0.201	-0.046	0.854
DEM1	0.230	0.706	-0.100	0.056	0.087	-0.003	0.572
INEV454_1	0.943	0.194	-0.239	-0.117	0.011	0.046	1.000
INEV454_2	0.930	0.246	-0.192	0.061	0.030	-0.126	0.983
INEV454_3	0.948	0.228	-0.212	-0.007	0.001	-0.064	1.000
INEV454_4	0.961	0.229	-0.092	-0.057	0.027	-0.021	0.989
INEV454_5	0.965	0.194	-0.131	-0.105	0.036	0.046	1.000
INEV454_6	0.957	0.181	-0.194	-0.105	-0.008	0.060	1.000
INEV454_7	0.948	0.202	-0.215	-0.098	0.022	0.069	1.000
TCEV043_2	0.615	0.159	-0.495	-0.247	-0.080	-0.035	0.717
TCEV043_3	0.551	0.088	-0.516	-0.286	0.103	-0.136	0.689
INEV542_1	0.414	0.358	-0.513	-0.220	-0.078	0.074	0.622
INEV052_2	-0.040	-0.145	0.119	0.485	0.000	-0.003	0.272
AC	0.100	0.959	-0.087	-0.209	-0.071	0.008	0.985
SMP	0.115	0.945	-0.079	-0.161	-0.181	0.008	0.971
VA	0.317	0.505	-0.456	-0.194	0.107	0.074	0.618
Varianza	7.4764	3.7004	1.2938	0.6132	0.1239	0.0659	13.2737
% Var	0.467	0.231	0.081	0.038	0.008	0.004	0.830

6.2.1 Estadística descriptiva de cada variable seleccionada

El análisis estadístico descriptivo para todas las variables utilizadas, se encuentra en la tabla 6.5. Del análisis datos se observa que existen valores extremos en todas las variables, por lo que la mediana es el mejor indicador para describir cómo se encuentran distribuidas las variables en la muestra. La mediana de cada variable es el valor por encima del cual se encuentra la mitad de las observaciones. En el caso de los servicios de acreditación (AC) la mitad de las observaciones tienen más de 6 diferentes servicios de AC y en el caso de los servicios de metrología primaria (SMP) es aproximadamente el mismo número. Si comparamos los valores de la media y la mediana de cada variable se observa que los indicadores relacionados con la innovación (INEV) tienen una distribución más simétrica, es decir la media y la mediana están muy cercanas debido a que los datos de esas variables se distribuyen uniformemente alrededor del valor medio, Figuras 6.2 y 6.3. Por otro lado, la distribución de los datos de las variables AC, SMP, VA y DEM1 tienen diferencias significativas entre la media y la mediana, lo que indica un claro sesgo positivo en la distribución de los datos, $Media > Mediana$. Esto indica que un número pequeño de observaciones tienen un alto número de servicios de SMP y AC, lo que hace que la media sea mucho más alta que la mediana Figuras 6.2 y 6.3 Se puede decir que el nivel alto de estos servicios, se concentran en pocas regiones, lo que puede observarse también comparando el valor máximo y mínimo de los datos de todas las variables, que a su vez indica que la dispersión de los datos respecto al centro de la distribución es grande. Se puede ver la dispersión de cada variable en términos de su coeficiente de variación, teniendo el máximo CV de 348.33 para DEM1 y el mínimo CV de 53.46 para INEV454_6. La dispersión de las variables de INEV tienen dispersiones similares, las de TEC igual y las de SMP y AC son relativamente similares en cuanto a su CV.

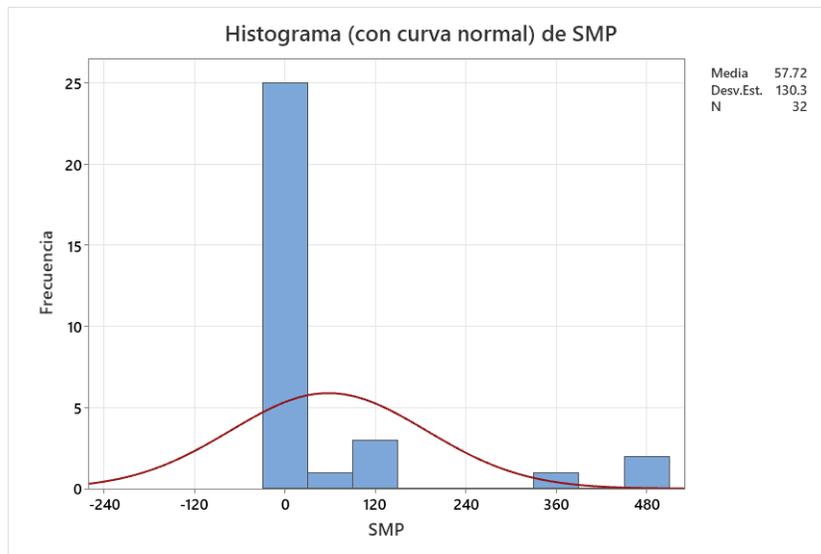
26 Tabla 6.5. Estadística descriptiva de todas las entidades federativas para cada una de las variables estudiadas.
Elaboración propia Minitab.

Variable	N	Media	Error estándar de la media	Desv.Est.	Mínimo	Mediana	Máximo	Asimetría	Curtosis
TCEV043_2	32	5.03	0.743	4.203	0.277	3.776	17.85	1.28	1.5
TCEV043_3	32	2.794	0.4	2.265	0.207	2.071	10.882	1.57	3.82
INEV542_1	32	3.167	0.59	3.338	0.1	2.48	13.472	1.33	1.66
INEV052_2	32	0.628	0.136	0.77	0.007	0.341	3.378	2.31	5.44
INEV454_1	32	19.73	1.88	10.65	5.45	19.36	49.08	0.88	0.69
INEV454_2	32	12.64	1.4	7.91	2.26	10.16	33.26	1.13	1
INEV454_3	32	15.15	1.52	8.61	3.68	13.82	37.14	0.94	0.47
INEV454_4	32	14.18	1.4	7.94	3.83	12.81	34.34	0.99	0.68
INEV454_5	32	16.71	1.59	8.99	4.51	15.61	41.4	0.89	0.69
INEV454_6	32	18.6	1.76	9.95	4.67	18.31	46.02	0.86	0.65
INEV454_7	32	19.25	1.82	10.31	5.4	18.53	47.41	0.88	0.68
AC	32	33.7	11	62.4	0.5	6	256	2.71	7.17
SMP	32	57.7	23	130.3	0	5.4	490.3	2.7	6.41
VA	32	9.98	1.93	10.91	-0.5	4.82	38.74	1.21	0.75
PROD1	32	2.994	0.564	3.19	0.536	2.163	16.799	3.02	11.13
DEM1	32	310	191	1079	11	67	6163	5.49	30.64

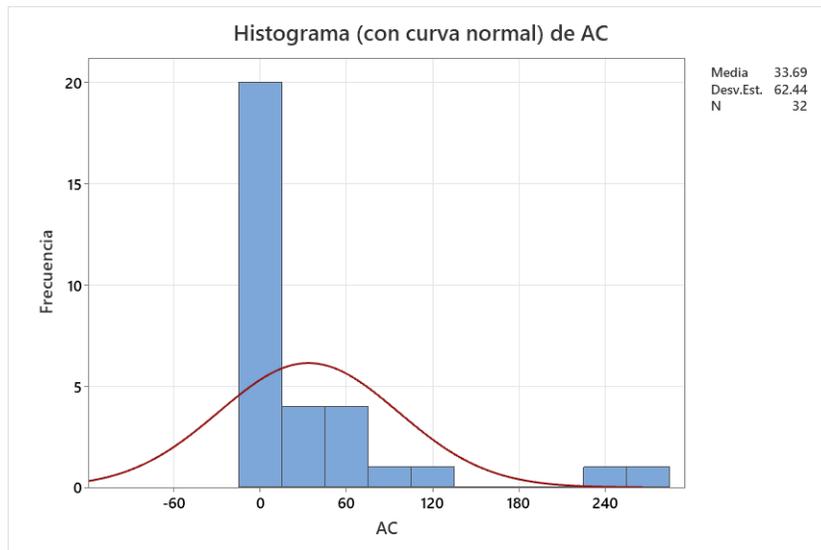


8 Figura. 6.1 *Histograma con curva normal de la variable INEV451_1, Investigación y Desarrollo Tecnológico (IDT) en el sector productivo, en las 32 entidades federativas. Elaboración propia MiniTab.*

Los servicios de AC tienen una mediana de 6.0 y los de SMP de 5.4, y dado que la distribución de los datos es asimétrica, la mediana nos proporciona una mejor idea de que estos servicios mayoritariamente se ofrecen en esta proporción en la mayor parte del país, tabla 6.5. No se tienen datos atípicos, el máximo de servicios SMP es 490.3 y el de AC de 256 que corresponden a la tendencia de concentración de servicios en pocos estados, por lo que su distribución está sesgada positivamente. La tendencia de la variable AC es similar a la de SMP, sin embargo, se observa que están distribuidos los primeros de forma más homogénea, Figuras 6.2 y 6.3.



9 **Figura. 6.2** Histograma con curva normal de la variable SMP, servicios metrológicos primarios 32 entidades federativas. Elaboración propia MlniTab.



10 **Figura 6.3** Histograma con curva normal de la variable AC, acreditaciones en las 32 entidades federativas. Elaboración propia MiniTab.

6.3 Análisis de conglomerados

Como se mencionó anteriormente, se utilizó el término *región* como entidad Federativa y los grupos de las regiones que se caracterizaron y agruparon fue en términos funcionales respecto a las 16 variables seleccionadas del AF. En este sentido es importante enfatizar que la *región* no tiene una definición única dentro de los estudios de SRI (Cooke et al., 1998, Jiménez et al., 2011, Navarro, 2009; Niembro, 2019; Sánchez et al., 2014, Trippl y Tödtling 2007).

Las variables se agruparon en 4 índices y con ellos se describe la caracterización de las regiones:

- Recursos de innovación regional en las empresas (Relne)
- Infraestructura de calidad (Metrología y Acreditación)
- Estructura productiva
- Demografía

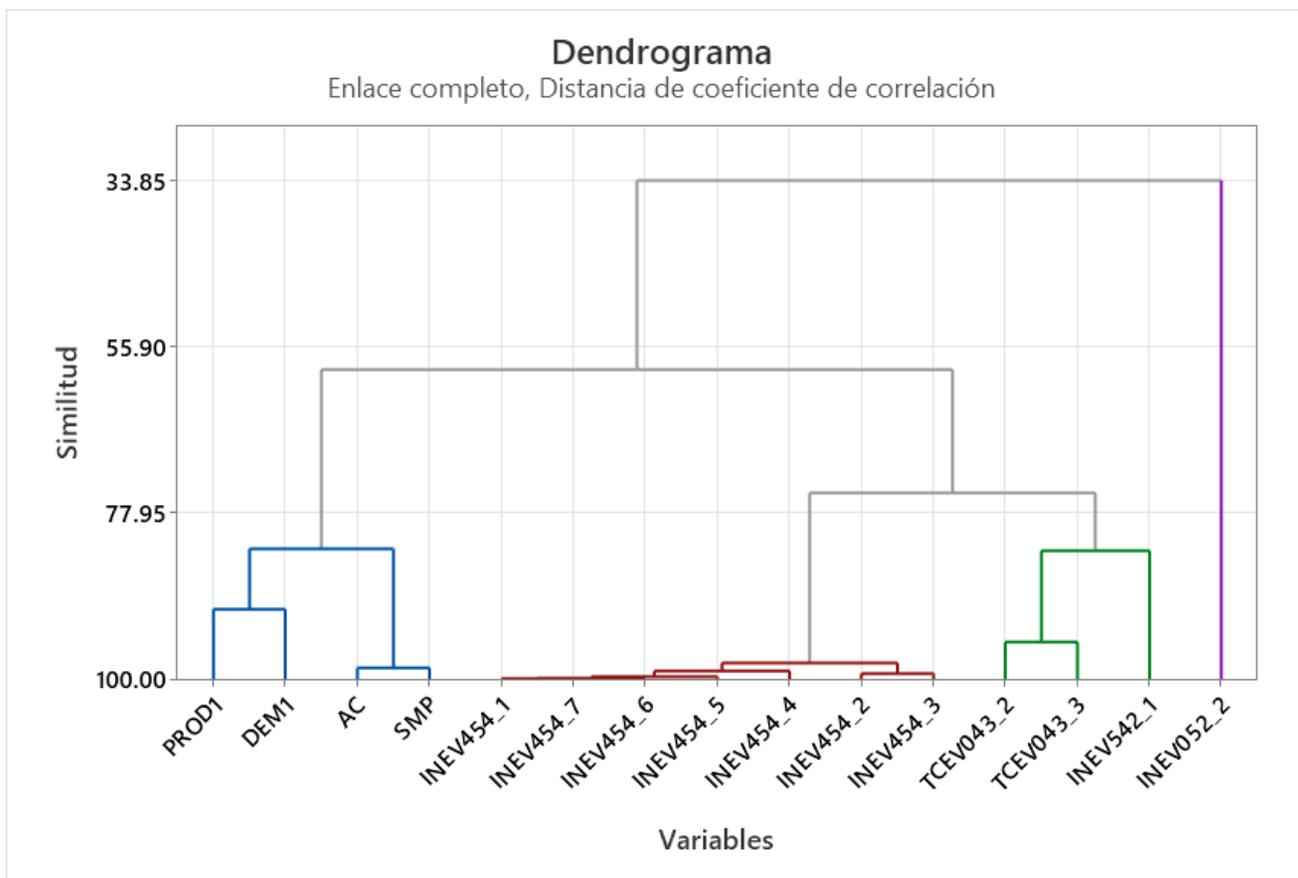
El análisis de conglomerados agrupa a las variables de acuerdo a su similitud y utilizando la distancia euclídea, en la Fig 6.1 se ve la representación grafica a través de un dendograma que equivale a la tabla de las cargas de varianza de los factores presentados en la tabla 6.2. En los dendogramas cada color es un identificador de los conglomerados y la izquierda se encuentra la identificación numérica por Entidad (ESIDET 2017).

En la Figura 2, se pueden identificar claramente 4 conglomerados, sin embargo, se requirió una mayor resolución para poder identificar a entidades federativas como Baja California, Coahuila, Guanajuato, Jalisco como un conglomerado, dadas sus características de infraestructura de innovación, de tecnología, industria etc., y describirlas en torno a los índices establecidos. En la tabla 6.3 se presenta el número de regiones por conglomerado utilizando varias opciones. Es complicado obtener una buena resolución cuando se tiene un limitado número de

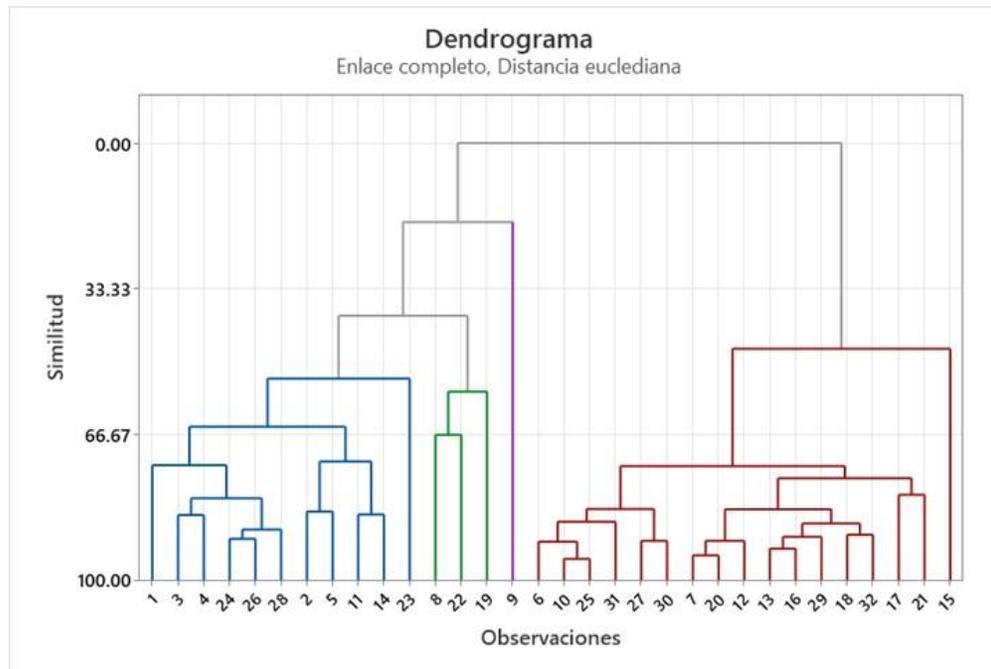
observaciones (estados o entidades federativas) porque se busca encontrar esa similitud que no sea tan general y termine agrupando 24 regiones en un conglomerado, eso equivaldría a decir que se tiene alto y bajo, grande y pequeño.

27 Tabla 6.6. *Componentes por conglomerado de acuerdo al análisis. Elaboración propia.*

No. conglomerados	No. de componentes por conglomerado			
	6	10	24	24
1	6	10	24	24
2	4	16	6	17
3	16	3	1	1
4	2	1	1	
5	1	1		
6	1	1		
7	1			
8	1			



11 **Figura 6.4.** Dendrograma del análisis de conglomerados por variables. Elaboración propia utilizando Minitab.



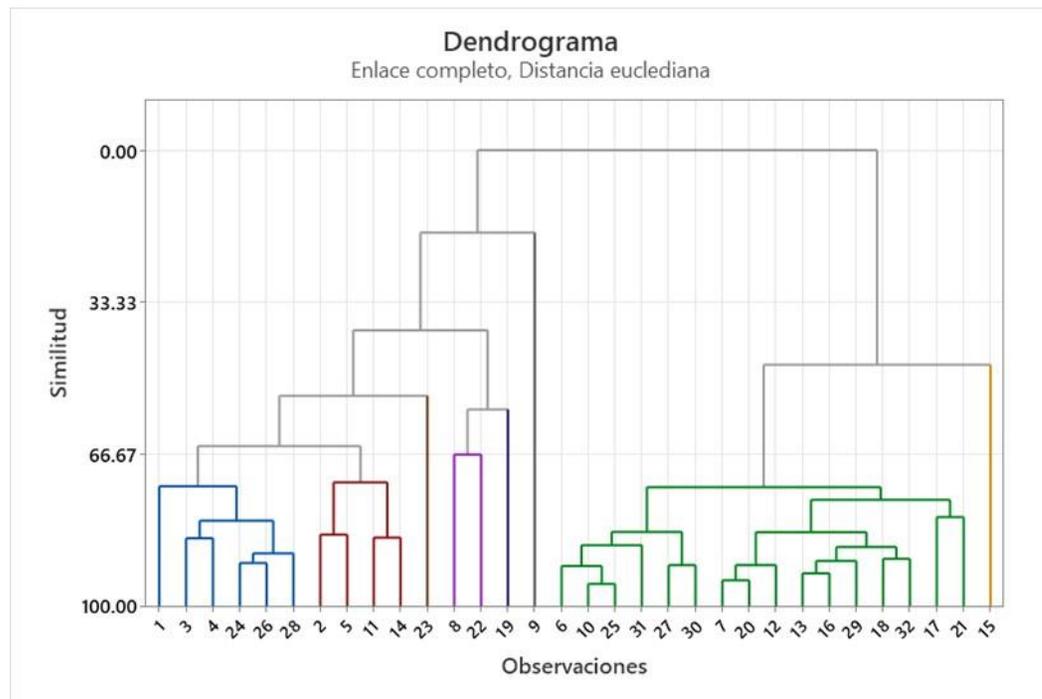
Número	Entidad
1	Aguascalientes
2	Baja California
3	Baja California Sur
4	Campeche
5	Coahuila De Zaragoza
6	Colima
7	Chiapas
8	Chihuahua
9	Ciudad De México
10	Durango
11	Guanajuato
12	Guerrero
13	Hidalgo
14	Jalisco
15	México
16	Michoacán De Ocampo
17	Morelos
18	Nayarit
19	Nuevo León
20	Oaxaca
21	Puebla
22	Querétaro
23	Quintana Roo
24	San Luis Potosí
25	Sinaloa
26	Sonora
27	Tabasco
28	Tamaulipas
29	Tlaxcala
30	Veracruz De Ignacio De La Llave
31	Yucatán
32	Zacatecas

12 **Figura 6.5.** Dendrograma del análisis de conglomerados (4) por región y distancia. Elaboración propia utilizando Minitab.

6.3.1 Descripción de los conglomerados

La descripción de los conglomerados se basa en el dendograma y las medidas de variabilidad que son el centroide promedio y la distancia promedio. La partición final seleccionada corresponde a tener 8 conglomerados para poder agrupar con una mejor resolución a las regiones, Figura 6.3. Se tuvo que hacer el compromiso de tener más conglomerados y sacrificar el hecho de tener para 4 conglomerados un componente o región.

En las tablas 6.7, 6.8 y 6.9 se presenta por conglomerado la estadística descriptiva de cada variable. En la tabla 6.7 están las variables relacionadas con infraestructura de la calidad y productividad que están correlacionadas significativamente de acuerdo al AF realizado. En la tabla 6.8 y 6.9 se presenta la estadística descriptiva de las 11 variables relacionadas con innovación y tecnología y que se han denominado en este documento como Relne.



Número	Entidad
1	Aguascalientes
2	Baja California
3	Baja California Sur
4	Campeche
5	Coahuila De Zaragoza
6	Colima
7	Chiapas
8	Chihuahua
9	Ciudad De México
10	Durango
11	Guanajuato
12	Guerrero
13	Hidalgo
14	Jalisco
15	México
16	Michoacán De Ocampo
17	Morelos
18	Nayarit
19	Nuevo León
20	Oaxaca
21	Puebla
22	Querétaro
23	Quintana Roo
24	San Luis Potosí
25	Sinaloa
26	Sonora
27	Tabasco
28	Tamaulipas
29	Tlaxcala
30	Veracruz De Ignacio De La Llave
31	Yucatán
32	Zacatecas

13 Figura 6.6. Dendrograma del análisis de conglomerados (8) por región y similitud. Elaboración propia utilizando Minitab.

28 **Tabla 6.7** Estadística descriptiva de las variables PROD1, DEM 1, AC, SMP y VA en cada conglomerado. Elaboración propia MiniTab.

Variable	Clúster	N	Media	Error	Desv.Est.	CoefVar	Mínimo	Mediana	Máximo	Curtosis
PROD1	8	1	1.3	*	*	*	1.3	1.3	1.3	*
	3	16	1.7	0.3	1.0	62.9	0.5	1.4	4.3	1.6
	1	6	2.1	0.4	1.0	47.0	0.7	2.4	3.2	-1.6
	4	2	2.7	0.5	0.7	27.1	2.2	2.7	3.2	*
	2	4	4.2	0.8	1.6	38.7	3.2	3.5	6.6	3.3
	7	1	7.5	*	*	*	7.5	7.5	7.5	*
	6	1	8.8	*	*	*	8.8	8.8	8.8	*
	5	1	16.8	*	*	*	16.8	16.8	16.8	*
DEM1	8	1	41.6	*	*	*	41.6	41.6	41.6	*
	1	6	64.6	38.4	94.0	145.6	10.8	30.2	253.9	5.5
	7	1	90.2	*	*	*	90.2	90.2	90.2	*
	2	4	95.3	39.5	79.1	83.0	20.8	79.5	201.5	0.3
	4	2	108.9	93.7	132.6	121.8	15.1	108.9	202.6	*
	3	16	116.8	27.5	110.1	94.3	14.9	78.3	404.1	2.7
	6	1	760.2	*	*	*	760.2	760.2	760.2	*
	5	1	6163.4	*	*	*	6163.4	6163.4	6163.4	*
AC	8	1	0.5	*	*	*	0.5	0.5	0.5	*
	3	16	10.1	4.0	15.8	157.4	0.5	4.0	50.0	3.7
	1	6	10.8	3.7	8.9	83.1	0.5	10.5	21.0	-2.7
	2	4	35.8	16.8	33.6	94.1	3.0	33.5	73.0	-4.3
	4	2	72.5	58.5	82.7	114.1	14.0	72.5	131.0	*
	7	1	77.0	*	*	*	77.0	77.0	77.0	*
	5	1	231.0	*	*	*	231.0	231.0	231.0	*
	6	1	256.0	*	*	*	256.0	256.0	256.0	*
SMP	8	1	0.0	*	*	*	0.0	0.0	0.0	*
	1	6	10.1	4.2	10.2	100.6	1.0	7.0	23.5	-2.3
	3	16	12.0	8.7	34.8	290.4	0.0	1.8	141.8	15.5
	2	4	39.4	20.6	41.2	104.6	3.0	30.8	93.0	-1.2
	7	1	112.3	*	*	*	112.3	112.3	112.3	*
	4	2	184.0	175.0	248.0	134.9	9.0	184.0	359.0	*
	6	1	467.0	*	*	*	467.0	467.0	467.0	*
	5	1	490.3	*	*	*	490.3	490.3	490.3	*
VA	8	1	0.4	*	*	*	0.4	0.4	0.4	*
	3	16	3.3	0.9	3.8	114.3	-0.5	2.6	15.0	6.0
	1	6	8.8	2.9	7.1	80.6	0.3	10.8	17.7	-1.5
	4	2	14.4	0.6	0.8	5.5	13.8	14.4	14.9	*
	5	1	16.7	*	*	*	16.7	16.7	16.7	*
	2	4	23.3	3.1	6.2	26.5	14.9	24.5	29.4	1.1
	7	1	35.9	*	*	*	35.9	35.9	35.9	*
	6	1	38.7	*	*	*	38.7	38.7	38.7	*

29 **Tabla 6.8** Estadística descriptiva de cada variable en cada conglomerado.

Elaboración propia MiniTab.

Variable	Clúster	N	Media	Error	Desv.Est.	CoefVar	Mínimo	Mediana	Máximo	Curtosis
INEV454_1	6	1	11.4	*	*	*	11.4	11.4	11.4	*
	3	16	11.7	1.1	4.3	36.6	5.5	11.5	19.7	-0.3
	1	6	23.4	0.8	2.0	8.6	21.5	23.1	27.0	1.6
	8	1	27.3	*	*	*	27.3	27.3	27.3	*
	2	4	27.9	2.4	4.9	17.5	23.3	27.1	34.0	-2.1
	4	2	30.3	0.4	0.6	2.1	29.8	30.3	30.7	*
	5	1	43.5	*	*	*	43.5	43.5	43.5	*
	7	1	49.1	*	*	*	49.1	49.1	49.1	*
INEV454_2	6	1	6.7	*	*	*	6.7	6.7	6.7	*
	3	16	7.2	0.7	2.9	40.4	2.3	7.6	12.6	-0.7
	1	6	13.8	1.4	3.5	25.7	8.5	14.3	18.0	-0.7
	2	4	18.0	2.5	5.0	28.0	12.8	17.4	24.4	-1.0
	4	2	19.2	1.7	2.4	12.7	17.5	19.2	20.9	*
	8	1	23.4	*	*	*	23.4	23.4	23.4	*
	5	1	32.9	*	*	*	32.9	32.9	32.9	*
	7	1	33.3	*	*	*	33.3	33.3	33.3	*
INEV454_3	6	1	8.5	*	*	*	8.5	8.5	8.5	*
	3	16	8.8	0.8	3.1	35.4	3.7	8.6	14.8	-0.3
	1	6	17.4	1.1	2.7	15.7	14.6	17.2	22.1	1.3
	2	4	21.5	2.5	5.0	23.5	16.1	21.1	27.7	-1.1
	4	2	23.8	0.3	0.4	1.5	23.5	23.8	24.0	*
	8	1	25.2	*	*	*	25.2	25.2	25.2	*
	5	1	35.7	*	*	*	35.7	35.7	35.7	*
	7	1	37.1	*	*	*	37.1	37.1	37.1	*
INEV454_4	6	1	8.0	*	*	*	8.0	8.0	8.0	*
	3	16	8.4	0.7	2.9	35.3	3.8	8.2	14.7	-0.2
	1	6	16.8	0.7	1.8	10.6	13.6	17.4	18.7	2.3
	2	4	18.9	2.5	5.0	26.6	13.9	18.4	24.7	-3.3
	4	2	21.2	0.2	0.2	1.1	21.1	21.2	21.4	*
	8	1	24.8	*	*	*	24.8	24.8	24.8	*
	7	1	34.3	*	*	*	34.3	34.3	34.3	*
	5	1	34.3	*	*	*	34.3	34.3	34.3	*
INEV454_5	6	1	9.4	*	*	*	9.4	9.4	9.4	*
	3	16	10.0	0.9	3.5	35.5	4.5	9.7	15.6	-0.7
	1	6	20.1	0.8	2.1	10.3	16.7	20.3	22.6	0.3
	2	4	23.1	2.3	4.6	19.9	18.9	22.2	29.2	-0.4
	4	2	24.5	0.1	0.1	0.5	24.4	24.5	24.6	*
	8	1	26.0	*	*	*	26.0	26.0	26.0	*
	5	1	36.8	*	*	*	36.8	36.8	36.8	*
	7	1	41.4	*	*	*	41.4	41.4	41.4	*

30 **Tabla 6.9** Estadística descriptiva de cada variable en cada conglomerado.

Elaboración propia MiniTab.

Variable	Clúster	N	Media	Error	Desv.Est.	CoefVar	Mínimo	Mediana	Máximo	Curtosis
INEV454_6	6	1	10.4	*	*	*	10.4	10.4	10.4	*
	3	16	11.2	1.0	4.1	36.7	4.7	10.9	18.3	-0.3
	1	6	22.4	0.8	1.9	8.4	20.0	22.2	25.0	-1.0
	2	4	25.8	2.7	5.3	20.7	21.0	24.8	32.6	-1.7
	8	1	26.9	*	*	*	26.9	26.9	26.9	*
	4	2	28.0	0.3	0.4	1.6	27.7	28.0	28.3	*
	5	1	40.3	*	*	*	40.3	40.3	40.3	*
	7	1	46.0	*	*	*	46.0	46.0	46.0	*
INEV454_7	6	1	11.2	*	*	*	11.2	11.2	11.2	*
	3	16	11.5	1.0	4.1	35.7	5.4	11.3	18.6	-0.4
	1	6	22.9	0.7	1.6	7.0	20.9	22.9	25.2	-0.9
	8	1	27.2	*	*	*	27.2	27.2	27.2	*
	2	4	27.3	2.5	5.0	18.2	22.7	26.5	33.6	-1.8
	4	2	28.7	0.1	0.2	0.7	28.6	28.7	28.9	*
	5	1	42.6	*	*	*	42.6	42.6	42.6	*
	7	1	47.4	*	*	*	47.4	47.4	47.4	*
TCEV043_2	8	1	0.9	*	*	*	0.9	0.9	0.9	*
	3	16	2.4	0.4	1.4	59.8	0.3	2.7	4.7	-1.2
	6	1	3.0	*	*	*	3.0	3.0	3.0	*
	1	6	5.6	0.9	2.3	40.5	1.6	6.0	8.2	1.8
	2	4	8.0	1.3	2.6	32.7	5.4	7.7	11.2	-2.0
	5	1	10.8	*	*	*	10.8	10.8	10.8	*
	7	1	11.1	*	*	*	11.1	11.1	11.1	*
	4	2	15.5	2.3	3.3	21.0	13.2	15.5	17.9	*
TCEV043_3	8	1	0.3	*	*	*	0.3	0.3	0.3	*
	3	16	1.4	0.2	1.0	67.5	0.2	1.2	3.7	0.8
	6	1	1.7	*	*	*	1.7	1.7	1.7	*
	1	6	3.4	0.4	1.1	31.1	1.9	3.3	5.0	0.1
	2	4	4.3	0.6	1.2	27.7	3.1	4.1	6.0	2.2
	5	1	5.5	*	*	*	5.5	5.5	5.5	*
	7	1	5.8	*	*	*	5.8	5.8	5.8	*
	4	2	7.8	3.0	4.3	54.9	4.8	7.8	10.9	*
INEV542_1	8	1	0.1	*	*	*	0.1	0.1	0.1	*
	3	16	1.4	0.4	1.4	97.9	0.1	1.1	4.2	-1.3
	1	6	1.8	0.7	1.6	89.6	0.1	1.8	4.3	-0.9
	6	1	4.6	*	*	*	4.6	4.6	4.6	*
	5	1	6.1	*	*	*	6.1	6.1	6.1	*
	2	4	6.5	1.1	2.1	33.1	4.3	6.1	9.3	0.6
	7	1	8.6	*	*	*	8.6	8.6	8.6	*
	4	2	11.1	2.4	3.3	29.9	8.8	11.1	13.5	*
INEV052_2	5	1	0.0	*	*	*	0.0	0.0	0.0	*
	4	2	0.2	0.1	0.1	76.8	0.1	0.2	0.2	*
	6	1	0.2	*	*	*	0.2	0.2	0.2	*
	7	1	0.3	*	*	*	0.3	0.3	0.3	*
	2	4	0.3	0.1	0.2	56.2	0.1	0.3	0.6	-0.3
	3	16	0.7	0.1	0.6	88.1	0.0	0.5	2.4	5.2
	1	6	0.7	0.4	0.9	136.8	0.0	0.3	2.4	3.1
	8	1	3.4	*	*	*	3.4	3.4	3.4	*

Las tablas 6.7 a la 6.9 se para describir las características de cada conglomerado obtenido, la media y la mediana en todas las variables presentan valores similares por lo que se utilizo, la media para clasificar como alto, mediano y bajo cada conglomerado de acuerdo a cada variable y así describirlos de acuerdo a la infraestructura de la calidad y al Relne. Se construyeron las tablas 6.10 y 6.11 para hacer más sencilla la descripción de los conglomerados.

31 Tabla 6.10 *Clasificación de los conglomerados por variable. Elaboración propia Excel.*

PROD1	Conglomerado	DEM1	Conglomerado	AC	Conglomerado	SMP	Conglomerado	VA	Conglomerado
Alta	5	Alta	5	Alta	5,6	Alta	5,6	Alta	2,6,7
Media	6,7	Media	6	Media	4,7	Media	4,7	Media	4,5
Baja	1,4,2	Baja	1,2,3,4,7	Baja	1,2,3	Baja	1,2,3	Baja	1,3
<Baja	1.0	<Baja	8	<Baja	8	<Baja	8	<Baja	8

32 Tabla 6.11 *Clasificación de los conglomerados por variable. Elaboración propia Excel.*

Clasificación	INEV454_1	INEV454_2	INEV454_3	INEV454_4	INEV454_5	INEV454_6	INEV454_7	INEV542_1	INEV052_2
Alta	5,7	5,7,8	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	4,7	8
Media	1,2,4,8	1,2,4	1,2,4,8	4,8	1,2,4,8	1,2,4,8	1,2,4,8	2,5,6	1,3
Baja	3,6	3,6	3,6	1,2	3,6	3,6	3,6	1,3	2,4,6,7
<Baja				3,6				8	5

6.3.1.1 Conglomerado 1

En la tabla 6.12 se presenta el resumen de la descripción del conglomerado 1, que ésta conformado por 6 estados, Aguascalientes, Baja California Sur (BCS), Campeche, San Luis Potosí, Sonora y Tamaulipas estas se caracterizan por tener una infraestructura de recursos de innovación regional en las empresas (Relne) entre media y baja. En cuanto a su infraestructura metrológica y de acreditación poco significativa. Posiblemente las regiones de Tamaulipas y BCS podrían conformarse en un conglomerado y su baja infraestructura metrológica y de acreditación se explique por su frontera con EE.UU., en donde pueden obtener servicios forma más inmediata. Su similitud global es aproximadamente el 70 %, San Luis Potosí y Sonora tienen una de las mayores similitudes, 90 % Figura 6.3.

33 Tabla 6.12. *Descripción de las características de los conglomerados con las regiones que incluye cada uno. Elaboración propia*

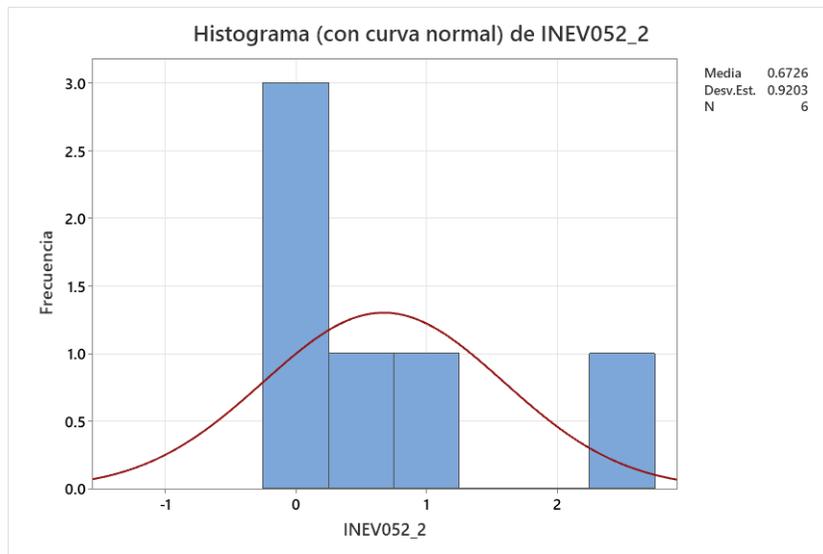
Conglomerado	Región	Características
1	Aguascalientes Baja California Sur Campeche San Luis Potosí Sonora Tamaulipas	Tienen una infraestructura de recursos de innovación regional y de tecnología en las empresas (Relne) de media a baja. Su infraestructura metrológica y de acreditación es poco significativa. Su productividad es de las más bajas, como PIB nacional.

De acuerdo al análisis de estadística descriptiva, para el comportamiento de la mayoría de las variables, la media es casi igual que la mediana por lo que éstas están distribuidas simétricamente en todos los estados que conforman este conglomerado, lo que comprueba que están bien clasificados dentro del conglomerado y presentan características propias respecto a otros conglomerados. La variable INEV052_2, que corresponde a la distribución porcentual de los ingresos totales por ventas de las empresas del sector

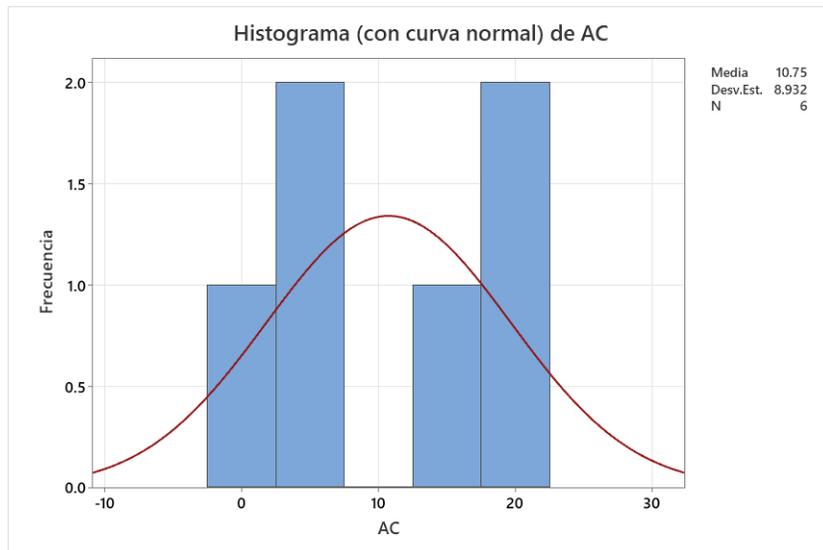
productivo, según clasificación de los productos (bienes o servicios). Productos (bienes o servicios) nuevos, SMP, VA y Pers. De Prod., no tienen una tendencia simétrica, tabla 6.13 y Figuras 6.4 y 6.5.

34 Tabla 6.13. *Estadística descriptiva para las variables del conglomerado 1.*
Elaboración propia Minitab.

Variable	N	Media	Error estándar de la media	Desv.Est.	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo
PROD1	6	2.131	0.409	1.003	0.717	1.082	2.397	2.935	3.239
CyT1	6	5.109	0.352	0.861	4.464	4.489	4.878	5.561	6.778
CyT2	6	3.067	0.428	1.048	1.307	2.381	3.132	3.907	4.329
CyT3	6	6.924	0.646	1.583	4.87	5.494	7.042	7.929	9.469
PROD3	6	17.16	5.2	12.73	0.51	1.51	21.92	28.24	28.69
DEM1	6	64.6	38.4	94	10.8	14.8	30.2	98.1	253.9
INEV454_1	6	23.427	0.826	2.023	21.512	21.652	23.077	24.892	27.01
INEV454_2	6	13.77	1.44	3.53	8.45	10.41	14.27	16.95	17.95
INEV454_3	6	17.37	1.11	2.73	14.6	14.88	17.15	19.21	22.1
INEV454_4	6	16.836	0.73	1.788	13.588	15.509	17.403	18.012	18.684
INEV454_5	6	20.069	0.845	2.07	16.732	18.418	20.31	21.748	22.628
INEV454_6	6	22.36	0.769	1.883	20	20.571	22.228	24.183	25.046
INEV454_7	6	22.907	0.65	1.592	20.893	21.362	22.869	24.371	25.195
TCEV043_2	6	5.644	0.932	2.283	1.62	4.05	5.991	7.461	8.185
TCEV043_3	6	3.391	0.43	1.054	1.905	2.575	3.295	4.312	4.953
INEV542_1	6	1.824	0.667	1.635	0.1	0.1	1.826	3.189	4.263
INEV052_2	6	0.673	0.376	0.92	0.007	0.01	0.341	1.295	2.411
AC	6	10.75	3.65	8.93	0.5	2.38	10.5	19.5	21
SMP	6	10.13	4.16	10.19	1	1.38	7	21.44	23.5
VA	6	8.81	2.9	7.1	0.25	0.29	10.79	14.17	17.7
Pers. de prod.	6	10.35	3.81	9.32	0.67	0.87	9.88	17.87	25.37



14 **Figura. 6.6** Histograma con curva normal de la variable *INEV052_2* en el conglomerado 1. Elaboración propia MiniTab.



15 **Figura. 6.7** Histograma con curva normal de la variable *AC* en el conglomerado 1. Elaboración propia MiniTab.

6.3.1.2 Conglomerado 2

El conglomerado 2, ésta conformado por 4 regiones; Baja California (BC), Coahuila, Guanajuato y Jalisco, que se caracterizan por tener una infraestructura de recursos de innovación regional en las empresas (Relne) incipiente pero mejor conglomerado 1 y su infraestructura metrológica y de acreditación es del mismo nivel el conglomerado 2. Se puede BC también obtiene servicios metrológica y de acreditación de EE.UU. Su similitud conjunta es de aproximadamente 70 % y Baja California y Coahuila tienen una similitud del 80 % al igual que Guanajuato y Jalisco, Figura 6.3 y tabla 6.14.

35 **Tabla 6.14.** *Descripción de las características de los conglomerados con las regiones que incluye cada uno. Elaboración propia*

Conglomerado	Región	Características
2	Baja California Coahuila Guanajuato Jalisco	Tienen una infraestructura de recursos de innovación regional en las empresas (Relne) de nivel medio y relativamente mejor que el conglomerado 1. En promedio su infraestructura metrológica y de acreditación baja.

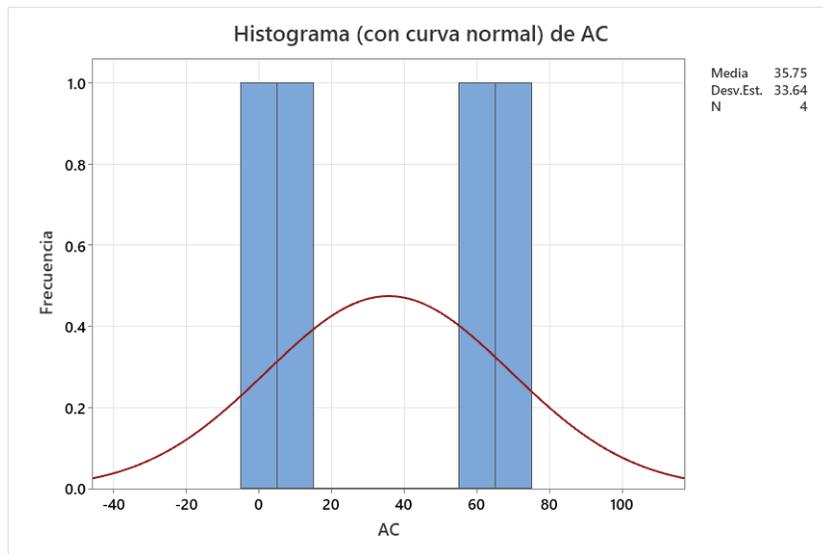
En la tabla 6.15 se observa que todas las variables tienen una media y mediana muy similar por lo que todas están distribuidas simétricamente. Las Figuras 6.6 y 6.7 muestran como las variables AC y SMP tienen una distribución simétrica. Al parecer para la variable AC y SMP, la mitad de los estados utilizan menos servicios metrológicos en comparación de los otros dos.

Los conglomerados 1 y 2 tienen regiones diversas, con características que de acuerdo a Cooke et al., (1987) pueden considerarse como SRI potencialmente fuertes y cuyas características principales son: Laboratorios I+D integrados, Capacidad de financiamiento regional, *partnership* y Control e influencia sobre la infraestructura estratégica, por mencionar algunas.

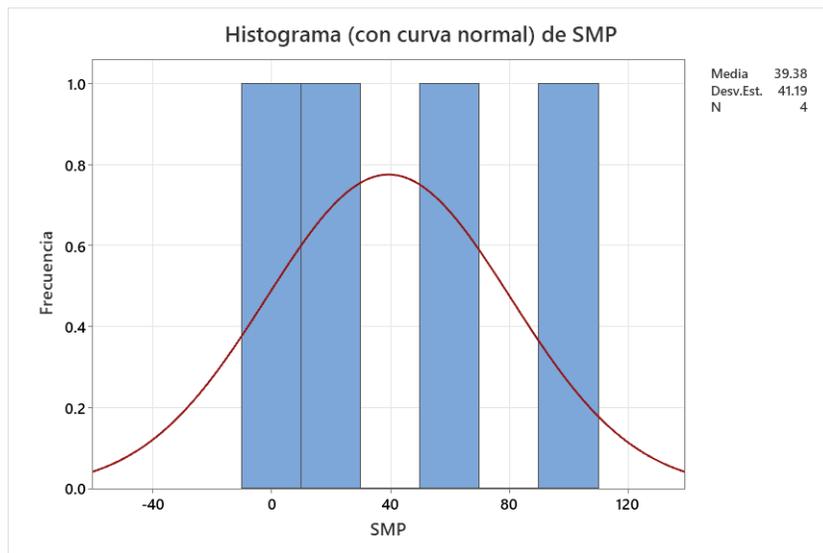
36 **Tabla 6.15.** Estadística descriptiva para las variables del conglomerado 2.

Elaboración propia Minitab.

Variable	N	Media	Error estándar de la media	Desv.Est.	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo
PROD1	4	4.214	0.816	1.632	3.151	3.178	3.542	5.923	6.622
CyT1	4	5.155	0.389	0.778	4.241	4.375	5.28	5.812	5.821
CyT2	4	2.918	0.268	0.536	2.455	2.472	2.809	3.472	3.598
CyT3	4	5.652	0.587	1.175	4.304	4.491	5.753	6.713	6.798
PROD3	4	27.59	3.52	7.05	20.99	22.19	25.9	34.68	37.58
DEM1	4	95.3	39.5	79.1	20.8	28.8	79.5	177.7	201.5
INEV454_1	4	27.88	2.44	4.89	23.32	23.65	27.11	32.9	34
INEV454_2	4	17.99	2.52	5.04	12.8	13.45	17.39	23.12	24.37
INEV454_3	4	21.49	2.52	5.04	16.09	16.84	21.08	26.56	27.73
INEV454_4	4	18.86	2.51	5.02	13.88	14.31	18.42	23.86	24.73
INEV454_5	4	23.11	2.3	4.59	18.88	19.25	22.18	27.9	29.2
INEV454_6	4	25.77	2.66	5.32	20.97	21.26	24.76	31.27	32.57
INEV454_7	4	27.31	2.49	4.98	22.7	23.03	26.46	32.43	33.6
TCEV043_2	4	7.97	1.3	2.61	5.39	5.64	7.65	10.62	11.2
TCEV043_3	4	4.337	0.6	1.201	3.136	3.369	4.105	5.537	6.002
INEV542_1	4	6.45	1.07	2.13	4.33	4.62	6.09	8.65	9.31
INEV052_2	4	0.3302	0.0928	0.1857	0.1242	0.1577	0.3174	0.5155	0.5618
AC	4	35.8	16.8	33.6	3	5.3	33.5	68.5	73
SMP	4	39.4	20.6	41.2	3	5.1	30.8	82.3	93
VA	4	23.33	3.09	6.17	14.93	16.95	24.5	28.53	29.37
Pers. de prod.	4	29.2	2.07	4.13	23.78	25.01	29.71	32.88	33.6



16 **Figura 6.8** Histograma con curva normal de la variable AC en el conglomerado 2. Elaboración propia MiniTab.



17 **Figura 6.9** Histograma con curva normal de la variable SMP en el conglomerado 2. Elaboración propia MiniTab.

6.3.1.3 Conglomerado 3

Se conformado por 16 regiones: Durango, Sinaloa, Zacatecas, Yucatán, Tabasco, Veracruz, Chiapas, Oaxaca, Guerrero, Colima, Hidalgo, Michoacán, Tlaxcala, Nayarit, Morelos y Puebla. Tres regiones del Norte del país, 6 del sureste y del centro. Carecen de una infraestructura de recursos de innovación regional en las empresas (Relne), su infraestructura metrológica y de acreditación no es significativa, tabla 6.10 y 6.11, resumen 6.16. Sin embargo, se puede destacar que Puebla tiene una mejor infraestructura metrológica y de acreditación que el resto, pero en innovación y tecnología no.

37 Tabla 6.16. *Descripción de las características del conglomerado 3 con las regiones que incluye cada uno. Elaboración propia*

Conglomerado	Región	Características
3	Colima	Su infraestructura de recursos de innovación regional en las empresas también es baja (Relne) Su infraestructura metrológica y de acreditación es baja.
	Durango	
	Sinaloa	
	Yucatán	
	Tabasco	
	Veracruz	
	Chiapas	
	Oaxaca	
	Guerrero	
	Hidalgo	
	Michoacán	
	Tlaxcala	
	Nayarit	
	Zacatecas	
	Morelos	
	Puebla	

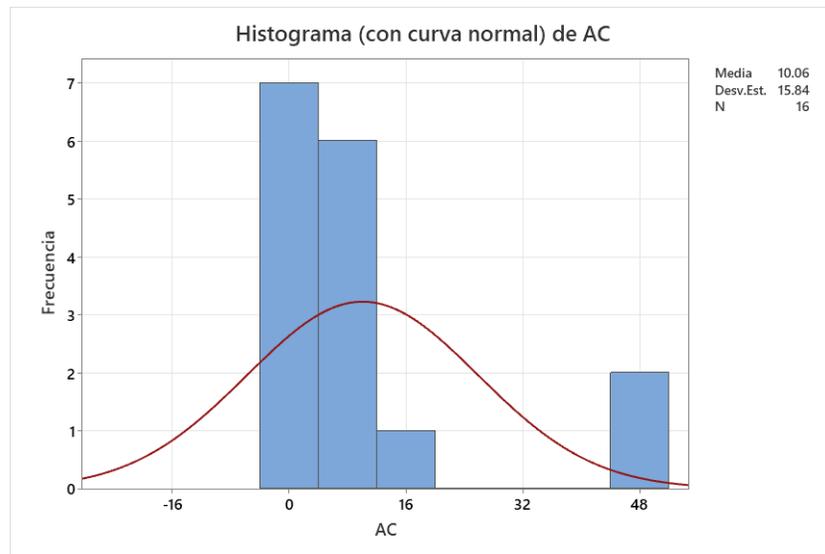
Se puede ver en el dendograma, Figura 6.3, que su similitud varía entre < 70 % - 90 %. Para Chiapas y Oaxaca la similitud es del 90% al igual que Durango y Sinaloa; entre los cuatro estados la similitud dentro del conglomerado es < 70 %.

De acuerdo a la clasificación de Doloreux et al., (2007) al conglomerado 3, podemos considerarlo con barreras ocasionadas debido a que no hay actores relevantes y adicionalmente podría presentarse un bloqueo, en regiones como Veracruz y Tabasco que tienen una industria del petróleo fuerte, altamente especializada y madura y a su vez es antigua, utiliza una materia prima, petróleo base y por lo tanto su desarrollo tecnológico y de innovación no se observa. Hay que señalar que esta clasificación proviene de los estudios conceptuales de SRI, pero las características sirvieron para describir los conglomerados en este estudio.

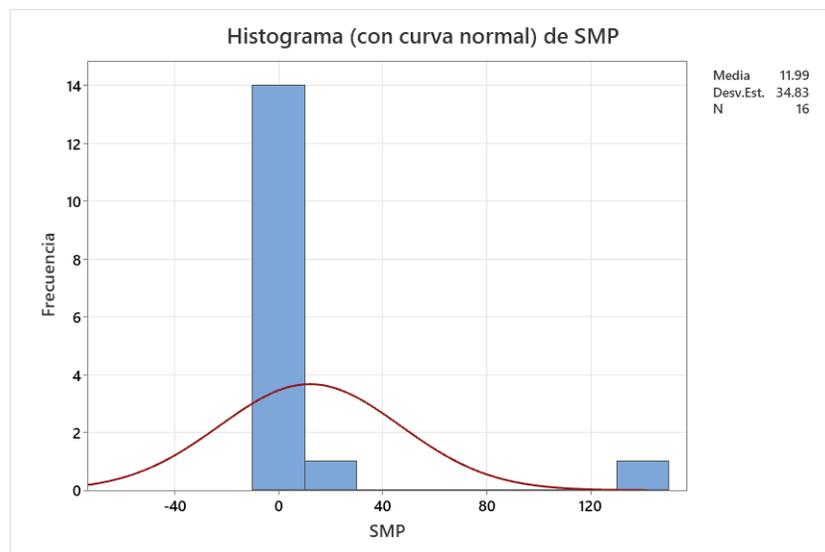
La tabla 6.17 presenta la estadística descriptiva de las variables del conglomerado 3, para la mayoría de las variables la media y la mediana es muy similar excepto para AC y SMP donde sí se observan diferencias que indican asimetría en la distribución de datos dentro del conglomerado y en las Figuras 6.8 y 6.9 se observa claramente que la mayoría de los integrantes tiene pocos servicios de AC y SMP.

38 **Tabla 6.17.** Estadística descriptiva para las variables del conglomerado 3.
Elaboración propia Minitab.

Variable	N	Media	Error estándar de la media	Desv.Est.	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo
PROD1	16	1.659	0.261	1.043	0.536	0.906	1.411	2.297	4.344
CyT1	16	4.51	0.267	1.07	2.636	3.659	4.614	5.271	6.069
CyT2	16	2.552	0.451	1.803	0.764	1.454	2.02	2.658	8.163
CyT3	16	5.849	0.41	1.642	3.013	4.702	5.747	6.893	8.715
PROD3	16	12.25	1.61	6.43	2.58	7.64	10.74	15.93	23.99
DEM1	16	116.8	27.5	110.1	14.9	46.5	78.3	143.5	404.1
INEV454_1	16	11.72	1.07	4.29	5.45	8.23	11.49	13.68	19.7
INEV454_2	16	7.194	0.726	2.905	2.255	4.508	7.587	9.292	12.55
INEV454_3	16	8.786	0.777	3.107	3.675	6.249	8.599	10.751	14.819
INEV454_4	16	8.35	0.736	2.945	3.834	5.835	8.245	10.434	14.721
INEV454_5	16	9.96	0.883	3.534	4.512	7.315	9.729	11.722	15.645
INEV454_6	16	11.16	1.02	4.1	4.67	8.03	10.87	13.15	18.34
INEV454_7	16	11.46	1.02	4.09	5.4	8.06	11.27	13.29	18.61
TCEV043_2	16	2.397	0.358	1.433	0.277	0.937	2.716	3.588	4.708
TCEV043_3	16	1.42	0.24	0.959	0.207	0.603	1.175	1.862	3.698
INEV542_1	16	1.438	0.352	1.408	0.1	0.1	1.132	2.716	4.156
INEV052_2	16	0.656	0.145	0.578	0.011	0.278	0.497	0.874	2.41
AC	16	10.06	3.96	15.84	0.5	2	4	10	50
SMP	16	11.99	8.71	34.83	0	0.25	1.83	6.19	141.75
VA	16	3.301	0.943	3.774	-0.5	0.559	2.578	4.492	15.018
Pers. de prod.	16	4.542	0.915	3.659	1.127	1.7	3.977	6.014	15.893



18 **Figura 6.10** *Histograma con curva normal de la variable AC en el conglomerado 3. Elaboración propia MiniTab.*



19 **Figura 6.11** *Histograma con curva normal de la variable SMP en el conglomerado 3. Elaboración propia MiniTab.*

6.3.1.4 Conglomerado 4

Conformado por Chihuahua y Querétaro, una región del norte y del país y otra del centro. Su infraestructura de recursos de innovación regional en las empresas (Relne) es significativa, así como su infraestructura metrológica y de acreditación, tablas 6.10 y 6.11, resumen 6.18. Estas dos regiones tienen una similitud del 66.67 % con el conjunto de variables analizadas, Figura 6.3. De acuerdo a la clasificación de Cooke et al., (1987) puede considerarse como SRI potencial fuerte y cuyas características principales son: Laboratorios I+D integrados, Capacidad de financiamiento regional, *partnership*, competencias regionales con entrenamiento-vocacional y control e influencia sobre la infraestructura estratégica, por mencionar algunas. Adicionalmente, están dominados por empresas que son multinacionales y que pertenecen a mercados globalizados (Cooke, 1998).

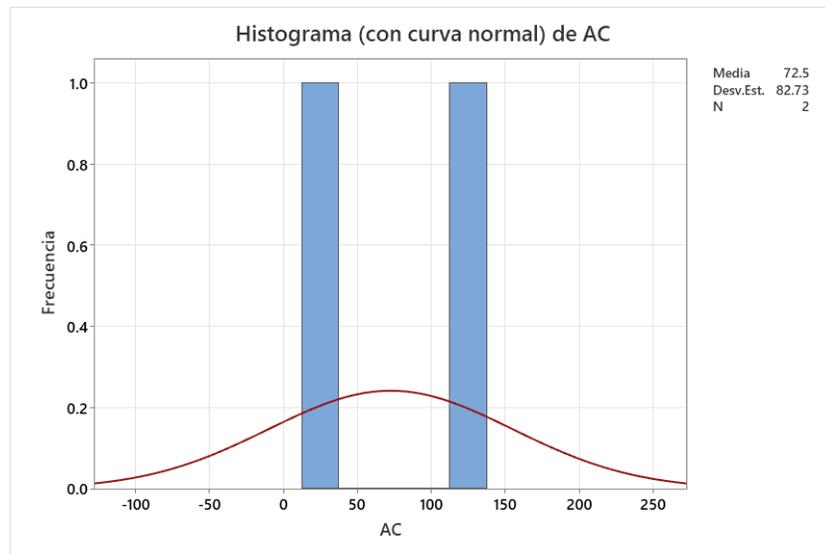
39 Tabla 6.18. *Descripción de las características de los conglomerados con las regiones que incluye cada uno. Elaboración propia*

Conglomerado	Estados	Características
4	Chihuahua Querétaro	Tienen una infraestructura de recursos de innovación regional en las empresas (Relne) significativa Su infraestructura metrológica y de acreditación es significativa.

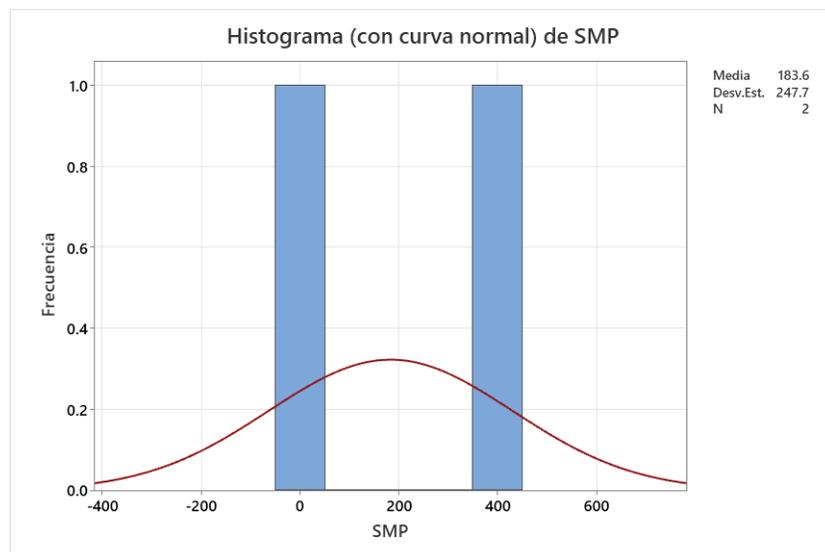
La tabla 6.19 presenta la estadística descriptiva de las variables del conglomerado 4, para la mayoría de las variables la media y la mediana es muy similar dentro del conglomerado. En las Figuras 6.10 y 6.11 se observa claramente un integrante tiene pocos servicios de AC y SMP y el otro todo lo contrario. Esto se explica claramente por la posición geográfica y los recursos que tiene cada estado de infraestructura.

40 **Tabla 6.19.** Estadística descriptiva para las variables del conglomerado 4.
Elaboración propia Minitab.

Variable	N	Media	Error estándar de la media	Desv.Est.	Mínimo	Mediana	Máximo
PROD1	2	2.663	0.511	0.723	2.152	2.663	3.174
CyT1	2	5.28	0.852	1.205	4.428	5.28	6.132
CyT2	2	3.5	1.29	1.83	2.21	3.5	4.79
CyT3	2	5.63	0.89	1.258	4.74	5.63	6.519
PROD3	2	27.042	0.417	0.589	26.626	27.042	27.459
DEM1	2	108.9	93.7	132.6	15.1	108.9	202.6
INEV454_1	2	30.265	0.446	0.631	29.819	30.265	30.712
INEV454_2	2	19.19	1.72	2.43	17.47	19.19	20.91
INEV454_3	2	23.772	0.258	0.364	23.514	23.772	24.029
INEV454_4	2	21.235	0.161	0.227	21.074	21.235	21.395
INEV454_5	2	24.499	0.0839	0.119	24.415	24.499	24.583
INEV454_6	2	27.998	0.31	0.438	27.688	27.998	28.308
INEV454_7	2	28.736	0.14	0.198	28.596	28.736	28.876
TCEV043_2	2	15.54	2.31	3.27	13.23	15.54	17.85
TCEV043_3	2	7.84	3.04	4.3	4.8	7.84	10.88
INEV542_1	2	11.12	2.35	3.32	8.78	11.12	13.47
INEV052_2	2	0.1564	0.0849	0.1201	0.0715	0.1564	0.2413
AC	2	72.5	58.5	82.7	14	72.5	131
SMP	2	184	175	248	9	184	359
VA	2	14.361	0.555	0.785	13.805	14.361	14.916
Pers. de prod.	2	25.5	13.9	19.6	11.6	25.5	39.3



20 **Figura 6.12** *Histograma con curva normal de la variable AC en el conglomerado 4. Elaboración propia MiniTab.*



21 **Figura 6.13** *Histograma con curva normal de la variable SMP en el conglomerado 4. Elaboración propia MiniTab.*

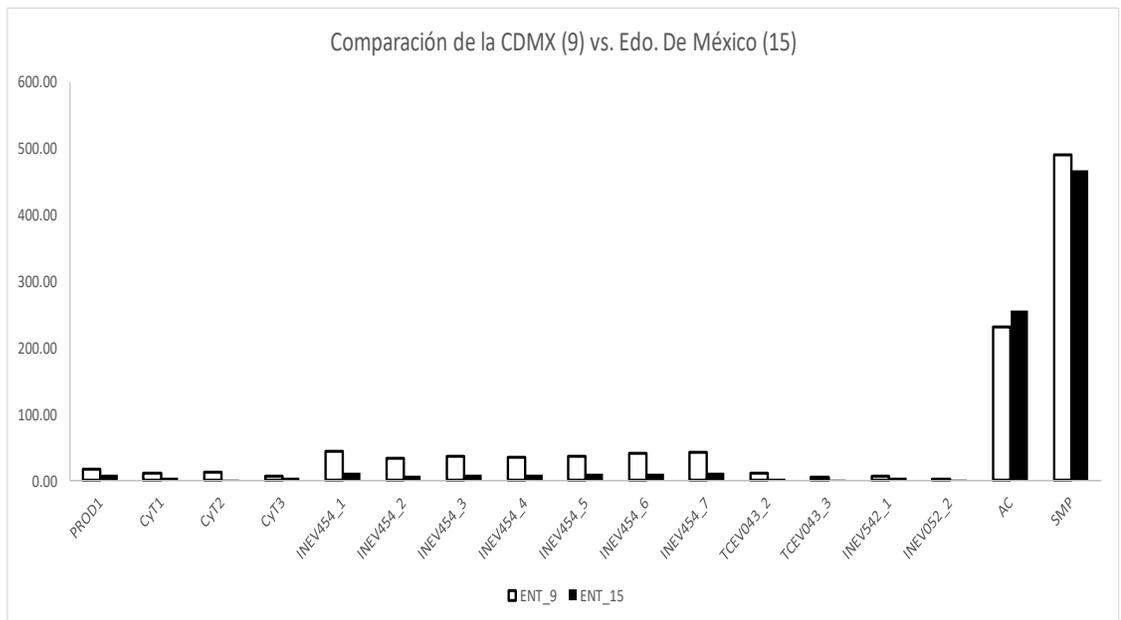
6.3.1.5 Conglomerado 5

Ciudad de México. La CDMX, concentra a la industria, centros de investigación, centro económico etc. Tiene una infraestructura de recursos de innovación regional en las empresas (Relne) y una infraestructura metrológica y de acreditación altamente significativa, tablas 6.10 y 6.11. Tabla resumen 6.20.

6.3.1.6 Conglomerado 6

México. Su productividad es relativamente alta. Tiene una infraestructura de recursos de innovación regional en las empresas (Relne) no significativa a excepción de que las empresas que desarrollan tecnología propia y venden tecnología son relativamente significativas. Su infraestructura metrológica y de acreditación es significativa, así como su valor agregado, tablas 6.10 y 6.11. Tabla resumen 6.20.

Tanto la CDMX como México, no fueron agrupados con ningún otro estado debido a las claras diferencias que tienen en los indicadores INEV_454_1 al 7, estos están relacionados con el número de empresas que no realizan actividades de madurez tecnológica, adquieren licencias de productos o procesos, adquieren maquinaria las adapta y modifica o las usa sin modificaciones. Generan y desarrollar tecnología propia y la vende a otras empresas. Sin embargo, si solo nos enfocamos en las variables de AC y SPM casi son casi iguales, aunque los servicios SMP son ligeramente mayores en la CDMX, en cambio el Edo. De México tiene más servicios de AC, Fig. 6.12. De hecho, la CDMX tienen más similitud con el conglomerado 7 que es Nuevo León en cuanto a las variables clasificadas como Relne, tablas 6.10 y 6.11.



22 Figura 6.14 Grafica comparativa entre la CDMX y el Edo. De México para todas las variables. Elaboración propia Excel.

6.3.1.7 Conglomerado 7

Nuevo León tiene una alta infraestructura de recursos de innovación en las empresas, pero no es significativa la inversión de las empresas en activo fijo, según su aplicación, en comparación con otras regiones. Su infraestructura metrológica y de acreditación, es significativa y su valor agregado también, tablas 6.10 y 6.11. Tabla resumen 6.20.

Los conglomerados 5, 6, y 7, claramente pueden clasificarse como SRI potenciales y fuertes (Cooke, et al., 1987). Tienen una alta asociación entre gobierno regional e industria, son globalizados (Asheim et al., 2011, 2019; Cooke, 1998).

6.3.1.8 Conglomerado 8

Quintana Roo con una infraestructura metrológica y de acreditación, innovación y tecnología no significativa, así como su valor agregado y productividad, pero su principal actividad económica es el turismo. De acuerdo a la clasificación de Cooke et al., (1987) es un SRI potencial pero débil. Tabla resumen 6.20.

Los resultados presentados aquí de la caracterización de las regiones, son recurrentes en todos los estudios similares. En el sentido de que se tienen regiones con un componente, por ejemplo, marcadamente predominante debido a la concentración de recursos e infraestructura, desarrollos de clúster, tecnología etc.

Adicionalmente, la falta de información de las variables seleccionadas a niveles más puntuales de municipios por ejemplo que ayudaría a aumentar el número de observaciones y haría más robusto el análisis factorial. (Arriaza, 2006; Muller, et al., 2008; Niembro 2019, 2022; Vivar, et al. 2010; Unger y Chico 2004; Unger 2017; Unger et al., 2019). El trabajo de; Unger et al., (2019), para el Bajío mexicana presenta el problema de la heterogeneidad usando municipios y zonas metropolitanas, por lo que solo obtiene 3 clúster para la competitividad. Uno de los resultados a destacar, es que Querétaro, Guadalajara e Irapuato son los más competitivos siendo Querétaro el número uno.

41 **Tabla 6.20.** *Descripción de las características de los conglomerados, 5, 6, 7 y 8. Elaboración propia*

Conglomerado	Estados	Características
5	Ciudad de México	Tiene una infraestructura de recursos de innovación regional en las empresas (Rele) altamente significativa Su infraestructura metrológica es altamente significativa. Demografía y productividad altamente significativa.
6	México	Su productividad es relativamente alta. Tiene una infraestructura de recursos de innovación regional en las empresas (Rele) no significativa a excepción de que las empresas que desarrollan tecnología propia y venden tecnología son relativamente significativas. Su infraestructura metrológica es significativa, así como su valor agregado.
7	Nuevo León	Tienen una infraestructura de recursos de innovación regional en las empresas (Rele) significativa a excepción de que la inversión de las empresas en activo fijo, según su aplicación. Equipo de cómputo y periféricos / PIB, no es significativo. Su infraestructura metrológica es significativa y su valor agregado también.
8	Quintana Roo	Tienen empresas sin actividades de MT, adquieren y adoptan tecnologías para aumentar su eficiencia, desarrollan tecnología, patentan y venden de forma significativa. Su infraestructura metrológica es no significativa, así como su valor agregado y productividad.

6.3.2 *Elaboración de indicadores sintéticos*

Adicionalmente, con las variables seleccionadas se elaboraron tres indicadores, que fueron, infraestructura de la calidad (metrología y acreditación) (IC), innovación (IINNOV) y tecnología (ITCE) se utilizó la varianza explicada de cada factor del AF, de acuerdo a la metodología de Cicowiez (2003). Con estos indicadores se clasificaron las regiones asignando un ranking por indicador, como se puede ver en la tabla 6.21.

Las regiones más consistentes en los dos indicadores son, Ciudad de México, Querétaro y Nuevo León, siempre ocupan los tres primeros lugares en los indicadores individuales y en el total. Las regiones que están en los primeros 10 lugares considerando los dos indicadores son: Ciudad de México, Nuevo León, Querétaro, Chihuahua, México, Baja California, Coahuila, Jalisco, Guanajuato y Sonora, tabla 6.22. Destacan CDMX y Nuevo León con valores del Itot de 8 y 9, después Querétaro con 4.5. La diferencia entre Querétaro y la CDMX es 3 veces en términos absolutos. Las otras regiones de la lista presentaron diferencias respecto a la CDMX entre 5 y 12 veces. Tomando este indicador y clasificando respecto a su diferencia respecto a la CDMX, se tendrían 12 conglomerados, con cuatro de ellos formados por una región.

En la tabla 6.21 se puede ver la consistencia de comportamiento de cada región respecto a los tres indicadores siguiendo los colores asignados, CDMX, Querétaro y Nuevo León son consistentes.

42 **Tabla 6.21.** *Indicadores sintéticos y ranking (categorías) de regiones.*
Elaboración propia de acuerdo a metodología Cicowiez (2003).

Rank	IC	IINNOV
1	MEX	NVO.L.
2	CDMX	CDMX
3	QRO	CHI
4	NVO. L	BC
5	GTO	QRO.
6	JAL	COAH
7	PBA	SON
8	COAH	QROO
9	SLP	JAL
10	CHI	TAM
11	VER	CAMP
12	TAM	SLP
13	BC	GTO
14	AGS	BCS
15	SON	AGS
16	MICH	COL
17	HGO	DUR
18	MOR	SIN
19	TLAX	YUC
20	YUC	PBA
21	CAMP	VER
22	DUR	ZAC
23	ZAC	MEX
24	OAX	TAB
25	SIN	NAY
26	GUERR	TLAX
27	COL	MOR
28	CHIAP	HGO
29	BCS	MICH
30	QROO	CHIAP
31	NAY	GUERR
32	TAB	OAX

6.4 Análisis de variables para identificación de indicadores de interacción y cooperación con el método comparativo (QCA por sus siglas en inglés)

Una de las variables que se mencionan constantemente para caracterizar a los SRI, es la relacionada con actividades de colaboración entre los actores. Sin embargo, en la mayoría de los estudios esta variable pocas veces puede haber sido analizada en los estudios de tipologías debido a la falta de información (Listerri y Pietrobelli, 2011). En el estudio realizado para la caracterización de conglomerados no se tuvo información al respecto, por lo que para el análisis QCA se propuso evaluar esta variable de colaboración a través de la encuesta realizada, así como buscar más información relacionada con el efecto de la infraestructura metrológica en empresas y su importancia en el desarrollo de nuevos productos.

Con los resultados de las encuestas realizadas a las empresas se construyeron dos tablas de verdad, una dicotómica y otra con una escala de 1-4, tablas 6.25 y 6.27 respectivamente.

Del análisis alfa de Cronbach se obtuvo un valor de 0.6 por lo que el instrumento fue confiable.

6.4.1 Análisis dicotómico

Se seleccionaron 10 variables (x_n), como condiciones suficientes o necesarias o suficientes y necesarias, para que haya un mayor número de desarrollo de nuevos productos (y), tabla 6.25.

En este primer análisis se utilizaron los casos más simples que corresponden a los casos similares, es decir donde se da la condición (y) y aquí se establecieron las condiciones necesarias, pero no las suficientes. Se añadió un caso en el que no se da la condición (y). La tabla de verdad dicotómica solo identifica si existe o no

la. Si existe entonces se denota con 1 y sino con 0. Los resultados de la encuesta en forma de tabla de verdad dicotómica se presentan en la tabla 6.25 y contiene la descripción de cada variable utilizada.

De acuerdo a George y Bennet (2005 en Pérez A. 2008), este tipo de análisis no contienen toda la información requerida para poder establecer que un efecto o la combinación de varios son suficientes para explicar a una variable dependiente (y), los autores sugieren investigar las interacciones entre las variables o factores independientes (x_n).

Por lo que el análisis QCA implicó identificar las condiciones causales

- i) Equifinalidad, condición suficiente
- ii) Causalidad conjetural: correlación de factores
- iii) Causalidad asimétrica: factores para que se de una condición (y) pero no se conocen los que no dan (y)

Los argumentos causales que se establecen para cada condición siguen las siguientes notaciones:

- i) $X_1 \rightarrow Y$ (X_1 es suficiente para Y)
- ii) $X_1 * X_2 \rightarrow Y$ (X_1 y X_2 son conjuntamente suficientes para Y)
- iii) $X_1 + \neg X_3$ (X_1 o la ausencia de X_3 son suficientes para Y)

Utilizando el software *fsQCA* versión 4.0 se analizaron todas las combinaciones posibles utilizando la tabla de verdad (6.8), en el caso del análisis dicotómico se tuvieron 1024. Valor calculado a partir de la ecuación Π_{jk} , donde j son las categorías y k el número de variables independientes, en este caso 10 con dos categorías. Como en QCA no se conocen todos los factores que contribuyen a que se dé una condición, ni sus combinaciones se establece la estrategia de la

“diversidad empírica limitada” que implica usar la solución más simple (parsimoniosa) de todos los resultados, tabla 6.22 (Pérez 2008; Ragin 2014; Wagemann 2012).

43 **Tabla 6.22.** Resultado de todas las combinaciones dicotómico QCA. *Elaboración propia software fuzzyQCA*

	Cobertura	Cobertura	Consistencia
$x_1^*x_2^*\sim x_3^*x_4^*\sim x_5^*\sim x_6^*x_7^*\sim x_8^*\sim x_9^*\sim x_{10}$	0.125	0.125	1
$\sim x_1^*\sim x_2^*x_3^*x_4^*\sim x_5^*\sim x_6^*x_7^*x_8^*\sim x_9^*\sim x_{10}$	0.125	0.125	1
$\sim x_1^*x_2^*\sim x_3^*x_4^*x_5^*x_6^*x_7^*\sim x_8^*\sim x_9^*x_{10}$	0.125	0.125	1
$x_1^*x_2^*x_3^*\sim x_4^*x_5^*x_6^*\sim x_7^*x_8^*\sim x_9^*x_{10}$	0.125	0.125	1
$x_1^*x_2^*x_3^*x_4^*\sim x_5^*x_6^*\sim x_7^*\sim x_8^*x_9^*x_{10}$	0.125	0.125	1
$x_1^*x_2^*x_3^*\sim x_4^*\sim x_5^*x_6^*\sim x_7^*x_8^*x_9^*x_{10}$	0.125	0.125	1
$\sim x_1^*\sim x_2^*\sim x_3^*x_4^*x_5^*x_6^*x_7^*x_8^*x_9^*x_{10}$	0.125	0.125	1
$x_1^*x_2^*x_3^*x_4^*x_5^*x_6^*x_7^*x_8^*x_9^*x_{10}$	0.125	0.125	1

Después de los primeros resultados con una cobertura baja de 0.125, tabla 6.22, un caso, se seleccionaron variables (x_n) como ausentes y fueron: región Bajío (x_1), manufactura (x_2), PYME (x_3) y servicios metrológicos cercanos (x_9). De los resultados obtenidos se obtuvo que con la solución parsimoniosa se considera que la inversión I+D (x_{10}) es suficiente para el desarrollo de nuevos productos (y) y el departamento o laboratorio de metrología ($\sim x_6$) no es necesario. Los casos que cumplen la condición de $x_{10} \rightarrow y$, son 6, por eso la cobertura es 0.75 y para ($\sim x_6$) $\rightarrow y$, los casos son 2 y su cobertura es 0.25; en ambos casos la consistencia es 1, tabla 6.23.

44 **Tabla 6.23.** Resultado parsimonioso dicotómico QCA. *Elaboración propia software fuzzyQCA.*

Solución parsimoniosa	Cobertura total	Cobertura única	Consistencia
$\sim x_6$	0.25	0.25	1
x_{10}	0.75	0.75	1

En el resultado de la solución intermedia, se encontraron 3 soluciones: 1) que las mediciones automatizadas (x_4), el departamento o laboratorio de metrología (x_6) y la inversión I+D (x_{10}) son condiciones conjuntamente suficientes para para el desarrollo de nuevos productos (y), en la mitad de los casos, por lo que la cobertura fue de cobertura 0.5. 2) En un caso, se da el desarrollo de nuevos productos (y), conjuntamente sin ser PYME ($\sim x_3$) pero con mediciones automatizadas (x_4), sin el departamento o laboratorio de metrología ($\sim x_6$) pero con colaboraciones (x_7) y sin servicios metrológicos cercanos (x_9). 3) Solo para un caso, conjuntamente no es necesario ni suficiente que sea la empresa el Bajío ($\sim x_1$) o que pertenezca al sector manufactura ($\sim x_2$), pero sí que tenga mediciones automatizadas (x_4), el departamento o laboratorio de metrología ($\sim x_6$) no es necesario, pero si es suficiente la colaboración (x_7) y no los servicios metrológicos cercanos (x_9), tabla 6.24. En dos soluciones intermedias, la variable de colaboración es suficiente (x_7) y representa una cobertura del 0.25 de todos los casos analizados, tabla 6.24.

45 **Tabla 6.24.** *Resultado intermedio dicotómica QCA. Elaboración propia software fuzzyQCA.*

Solución intermedia	Cobertura	Cobertura única	Consistencia
$x_4 * x_6 * x_{10}$	0.5	0.25	1
$\sim x_3 * x_4 * \sim x_6 * x_7 * \sim x_9$	0.125	0.125	1
$\sim x_1 * \sim x_2 * x_4 * \sim x_6 * x_7 * x_8 * \sim x_9$	0.125	0.125	1

La regla para establecer cuáles son las condiciones causales de interés es: “si la configuración causal x es condición suficiente para y , todas las instancias de x deben ofrecer la presencia de y ” (Pérez 2008; Ragin 2014; Wagemann 2012). Los resultados del análisis dicotómico no cumplen esta regla y cuando 2 o más

condiciones son conjuntamente necesarias para producir (y) solo se cumple en 4 casos, entonces las 10 variables no son condiciones causales de interés para que se dé, el desarrollo de nuevos productos (y) en esta muestra de empresas utilizando el análisis dicotómico.

46 **Tabla 6.25.** *Tabla de verdad dicotómica para análisis por QCA e identificación de variables. Elaboración propia.*

Caso	y	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10
1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1
3	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0
4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1
6	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1
7	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1
8	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
9	1	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0
2	0	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0

Variables	Descripción
y	Desarrollos de nuevos productos o servicios en los últimos 5 años
x1	Región Bajío
x2	Manufactura
x3	PYME
x4	Mediciones automatizadas
x5	Nivel de frontrunner para adopción digital
x6	Departamento o laboratorio de metrología
x7	Colaboración
x8	Personal capacitado
x9	Servicios metrológicos cercanos
x10	Inversión I+D

6.4.2 Análisis fuzzyQCA.

El análisis dicotómico tiene varias restricciones pues solo permite la ausencia o presencia de una condición, en el análisis difuso (*fuzzy*) se establece un grado de “pertenencia” de la condición para obtener mayor información de que se dé (*y*). Las escalas se establecen entre 0 y 1 a partir de las respuestas de la encuesta en una escala de 1-4. Con la información se construyó una tabla de verdad, tabla 6.27, se para el análisis difuso, utilizar el software correspondiente la escala se normatizo para que estuviera entre 0 y 1. Se seleccionaron solamente 6 variables independientes para obtener (*y*) desarrollos de nuevos productos.

Utilizando el software para el análisis difuso se obtuvo una solución única, tabla 6.26. Para este análisis las condiciones ausentes fueron, ubicación geográfica (x_4) y colaboración con instituciones privadas (x_6). Esta última se repetía con la condición de colaboración (x_5) que engloba a todas las instituciones o empresas con las que se puede colaborar.

El resultado fue que las condiciones suficientes para que se dé el desarrollo de nuevos servicios (*y*) son, conjuntamente el personal capacitado en metrología (x_1), los nuevos equipos (x_2), la infraestructura metrológica externa (x_3) y la colaboración entre los actores del SRI (x_5) y esta solución se cumple para 7 de los 10 casos, por lo que la cobertura es aproximadamente 0.7, tabla 6.26.

47 **Tabla 6.26.** Resultado del análisis fuzzyQCA. Elaboración propia software fuzzyQCA

Solución	Cobertura	Cobertura única
$x_1 * x_2 * x_3 * x_5$	0.694444	0.694444
Cobertura de la solución	0.694444	

El análisis QCA difuso tuvo una explicación conjunta de factores que muestran que estos factores son suficientes para (**y**):

$$x_1 * x_2 * x_3 * x_5 \rightarrow y$$

Sin embargo, igual que para el caso dicotómico a regla para establecer cuáles son las condiciones causales de interés no se cumple, entonces las 6 variables no son condiciones causales de interés para que se dé, el desarrollo de nuevos productos (**y**) en esta muestra de empresas utilizando el análisis dicotómico.

El número de casos y las condiciones y sus posibles combinaciones no son posiblemente adecuadas para establecer relaciones causales que conlleven a producir un resultado (**y**), en este caso el desarrollo de nuevos productos o servicios. Sin embargo, en el análisis se obtuvo una mayor cobertura y las condiciones suficientes a destacar son las de metrología (x_1 y x_3) y colaboración (x_5), el análisis difuso ofrece una mejor aproximación debido a que se considera ese grado de “pertenencia” (Pérez 2008; Ragin 2014; Wagemann 2012).

48 **Tabla 6.27.** *Tabla de verdad para análisis por fuzzy QCA*

Caso	Desarrollos de nuevos productos o servicios en los últimos 5 años	Personal capacitado en metrología	Nuevos servicios y productos relación con mejoramiento de su infraestructura de medición	Infraestructura metrológica externa	Ubicación geográfica	Colaboración	Colaboración con instituciones privadas
	y	x ₁	x ₂	x ₃	x ₄	x ₅	x ₆
1	1	1	3	4	3	3	2
3	1	4	4	4	4	4	4
4	1	3	2	3	4	3	3
5	1	4	4	4	4	3	4
6	1	3	3	2	3	2	2
7	1	4	4	4	2	4	4
8	1	3	3	3	4	2	2
9	1	4	4	3	3	4	4
10	1	4	4	4	4	4	4
2	0	2	3	3	3	3	3

Los resultados obtenidos por QCA deben considerarse como preliminares y provenientes de un estudio iterativo que requiere aumentar el número de variables respecto a los casos. Sin embargo, el número de variables puede complicar el establecimiento de las relaciones causales y hacer que sea más complejo explicar. El hecho de tener una infraestructura metrológica, personal capacitado, inversión I+D etc., no son condiciones suficientes para obtener

6.4.2.1 Cambio de variables para el análisis *fuzzyQCA*

Después de los análisis anteriores se decidió buscar un cambio en la variable dependiente y analizarla con el método difuso porque ofrece una mejor explicación de las interacciones entre factores, por lo que se seleccionó a la colaboración como (y), debido a que se tienen más casos de contraste es decir donde no sé da la condición de colaboración y como variables o factores independientes; personal capacitado en metrología (x_1), nuevos servicios y productos relación con mejoramiento de su infraestructura de medición (x_2), infraestructura metrológica externa (x_3) y la nueva variable independiente; desarrollos de nuevos productos o servicios en los últimos 5 años (x_{11}).

7.0 CONCLUSIONES

El enfoque de los SRI permite tener una visión más amplia de cómo se desarrolla una región, en términos de sus patrones de comportamiento, que incluye a los actores que los conforman. Se enfoca en observar y caracterizar desde una perspectiva regional, un proceso empírico. Como se busca identificar las diferencias y similitudes de un SRI, es que la característica de similitud que se estudió fue la relacionada con la infraestructura de la calidad, específicamente la metrología y acreditación. Con esto se evaluó si han aportado a los sistemas regionales un soporte técnico directamente en actividades del sector manufactura. La perspectiva de SRI implica considerar que el sistema funciona como tal y que, tanto los que producen el conocimiento como los que lo explotan, tienen una interacción que hace que el proceso del sistema sea dinámico, sin fronteras geográficas y que funcione como sistema abierto. Al considerar a un SRI como tal o potencialmente como tal, entonces al describirlo o caracterizarlo, desde una cierta perspectiva, se considera una vía potencial para encontrar aquellos patrones que podrían ser únicos y comunes a todos y que están relacionados con el desarrollo de la innovación (Crespi, 2011, Listerri et al, 2011; Navarro, 2009; Niembro 2019, 2022; Sánchez-Tovar, 2014; Vivar, et al. 2010, Unger et al., 2009). Sin embargo, el marco conceptual de los SRI todavía requiere de precisiones respecto a la región misma y su complejidad ha sido un punto que no ha permitido describir las relaciones causales entre las variables estudiadas. Las regularidades empíricas difíciles de encontrar, especialmente dada la diversidad de regiones y la falta o escasez de datos de variables con la que se cuenta (Crespi, 2011, Listerri et al, 2011; Navarro, 2009; Niembro 2019, 2022; Sánchez-Tovar, 2014; Vivar, et al. 2010, Unger et al., 2009). No obstante, los estudios de caracterización de regiones permiten de forma iterativa el reconocimiento de características potenciales con las que se pueda establecer alguna relación causal.

En el estudio desarrollado, se obtuvo la caracterización de SRI utilizando los indicadores de innovación, tecnología e IC con 16 variables en total. Los SRI se agruparon en conglomerados cuyas características son similares de acuerdo a los criterios de la distancia euclídea y del porcentaje de varianza explicada del conjunto de observaciones. Debido a que la unidad de análisis “región” fue la entidad federativa, solo se trabajó con 32 casos y 16 variables por caso, pero esta configuración restringe la resolución con la que se pueden caracterizar las regiones.

Adicionalmente, la CDMX y el Estado de México (identificado en el análisis simplemente como “México”) son dos regiones que podrían considerarse atípicas, para este tipo de estudios, como también Quintana Roo, debido a sus características únicas y extremas. Por un lado, la CDMX tiene un índice de IC grande, así como VA, productividad, PIB; población etc. La región más cercana a la CDMX en términos de IC es Nuevo León. Estos resultados son similares a los obtenidos por otros investigadores, en el sentido de la diversidad extrema entre regiones y la poca información de variables para caracterizar a las mismas (Crespi, 2011, Listerri et al, 2011; Navarro, 2009; Niembro 2019, 2022; Sánchez-Tovar, 2014; Vivar, et al. 2010, Unger et al., 2009).

Sin embargo, cabe resaltar que el resultado más importante del estudio es que se consideraron variables de infraestructura metrológica y de acreditación. Estas variables en conjunto con las variables de productividad y demografía, de acuerdo al AF realizado, pueden explicar el 23 % de la varianza, siendo el segundo factor más importante, y en conjunto con todas las variables seleccionadas explican el 83 % de la varianza. Al realizar una regresión lineal con estas variables se pudo encontrar que las variables AC, SMP y DEM1 explican a la variable de PROD1 (PIB nacional) y cada variable es significativa para explicar la ecuación ya que sus $p = 0.000$ y solo para SMP es de 0.001. Las variables relacionadas con la innovación no tuvieron correlación con ninguna otra variable, a pesar de explicar el 46.7% de la varianza del conjunto de datos.

Entonces, se puede considerar que el desarrollo económico de países en vías de desarrollo como México dependen más de la infraestructura de la calidad (AC y SMP) ya que su efecto se puede cuantificar en el corto plazo, al menos los resultados preliminares así lo indican. Por otro lado, implicaría que la innovación, que se sabe es un proceso a largo plazo, no impacta en el corto plazo en el desarrollo de un país en desarrollo de países como México. Adicionalmente, es necesario contrastar estos resultados con los de países de economías similares a México y compararlos con los de países desarrollados, para comprobar que la infraestructura de la calidad da resultados más inmediatos que la innovación. Ahora, quizás vale la pena proponer tener un sistema regional de infraestructura de la calidad y buscar su relación, o no, con los SRI. Como se mencionó anteriormente, el marco conceptual de los SRI todavía requiere de precisiones respecto a la región misma y a su funcionamiento. La ventaja de la infraestructura de la calidad es que tiene un marco legal y tiene un aspecto obligatorio, por lo que ha sido fuente de creación de empleos de alta especialidad y de una infraestructura que funciona porque se relaciona directamente con las necesidades de la industria. La expansión de la infraestructura de la calidad está relacionada con el crecimiento de la industria y posiblemente podría contribuir al incremento del desarrollo socioeconómico. En el análisis de conglomerados no se observa que haya mayor productividad por el aumento de la infraestructura de la calidad, pero es necesario analizar más datos y obtener más observaciones.

Podría ser que las instituciones llamadas puente, al menos en el caso de la infraestructura de la calidad, no solo sean puente para los SIN y SRI sino actores independientes que pueden impulsar el desarrollo socioeconómico.

Este es el primer estudio, hasta donde se pudo explorar, que considera las variables de infraestructura de la calidad y estos resultados se consideran como potenciales para poder establecer una relación causal ya no con la innovación per se sino con

la productividad. Estos resultados abren una línea de investigación que no se había considerado anteriormente, relacionada con el efecto de la IC en la productividad. Los resultados obtenidos resultan hasta cierto punto lógicos debido a que las actividades de metrología y acreditación están directamente relacionadas con las actividades del sector productivo; sin embargo, nunca se habían cuantificado o relacionado.

Por lo anterior, se concluye que la H_0 se cumple parcialmente, porque si existen relaciones de vinculación y colaboración entre la infraestructura metrológica y de acreditación con otros elementos de un SRI, pero no se encontró evidencia de que constituyen uno de los factores que promueven las actividades de innovación. Se tendría que replantear la H_0 y orientarla a que la infraestructura de la calidad es un promotor del desarrollo económico de un país en vías de desarrollo en el corto plazo.

Se cumplió el objetivo general: Evaluar las relaciones de la infraestructura metrológica y de acreditación dentro de los SRI, en relación a la innovación y la tecnología. Así como los específicos relacionados con la selección y análisis de variables, descripción de los SRI en conglomerados, y la creación de indicadores sintéticos.

En el análisis por QCA se buscaba identificar las condiciones necesarias y suficientes para obtener el desarrollo de nuevos servicios a partir de variables de colaboración y las relacionadas con metrología y acreditación. En gran medida el estudio se realizó debido a la falta de variables que ayudarán a identificar relaciones de colaboración tomando como eje la metrología y la acreditación. Aquí las conclusiones son muy modestas debido a que el objetivo no se cumplió y se considera que el estudio fue básicamente exploratorio. Las variables seleccionadas no satisficieron la regla para establecer cuáles son las condiciones causales de interés de: “si la configuración causal x es condición suficiente para y ,

todas las instancias de x deben ofrecer la presencia de y " (Pérez 2008; Ragin 2014; Wagemann 2012). Sin embargo, estos resultados conducen a explorar cómo se relacionaría la infraestructura de la calidad con la innovación encontrando quizás las relaciones entre las variables para encontrar un vínculo.

En el análisis difuso, se obtuvo una mayor cobertura y las condiciones suficientes a destacar fueron las de metrología (x_1 y x_3) y colaboración (x_5), el análisis difuso ofrece una mejor aproximación debido a que se considera ese grado de "pertenencia". Sin embargo, este resultado debe tomarse con reservas porque no es concluyente hasta poder encontrar los casos que permitan cumplir con la regla y encontrar las relaciones causales de equifinalidad (condición suficiente), causalidad conjetural (correlación de factores) y la causalidad asimétrica (factores para que se dé una condición (y) pero no se conocen los que no dan (y)). Podría la selección de casos tener un sesgo, aunque se seleccionaron empresas de diferentes sectores. Este estudio también es el inicio y plantea la base para poder continuar buscando más casos y variables. En este análisis no existe la restricción de tener pocos casos y muchas variables. Pero se deben seleccionar el número de variables adecuado para poder encontrar una explicación lógica. En este estudio queda mucho trabajo por realizar. Sin embargo, aportó una perspectiva diferente para abordar la investigación. (Pérez 2008; Ragin 2014; Wagemann 2012).

Finalmente, es pertinente mencionar que este estudio fue posible gracias a que las instituciones como el CENAM y la EMA, después de 30 años han generado suficientes datos para que ahora se puedan incluir en los estudios y evaluar su efecto. Esta tesis contribuye de forma sustancial en el avance del conocimiento de la Gestión Tecnológica e Innovación, al incluir la perspectiva de la infraestructura de la calidad y al haber obtenido datos cuantitativos y cualitativos que denotan su importancia, y enfatizan que los estudios anteriores hasta ahora realizados no habían considerado la posibilidad de que la importancia de las variables en el

desarrollo socioeconómico depende del grado de avance en el que se encuentre, por lo que se considera que este estudio marca el inicio de esta línea de investigación.

REFERENCIAS

- Abernathy, W. and Utterback, J. (1978). Patterns of Industrial Innovation, *Technology Review*, 80(7): 40–7
- Areiza, G. (2017) El Análisis Comparado Cualitativo (QCA) a partir del modelo de Conjuntos Difusos (Fuzzy Sets) como estrategia metodológica para la investigación comparada en Ciencia Política. Asociación Latinoamericana de Ciencia Política. Recuperado de: <https://alacip.org/?todasponencias=el-analisis-comparado-cualitativo-qca-a-partir-del-modelo-de>
- Asheim, B. T.; Lawton, S. H. and Oughton, C. (2011). Regional Innovation Systems: Theory, Empirics and Policy. *Regional Studies*, Vol.45.7, pp. 875-891, July 2011.
- Asheim, T. e Iksan, A. (1997). Location, agglomeration and innovation: Towards regional innovation systems in Norway? *European Planning Studies*, 5(3), 399-330. <https://doi.org/10.1080/09654319708720402>
- Asheim, T.; Isaksen A.; and Trippel, M. (2019). Advanced Introduction to Regional Innovation Systems, 210 pp. *Edward Elgar publishing*.
- Banda, H., Gómez, D. y Carrión, L. (2016). La industria automotriz en el estado de Querétaro: ¿Cambio estructural? *Pensamiento & gestión*, 41, pp.36-59. <http://dx.doi.org/10.14482/pege.41.9719>
- Bastidas, R., V., Millan, L., N., Gonzalez-Díaz, R. y Serrano, P., E. (2020). Innovación y desempeño económico en México. *Revista Internacional multidisciplinaria, CIID Centro Internacional de Investigación y desarrollo*, 1(pp. 80-102). ISSN: 2711-3388
- BIPM, The CIPM MRA. <https://www.bipm.org/en/cipm-mra/>.
- BIPM, MRA-D-04 (2017). <https://www.bipm.org/utills/common/documents/CIPM-MRA/CIPM-MRA-D-04.pdf>

- BIPM, KCDB. Key Comparison Data Base. <https://www.bipm.org/kcdb/>
- BIPM, 2022. [CCQM - BIPM](#)
- Boisier, S. (2001). Sociedad del conocimiento, conocimiento social y gestión territorial. *Revista Internacional de Desarrollo Local*. Vol.2 N.3. p. 9-28. Set. 2001.
- Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. (2020, 1ro de julio). Ley de Infraestructura de la Calidad. [Ley de Infraestructura de la Calidad \(diputados.gob.mx\)](#)
- Campa, J. (2018). Patentes y desenvolvimiento tecnológico en México: un estudio comparativo entre la época de industrialización proteccionista y el régimen de apertura. *América Latina en la Historia Económica*, 25(3), 223-257. DOI: 10.18232/alhe.879
- Carbajal, Y., Almonte, L. y Mejía, P. (2016). La manufactura y la industria automotriz en cuatro regiones de México. Un análisis de su dinámica de crecimiento, 1980-2014. *Economía: Teoría y Práctica*. Nueva Época, número 45, julio-diciembre 2016, pp. 39-66, <http://www.izt.uam.mx/economiatyp/ojs>
- Casalet, M. (2000). The Institutional Matrix and Its Main Functional Activities Supporting Innovation, pp. 127-152. En Cimoli, C. (Ed). *Developing Innovation Systems. Mexico in a Global Context*, 326 pp. Routledge Taylor & Francis Group.
- Casalet, M. & Buenrostro, E. (2014). Central American regional integration in science, technology and innovation: a new challenge. *International Review of Sociology*. <http://dx.doi.org/10.1080/03906701.2014.933018>
- Castelazo, S. I. (2019). Orígenes del Centro Nacional de Metrología. Publicación conmemorativa a XXV años de su inauguración 1994-2019. Secretaría de Economía (SE)-CENAM. Gobierno de México. <https://www/cenam.mx/publicaciones/default.aspx>
- Castro, E. y Cázares, I. (2021). La Transferencia del conocimiento y las capacidades de medición y calibración en laboratorios nacionales de

- metrología. *Revista de Ciencias Económicas y Administrativas (CEA)*, 8(16).
<https://doi.org/10.22430/24223182.1834>
- Centro Nacional de Metrología, Servicios (2020). <http://www.cenam.mx/servicios/>
- CEPAL (2022). Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). *La Inversión Extranjera Directa en América Latina y el Caribe, 2022* (LC/PUB.2022/12-P), Santiago, 2022.
- Chesbrough, H. (2003). *Open Innovation: The New Imperative for Creating and Profiting from Technology*. Cambridge, MA: Harvard Business School Press.
- Christensen, C. (1997). *The Innovator's Dilemma: When New Technologies Cause Great Firms to Fail*. Boston, MA: Harvard Business School Press.
- Cicowiez, M. (2003). Caracterización Económico-Social de las Provincias Argentinas. Documento del Federalismo Fiscal No. 5. Departamento de Economía. Facultad de Ciencias Económicas. Universidad Nacional de la Plata. Recuperado de: <http://www.depeco.econo.unlp.edu.ar>
- Cooke, P. (1992). Regional Innovation Systems: Competitive Regulation in the New Europe. *Geoforum*, 23(3) pp.365-382. DOI: [10.1016/0016-7185\(92\)90048-9](https://doi.org/10.1016/0016-7185(92)90048-9)
- Cooke, P., Uranga M., Etxebarria, G. (1998). Regional systems of innovation: an evolutionary perspective. *Environment and Planning A*. 30, 1563-1584.
- Cooke, P., Heidenreich, M. and Braczyk, H.J. (2004). *Regional Innovation Systems*. Routledge, Taylor and Francis Group.
- Corona, T. (1999). *Enfoques económicos de la tecnología: Problemas y perspectivas*. UNAM. Centro de Investigaciones interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades.
- Corona, J.M., Dutrénit, G., Puchet, M. and Santiago, F. (2014). The Changing Role of Science, Technology and Innovation Policy in Building Systems of Innovation: The Case of Mexico. En Crespi, G. and Dutrénit, G. (Eds.), *Introduction to Science Technology and Innovation Policies for Development: The Latin American Experience* (pp. 15-44). Springer. [https://DOI 10.1007/978-3-319-04108-7](https://doi.org/10.1007/978-3-319-04108-7)

- Cornell University, INSEAD, and WIPO (2020). *The Global Innovation Index 2020: Who Will Finance Innovation?* Ithaca, Fontainebleau, and Geneva.
- Crespi, G. y D'Este, P. (2011). Análisis cuantitativo: la importancia del territorio en la información de los Sistemas Regionales de Innovación. En Llisterri, J. y Pietrobelli, C.; Larsson, M. (Eds.), *Los Sistemas Regionales de Innovación: experiencias concretas en AL*. 126 pp. Banco Interamericano de Desarrollo.
- Dei, D.J., and van der Walt, T.B. (2020). Knowledge management practices in universities: The role of communities. *Social Sciences & Humanities Open*. 2. <https://doi.org/10.1016/j.ssaho.2020.100025>
- Díaz, P. C. y Alarcón, O. M. (2018). Ciencia, Tecnología e Innovación en México: un análisis de la política pública. *Estudios Regionales en Economía, Población y Desarrollo. Cuadernos de trabajo de la UACJ*. 8(47). ISSN 2007-3739, (pp. 3-33)
- Díaz Rodríguez, M., González Ariza, A., Henao Pérez, A., Díaz Mora, M. (2013). *Introducción al Análisis Estadístico Multivariado Aplicado. Experiencia y casos en el Caribe colombiano*. Universidad del Norte Editorial. ISBN 978-958-741-927-6 (ePub), 260 pp.
- Diener, K.; Luettgens, D. and Piller, F. T.(2020). Intermediation for open innovation: comparing direct versus delegated search strategies of innovation intermediaries. *International Journal of Innovation Management*. 24, (4) <https://doi.org/10.1142/S1363919620500371>
- Dodgson, M., Gann, D. and Salter, A. (2008). *The Management of Technological Innovation: Strategy and Practice*. Oxford University Press. ISBN 978-0-19-920853-1 (pbk).
- Doloreaux, D. (2002). What we should know about regional systems of innovation. *Technology in Society*, 24,243-263. [https://10.1016/S0160-791X\(02\)00007-6](https://10.1016/S0160-791X(02)00007-6)
- Dutrénit, G., Capdevielle, M., Corona, A. J., Puchet, A. M., Santiago, F. y Vera-Cruza, A. (2010). *El Sistema Nacional de Innovación Mexicano: Instituciones, políticas, desempeño y desafíos*. Universidad Autónoma Metropolitana. ISBN: 978-9974-8231-0-5

- Dutrénit, G., Natera, J., Puchet, A., Vera-Cruza, A. (2019). Development profiles and accumulation of technological capabilities in Latin America. *Technological Forecasting & Social Change*, 145, 396-412. doi.org/10.1016/j.techfore.2018.03.026
- Entidad Mexicana de Acreditación (2022). Catálogo de laboratorios de calibración acreditados. EMA producción (consultaema.mx)
- European Commission (2004). *Innovation in Europe: Results for the EU, Iceland and Norway*. Luxembourg: European Commission. <https://www.europeansources.info/record/?p=286775>
- Feira, M. (2006). Las redes interinstitucionales en la construcción de un sistema regional de innovación. El caso de Aguascalientes. *CALEIDOSCOPIO* No. 19 ENERO-JUNIO
- Fernández, J. y Reyes, P. (2019). The influence of the regional context on firms' innovation patterns: evidence from Ecuador. *Technology Analysis & Strategic Management*, 32(5), 503-512. <https://doi.org/10.1080/09537325.2019.1671586>
- Fernández-Serrano, J., Martínez-Román, J. A. & Romero, I. (2018). The entrepreneur in the regional innovation system. A comparative study for high- and low-income regions. *Entrepreneurship & Regional Development an International Journal*.
- Freeman, Ch. (1974). *The Economics of Industrial Innovation*. Penguin Modern Economics Texts, Londres.
- Harmes-Liedtke, U. and Oteiza, D. (2019). *Measurement and Performance of Quality Infrastructure - A proposal for a Global Quality Infrastructure Index Version: Buenos Aires and Duisburg, Version 1, 5 December 2019*.
- Heindl, A.B. (2021). Does Innovation Capacity Building Help Regional Development? Policy Expert Narrations on Development in China's "West". *Journal of Current Chinese Affairs*, 00(0)1-24. DOI: 10.1177/1868102621997984

- Henderson, R. and Clark, K. (1990). Architectural Innovation: The Reconfiguration of Existing Product Technologies and the Failure of Established Firms. *Administrative Science Quarterly*, 35 (SI Technology, Organizations, and Innovation): 9–30. URL: <http://links.jstor.org/sici?sici=0001-8392%28199003%2935%3A1%3C9%3AAITROE%3E2.0.CO%3B2-U>
- Hollanders, H., Es-Sadki, N.; Merkelbach, I. and Khalilova, A. (2020). European Innovation Scoreboard 2020. European Union. [DocsRoom - European Commission \(europa.eu\)](https://ec.europa.eu/eurostat/tgm/table.do?tab=table&init=1&language=en&code=sdg_9_1_1)
- Ibusuki, U., Kaminski, P.C. & Bernardes, R.C. (2020). Evolution and maturity of Brazilian automotive and aeronautic industry innovation systems: a comparative study. *Technology Analysis & Strategic Management*. DOI: 10.1080/09537325.2020.1712352.
- IMCO (2021). Índice de competitividad 2021. [IMCO — ÍNDICE DE COMPETITIVIDAD INTERNACIONAL 2021](https://www.imco.es/indicadores/indice-de-competitividad-internacional-2021)
- INEGIa (2016). PIB y cuentas nacionales. Recuperado de <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/cn/pibe/default.aspx>
- INEGIb (2019). Base de datos de la encuesta sobre Investigación y Desarrollo Tecnológico. Recuperado de: [Encuesta Sobre Investigación y Desarrollo Tecnológico \(ESIDET\) 2017 \(inegi.org.mx\)](https://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/encuestas/sid/encuesta-sobre-investigacion-y-desarrollo-tecnologico)
- INEGIc, (2019). Censo Nacional de Gobierno Federal 2019. Presentación de resultados generales. <https://www.inegi.org.mx/programas/cngf/2019/>
- Intarakumnerd, P. and Akira, G. (2018). Role of Public Research Institutes in National Innovation Systems in Industrialized Countries: The cases of Fraunhofer, NIST, CSIRO, AIST, and ITRI. *Research Policy*, 47(11) pp 1309-1320. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2018.04.011>
- Intarakumnerd, P. and Chun, L.M. (2019). Chapter 6 Industrial Technology Upgrading and Innovation Policies: A Comparison of Taiwan and Thailand. *Emerging States at Crossroads, Emerging-Economy State and International Policy Studies*, K. Tsunekawa and Y. Todo (eds.), <https://doi.org/10.1007/978-981-13-2859-6>

- loi, T., Ono, M., Ishii, K., Kato, K. (2012). Analysis of a knowledge -management-based process transferring project management skills. *Campus-Wide Information Systems* 29(4). <https://doi.org/10.1108/10650741211253840>
- Isaacson, W. (2014). *Los Innovadores. Los Genios que inventaron el futuro.* Primera edición en español. Penguin Random House. ISBN 978-607-312-799-8
- ISO/IEC 17025:2005(es). Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración.
- Janssen, W., Haaker, T. and Bouwman, H. (2016). Chapter 21: Understanding open service innovation and the role of intermediaries. *Open Innovation: Bridging Theory and Practice Open Innovation: A Multifaceted Perspective*, pp. 571-600. https://doi.org/10.1142/9789814719186_0021
- JCGM, (2012). International vocabulary of metrology-Basic and general concepts and associated terms (VIM). JCGM 200:2012(E/F). JCGM 200:2012 International vocabulary of metrology - Basic and general concepts and associated terms (VIPM) (bipm.org)
- Jiménez, F., Fernández, I. y Menéndes, A. (2011). *Los Sistemas Regionales de Innovación: revisión conceptual e implicaciones en América Latina.* En Llisterri, J. y Pietrobelli, C., Larsson, M. (ed). *Los Sistemas Regionales de Innovación: experiencias concretas en AL.* 126 pp. Banco Interamericano de Desarrollo.
- Klerks, L., Álvarez, R. and Campusano, R. (2014). The emergence and functioning of innovation intermediaries in maturing innovation systems: the case of Chile. *Innovation and Development.*
- Lente, v. H., Hekkert, M., Smits, R. and Waveren, v. B. (2003). Roles of Systemic Intermediaries in Transition Processes. *International Journal of Innovation Management*, 7(3), pp. 247-279. <https://doi.org/10.1142/S1363919603000817>
- Ley de la Infraestructura de la Calidad, (LIC) (2020). DOF 01-07-2020
- Li, H., Li, Ch., and Wang, Z. (2021). An agent-based model for exploring the impacts of reciprocal trust on knowledge transfer within an organization.

- Link, A. (2022). *The Economics and Science of Measurement. A Study of Metrology.* Routledge. Taylor & Francis Group. ISBN: 978-1-003-18695-3 (ebk) <https://lccn.loc.gov/2021014889>
- Link, A. (2021): The economics of metrology: an exploratory study of the impact of measurement science on U.S. productivity. *Economics of Innovation and New Technology.* DOI: 10.1080/10438599.2021.1895905
- Link, A. and Scott, J. T. (2019). *The Social Value of New Technology.* Elgaronline. DOI10.4337/9781788116336
- Llisterri, J. y Pietrobelli, C. (2011). Los Sistemas Regionales de Innovación en América Latina. Colaboración de Larsson Mikael. Banco Interamericano de Desarrollo. 126 p
- Londoño-Patiño, J. y Acevedo-Álvarez, C. (2018). El aprendizaje organizacional (AO) y el desempeño empresarial bajo el enfoque de las capacidades dinámicas de aprendizaje, *Revista CEA*, 4(7), 103-118. <https://doi.org/10.22430/24223182.762>
- López, M. (2007). *La acreditación en México, sus primeros años.* NYCE. ISBN 970-9841-03-3
- Lundvall, B. A., Johnson, B., Sloth, A., Dalum, B. (2002). National systems of production, innovation and competence building. *Research Policy* 31, 213-231.
- Marchiori, D., Franco M. (2020). Knowledge transfer in the context of inter-organizational networks: Foundations and intellectual structures. *Journal of Innovation & Knowledge.* 5. <https://doi.org/10.1016/j.jik.2019.02.001>
- Medina, I., Castillo, P., Álamos-Concha P. y Rihoux, B. (2017). Análisis cualitativo comparado (QCA). Cuadernos Metodológicos 56. Centro de Investigaciones Sociológicas.

- Méndez, M., C. y Rondón, S., M. (2012). Introducción al análisis factorial exploratorio. Metodología de investigación y lectura crítica de estudios. Rev. Colomb.Psiquiat-, 4 (1).
- Muller, E., Doloreux, D., Heraud, J.A., Jappe, A., Zenker, A. (2008) Regional Innovation Capacities in New Member States: a Typology, Journal of European Integration, 30:5, 653-669, DOI: [10.1080/07036330802439624](https://doi.org/10.1080/07036330802439624)
- Navarro, M. (2009). Los sistemas regionales de innovación. Una revisión crítica. *Ekonomiaz* N. 70, cuatrimestre 2009. E-ISSN 2340-4051. <https://www.researchgate.net/publication/227428442>
- Navarro, M. y Gibaja, J. (2009). Las tipologías en los sistemas regionales de innovación. El caso de España. *Ekonomiaz*. 70, 241-281. E-ISSN 2340-4051
- Newbold, P., Carlson, W. y Thorne, B. (2008). *Estadística para Administración y Economía*. Pearson Education.
- Niembro, A. (2017). Hacia una primera tipología de los sistemas regionales de innovación en Argentina. Journal of regional Research. Investigaciones Regionales;38, 117-149. [Investigaciones Regionales – Journal of Regional Research](https://doi.org/10.1080/07036330802439624).
- Niembro, A. (2019). Problemas y necesidades de los sistemas regionales de innovación en Argentina. Hacia un enfoque territorial de las políticas de CTI. *Redes*, 25(48),17-55.
- Niembro, A. and Starobinsky, G. (2022). Looking at regional innovation systems and industrial knowledge bases from the South: An analysis of Argentine provinces. *International Journal of Technological Learning, Innovation and Development*. (in press). <https://www.researchgate.net/publication/358676555>
- OECD, (2011). Public Research Institutions: Mapping Sector Trends, OECD Publishing. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264119505-en>
- OMPI, (2018). Organización Mundial de la Propiedad Intelectual. www.wipo.int/econ_stat
- Pérez, A. (2008). El Método Comparativo: Fundamentos y desarrollos recientes. *Política Comparada*. ISSN 1852-1517.

- Pérez, C. O. (2019). Innovación y transferencia de tecnología en México. Un análisis empírico de datos panel. *Revista Iberoamericana para la investigación y el desarrollo educativo*, 10(19). <https://doi.org/10.23913/ride.v10i19.503>
- Pino, R. M. & Ortega, A: M. (2018) Regional innovation systems: Systematic literature review and recommendations for future research, *Cogent Business & Management*, 5:1, 1463606
- PNT, (2020). Instituto Nacional de acceso a la Información (México). Portal de Transparencia
- Ragin, Ch. (2014). *The Comparative Method. Moving beyond qualitative and quantitative strategies*, University of California Press. ISBN 978-0-520-06618-2
- Ragin, C. and Sean, D. (2016). *Fuzzy-Set/Qualitative Comparative Analysis 3.0*. Irvine, California: Department of Sociology, University of California.
- Ragin, C. (2018). *User's Guide to Fuzzy-Set/Qualitative Comparative Analysis 3.0*. Irvine, California: Department of Sociology, University of California.
- Reichert, S. (2022). The guardians of metrology. *Nature Physics*. <https://doi.org/10.1038/s41567-022-01511-4>
- Rózga, L.R. (2003). Sistemas regionales de Innovación: Antecedentes, Origen y Perspectivas. *Convergencia* septiembre-diciembre 2003, núm 33, pp. 225-248
- Sánchez Tovar, Y., García-Fernández, F., y Mendoza-Sánchez, E. (2014). Determinantes de la capacidad de innovación regional en México. Una tipología de las regiones. *Región y Sociedad*, XXVI (61), 119-160. DOI: 10.22198/rys.2014.61.a62
- Schot J., Steinmueller, W.E. (2018). Three frames for innovation policy: R&D, systems of innovation and transformative change. *Research Policy*, 47, 1554-1567. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2018.08.011>
- Soete, L. and Freeman, Ch. (1997) *The Economics of Industrial Innovation*.Routledge.

- Trippl, M. Y., Tödtling, F. (2007): Developing Bio- technology *Clusters* in Non-high Technology Re- gions-The Case of Austria, *Industry and Innovation*, 14(1), 47-67.
- Tushman, M., Anderson, Ph. (1986). Technological Discontinuities and Organizational Environments. *Administrative Science Quarterly*, 31, 3. pp. 439-465. Stable URL: <http://links.jstor.org/sici?sici=0001-8392%28198609%2931%3A3%3C439%3ATDAOE%3E2.0.CO%3B2-L>
- UNAM, (2020). Base de datos execum. datos <http://www.execum.unam.mx/#>.
- Unger, K., & Chico, R. (2004). La industria automotriz en tres regiones de México. un análisis de clusters. *El Trimestre Económico*, 71(284(4)), 909–941. <http://www.jstor.org/stable/20856840>
- Unger, K. (2017). Innovación, competitividad y rentabilidad en los sectores de la economía mexicana. *Gestión y Política Pública*, XXVII 1), 3-37.
- Unger, K., Flores, D., Pérez, L. (2019). Competitividad y especialización en el Bajío mexicano: ¿acaso una región homogénea? *Paradigma Económico*, 11(2), p. 117-151. DOI: <https://doi.org/10.36677/paradigmaeconomico.v11i2.13075>.
- Valdez, L. and León, I. (2015). Efficiency of Mexico's regional innovation systems: an evaluation applying data envelopment analysis (DEA). *African Journal of Science, Technology, Innovation and Development*, 2015 Vol. 7, No. 1, X–XX, <http://dx.doi.org/10.1080/20421338.2014.979652>.
- Vaz, E., de Noronha, V. T., Vicente, G.P. and Nijkampb P. (2014). Modelling innovation support systems for regional development – analysis of cluster structures in innovation in Portugal. *Entrepreneurship & Regional Development*, 2014 Vol. 26, Nos. 1–2, 23–46, <http://dx.doi.org/10.1080/08985626.2013.860193>
- Vivar M., Garrido, R. y Gallo, M. (2010). Los Sistemas Regionales de Innovación: Una caracterización para el caso de Chile. International Meeting on Regional Science. The Future of the Cohesion Policy. [Microsoft Word - SRI Chile Septiembre 2010 \(aecr.org\)](#)

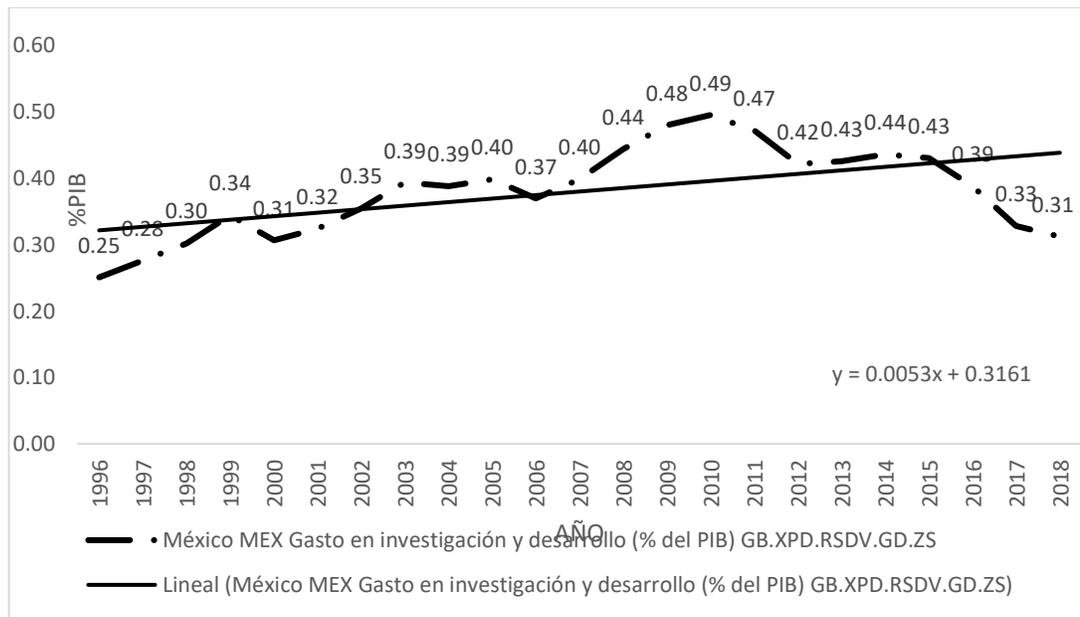
Von Hippel, E. (2005). Democratizing Innovation. MIT Press. 0-262-00274-4. **cc. creative commons.**

Wagemann, C. (2012). ¿Qué hay de nuevo en el método comparado?: QCA y el análisis de los conjuntos difusos. Revista Mexicana de Análisis Político y Administración Pública.1:1, pp.51-75. ¿Qué hay de nuevo en el Método Comparado?: QCA y el análisis de los conjuntos difusos | Wagemann | Revista Mexicana de Análisis Político y Administración Pública (ugto.mx)

WIPO (2021). Global Innovation Index 2021. SBN (online): 978-92-805-3307-1
DOI: 10.34667/tind.44315

ANEXO I

Gasto en Investigación y desarrollo (% PIB)



Elaboración propia.

Fuente:

ANEXO II

1 Tabla A-II.1 Resumen de respuestas del instrumento de encuesta aplicado a las empresas ITEM1 al ITEM6. Elaboración propia

Caso	ITEM1 ¿En qué estado de la República se encuentra su empresa?	ITEM2 ¿A qué sector productivo pertenece su empresa?	ITEM3 ¿Con cuántos empleados cuenta la empresa?	ITEM4 ¿En qué nivel de maduración tecnológica se encuentra su empresa?	ITEM5 ¿Qué nivel de conectividad tiene su empresa?	ITEM6 ¿Cuentan con un departamento o laboratorio de metrología?
1	Querétaro					
2	Jalisco	Eléctrica/electrónica	11 a 50	OEM		SÍ
3	Querétaro	Automotriz	51 a 250	TIER 1		SÍ
4	ciudad de México	Salud - Dispositivos médicos	51 a 250	OEM		NO
5	El Marqués, Querétaro	Automotriz	251 en adelante	TIER 1	frontrunners (está adoptando las tecnologías de frontera)	SÍ
6	Querétaro	Aeroespacial	251 en adelante	TIER 3	adopter (aumenta la demanda de conectividad de alta velocidad a la nube para facilitar la digitalización)	SÍ
7	Querétaro	Automotriz	51 a 250	TIER 2	starter (etapas iniciales de la construcción de la infraestructura de TIC)	SÍ
8	QUERETARO	Aeroespacial	251 en adelante	TIER 2	adopter (aumenta la demanda de conectividad de alta velocidad a la nube para facilitar la digitalización)	SÍ
9	Jalisco	Se le otorgan los servicios a todos estos sectores	0 a 10	Desconozco estos niveles, me pueden enviar explicación para dar una respuesta concreta?	frontrunners (está adoptando las tecnologías de frontera)	SÍ
10	Querétaro	Automotriz	0 a 10	ISO 9001:2008	starter (etapas iniciales de la construcción de la infraestructura de TIC)	NO

2 Tabla A-II.2. Resumen de respuestas instrumento de encuesta aplicado a las empresas ITEM7 al ITEM9.

Caso	ITEM7 ¿Quién le ofrece servicios metrológicos como calibración, capacitación etc.?	ITEM8 ¿Cuántos desarrollos de nuevos productos o servicios ha generado en los últimos 5 años?	ITEM9 ¿Qué factores considera que han influido para el desarrollo de nuevos servicios?
1			
2	Laboratorio secundario nacional	6	Colaboración con instituciones privadas, Inversión en I+D, Colaboración internacional
3	Laboratorio secundario nacional	0	Colaboración internacional
4	Laboratorio secundario nacional, Entidad mexicana de acreditación (ema)	7. Tratamos de que sean al menos 2 por año, por todo el tramite regulatorio que hay que cumplir, pero con la pandemia tuvimos que retrasar cosas	Personal capacitado en metrología, Colaboración con instituciones privadas
5	Laboratorio secundario nacional, CENAM, Entidad mexicana de acreditación (ema)	7 proyectos	Personal capacitado en metrología, Servicios metrológicos cercanos, Colaboración con instituciones públicas, Colaboración con instituciones privadas, Inversión en I+D
6	Laboratorio secundario nacional	500	Personal capacitado en metrología, Inversión en I+D
7	Laboratorio secundario nacional	7	Personal capacitado en metrología, Servicios metrológicos cercanos
8	Laboratorio secundario nacional, CENAM, Entidad mexicana de acreditación (ema)	Cientos.	Servicios metrológicos cercanos
9	Laboratorio secundario nacional, CENAM, Entidad mexicana de acreditación (ema), Ensayos de Aptitud Internacionales	8	Personal capacitado en metrología, Servicios metrológicos cercanos, Colaboración con instituciones públicas, Colaboración con instituciones privadas, Inversión en I+D, Colaboración internacional, Apoyo de programas gubernamentales tanto estatales como federales
10	Laboratorio secundario nacional	2	Colaboración con instituciones públicas

3 Tabla A-II.3 Resumen de respuestas instrumento de encuesta aplicado a las empresas ITEM10 al ITEM16.

Caso	ITEM10	ITEM11	ITEM12	ITEM13	ITEM14	ITEM15	ITEM16
	¿El personal capacitado en metrología influye en el desarrollo de nuevos servicios?	¿Los nuevos servicios y productos de su empresa se relacionan con el mejoramiento de su infraestructura de medición?	¿La infraestructura metrológica fuera de su empresa le sirve como apoyo tecnológico para el desarrollo de nuevos productos o servicios?	¿Considera que su ubicación geográfica le proporciona una ventaja competitiva?	¿La colaboración con instituciones públicas es importante para el desarrollo de nuevos servicios?	¿La colaboración con instituciones privadas es importante para el desarrollo de nuevos servicios?	¿Qué porcentaje de su presupuesto invierte en I+D?
		3	4	3	3	2	
	2	3	3	3	3	3	
	4	4	4	4	4	4	
	3	2	3	4	3	3	2
	4	4	4	4	3	4	8 %
	3	3	2	3	2	2	No se
	4	4	4	2	4	4	0% por el momento
	3	3	3	4	2	2	No conozco ese dato de manera global pero a nivel local no se destina un rubro a ese punto.
	4	4	3	3	4	4	10%
	4	4	4	4	4	4	20%

ANEXO III

Instrumento aplicado a las empresas

METROLOGÍA E INNOVACIÓN

El presente formulario forma parte de una investigación en Gestión Tecnológica y tiene por objeto identificar en qué medida la metrología contribuye al desarrollo tecnológico. Los resultados obtenidos formarán parte de un estudio más grande y su participación es anónima. El estudio se lleva a cabo en la Universidad Autónoma de Querétaro. Los resultados finales del estudio se compartirán con los participantes. Agradecemos de antemano su valiosa participación.

NOTA: Los resultados del estudio se enviarán al correo electrónico solicitado en el primer reactivo.

1. ¿En qué estado de la República se encuentra su empresa? *

2. ¿A qué sector productivo pertenece su empresa? *

Marca solo un óvalo.

- | | |
|-----------------------|-----------------------|
| <input type="radio"/> | Automotriz |
| <input type="radio"/> | Aeroespacial |
| <input type="radio"/> | Metal-mecánica |
| <input type="radio"/> | Eléctrica/electrónica |
| <input type="radio"/> | Alimentaria |
| <input type="radio"/> | Otros: _____ |

3. ¿Con cuántos empleados cuenta la empresa? *

Marca solo un óvalo.

- 0 a 10
- 11 a 50
- 51 a 250
- 251 en adelante

4. ¿En qué nivel de maduración tecnológica se encuentra su empresa? *

Marca solo un óvalo.

- TIER 1
- TIER 2
- TIER 3
- OEM
- MRO
- Otros: _____

5. ¿En sus procesos utilizan internet para transferir datos de medición? *

Selecciona todas las opciones que correspondan.

- Dentro de la empresa
- Con los clientes Ambos
- Otros: _____

6. ¿En sus procesos utilizan mecanismos automatizados de medición? *

Marca solo un óvalo.

- SÍ
 NO

7. ¿Qué nivel de conectividad tiene su empresa? *

Marca solo un óvalo.

- Starter (etapas iniciales de la construcción de la infraestructura de TIC)
 Adopter (aumenta la demanda de conectividad de alta velocidad a la nube para facilitar la digitalización)
 Frontrunners (está adoptando las tecnologías de frontera)
 Otros: _____

8. ¿Cuentan con un departamento o laboratorio de metrología? *

Marca solo un óvalo.

- SÍ
 NO

9. ¿Quién le ofrece servicios metrológicos como calibración, capacitación etc.? *

Selecciona todas las opciones que correspondan.

- Laboratorio secundario nacional
 Laboratorio secundario extranjero
 CENAM
 Entidad mexicana de acreditación (ema)
 Otros: _____

10. ¿Cuántos desarrollos de nuevos productos o servicios ha generado en los últimos 5 años?

11. ¿Qué factores considera que han influido para el desarrollo de nuevos servicios? *

Selecciona todas las opciones que correspondan.

- Personal capacitado en metrología
- Servicios metrológicos cercanos
- Colaboración con instituciones públicas
- Colaboración con instituciones privadas
- Inversión en I+D
- Colaboración internacional
- Otros: _____

12. ¿El personal capacitado en metrología influye en el desarrollo de nuevos servicios?

Marca solo un óvalo.

Sin relación

1

2

3

4

Son determinantes

13. ¿Los nuevos servicios y productos de su empresa se relacionan con el mejoramiento de su infraestructura de medición?

Marca solo un óvalo.

Sin relación

 1

 2

 3

 4

Son determinantes

14. ¿La infraestructura metrológica fuera de su empresa le sirve como apoyo tecnológico para el desarrollo de nuevos productos o servicios?

Marca solo un óvalo.

Sin relación

 1

 2

 3

 4

Son determinantes

15. ¿Considera que su ubicación geográfica le proporciona una ventaja competitiva? *
Marca solo un óvalo.

Sin relación

 1

 2

 3

 4

Son determinantes

16. ¿La colaboración con instituciones públicas es importante para el desarrollo de nuevos servicios?
Marca solo un óvalo.

Sin relación

 1

 2

 3

 4

Son determinantes

17. ¿La colaboración con instituciones privadas es importante para el desarrollo de nuevos servicios?

Marca solo un óvalo.

—

—

1

—

2

—

3

—

4

—

—

18. ¿Qué porcentaje de su presupuesto invierte en I+D? *

Google no creó ni aprobó este contenido.

Google

Formularios

