



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN ECONOMIA

FACULTAD DE ECONOMÍA

ECONOMÍA URBANA Y REGIONAL

**Localización e impacto regional de las actividades de ciencia y tecnología en México. El caso de la biotecnología 1994 -2016.**

## TESIS

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

Maestro en Economía

PRESENTA:

Tomás Adán Estrada Reyes

TUTOR:

Dra. Marcela Amaro Rosales

Instituto de Investigaciones Sociales, UNAM

MIEMBROS DEL JURADO:

Dra. Seyka Verónica Sandoval Cabrera

Facultad de Economía, UNAM

Dr. Mario Alberto Morales Sánchez

Facultad de Economía, UNAM

Dr. Adolfo Sánchez Almanza

Instituto de Investigaciones Económicas, UNAM

Dr. José Miguel Natera Marín

UAM - Xochimilco

Ciudad Universitaria, Cd. Mx., enero de 2019



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## Índice

Introducción.....	1
Capítulo 1. La importancia del conocimiento en el crecimiento económico.....	5
Introducción.....	5
1.1. Las explicaciones ortodoxas del crecimiento.....	5
1.1.1. La función de producción neoclásica.....	6
1.1.2. El modelo neoclásico del crecimiento económico.....	7
1.1.3. Los modelos de crecimiento endógeno.....	9
1.2. El crecimiento económico visto desde la Economía de la Innovación.....	12
1.2.1. La discusión sobre el residuo de Solow.....	12
1.2.2. La innovación como fuente de cambio tecnológico.....	14
1.2.3. Aportes de la biología, ciencia cognitiva, evolución y complejidad a la economía de la innovación.....	17
1.3. El conocimiento como factor de producción.....	19
1.3.1. Aportes de la economía clásica al análisis del conocimiento.....	19
1.3.2. Conocimiento como bien económico y fallas de mercado.....	22
1.3.3. Conocimiento aplicado a la economía (Conocimiento codificado y conocimiento tácito).....	23
1.4. Economías Basadas en el Conocimiento.....	25
1.4.1. Definición de economías basadas en el conocimiento.....	26
1.4.2. Elementos clave de las economías basadas en el conocimiento.....	27
1.5. Conclusiones del capítulo.....	29
Capítulo 2. Interdependencia de la región y los sectores científico – tecnológicos.....	31
Introducción.....	31
2.1. localización del cambio tecnológico.....	31
2.1.1. Definición de Cambio Tecnológico Localizado.....	32
2.1.2. Origen y teorías que convergen en la idea de localización.....	33
2.1.3. Fundamentos microeconómicos.....	35
2.1.3.1. Modelo de costos.....	35
2.1.3.2. Modelo de productividad.....	36
2.1.3.3. Modelo de difusión.....	38
2.1.4. Localización regional.....	39
2.1.5. Dependencia de la trayectoria.....	41
2.2. Economía Regional.....	42
2.2.1. Unidades espaciales.....	43

2.2.2.	Espacio económico.....	45
2.2.3.	Teorías de la localización.....	46
2.2.4.	Nueva Geografía Económica.....	47
2.2.5.	Análisis Regional.....	48
2.3.	Economía Urbana.....	51
2.3.1	Economías de aglomeración.....	51
2.3.2.	Modelos de las economías de aglomeración.....	52
2.3.2.1.	Insumos intermedios.....	52
2.3.2.2.	Efectos de auto – refuerzo.....	53
2.3.2.3.	Oferta de trabajadores.....	53
2.3.2.4.	Derramas de conocimiento.....	54
2.4.	Modelos territoriales de Innovación.....	58
2.4.1.	Resumen de los principales modelos.....	58
2.4.2.	Sistema Regional de Innovación.....	60
2.4.3.	Modelo de impacto regional de la ciencia y tecnología.....	61
	Conclusiones.....	63
	Capítulo 3. Elementos metodológicos para el análisis territorial de impacto y localización.....	65
3.1.	Definición sectorial.....	66
3.2.	Análisis regional.....	66
3.2.1.	Regionalización funcional.....	66
3.2.2.	Estructura económica. Especialización y diversificación.....	67
3.1.3.	Base económica y variación.....	69
3.2.4.	Participación y cambio.....	71
3.3.	Planteamiento econométrico.....	73
3.3.1.	Modelo de derramas de empleo.....	73
3.3.2.	Modelo de convergencia.....	74
3.4.	Análisis espacial.....	76
3.4.1.	Índice de Moran.....	76
3.4.2.	Matriz de pesos espaciales.....	76
	Capítulo 4. Localización e impacto regional de los sectores científico – tecnológicos en la región centro de México y regionalización del sector biotecnológico en México.....	79
4.1.	Análisis nacional.....	80
4.1.1.	Definición sectorial.....	80
4.1.2.	Análisis regional.....	83

4.1.3. Patrones de localización del sector biotecnológico.....	85
4.3. Análisis de la región centro de México.....	92
4.3.1. Regionalización económico – funcional.....	93
4.3.2. Estructura y dinámica económica.....	95
4.3.2.1. Especialización y diversificación económica.....	96
4.3.2.2. Dinámica y transformación regional.....	98
4.3.2.3. Participación y cambio regional.....	100
4.4. Derramas de empleo.....	102
4.3.1. Derramas de empleo de los sectores CyT en la región centro de México.....	103
4.3.1.1. Dependencia espacial.....	103
4.3.1.2. Modelos de sección cruzada.....	105
4.3.1.3. Modelos panel y panel espaciales.....	106
4.3.2. Área funcional de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México.....	108
4.3.3. Zona metropolitana de la Ciudad de México.....	109
4.4. Convergencia en el crecimiento de la productividad.....	111
4.4.1. Macro – región Centro de México.....	111
4.4.1.1. Dependencia espacial.....	111
4.4.1.2. Modelos de sección cruzada, 2014.....	112
4.4.1.3. Modelos Panel.....	114
4.4.1.4. Modelos Panel espacial.....	114
4.4.2. Área funcional y Zona Metropolitana de la Ciudad de México.....	115
4.5. Conclusiones.....	119
Conclusiones generales.....	122
Bibliografía.....	125

## **Introducción.**

La presente investigación está dedicada a explorar la relación que guardan las actividades económicas basadas en la ciencia y tecnología con la economía de la región donde se localizan. De forma concreta, la pregunta de investigación que se busca responder es ¿cómo se localizan los sectores científicos y tecnológicos y cuál es su impacto económico en el territorio? Para poder responder esta pregunta de manera apropiada se descompuso en dos preguntas distintas pero relacionadas: ¿cómo se explica la localización de los sectores científico – tecnológicos en México, en particular del sector biotecnológico? y ¿Cuál es el efecto de los sectores científico – tecnológicos en la economía de la región centro de México? De esta manera, se abarca el problema de la localización con la exploración espacial de los sectores científicos y tecnológicos en general y con el caso del sector biotecnológico en particular. Para tener un mejor análisis de impactos económicos se concentra la atención en la región centro de México.

La hipótesis central de la investigación es que los sectores científicos y tecnológicos siguen un patrón de localización en el territorio y producen efectos económicos positivos en la región donde se localizan. De manera particular se supone que la localización de los sectores científico – tecnológicos en el territorio mexicano sucede en función de las economías de aglomeración, por lo que se integran funcionalmente con la estructura económica de la región en cuestión, para detallar esta hipótesis se usa el caso del sector biotecnológico. Por otra parte, se propone que la presencia y desarrollo de los sectores de ciencia y tecnología en la región centro de México impactan en la economía regional con derramas en el empleo de los sectores y con crecimiento económico con convergencia de la región.

La investigación se delimita en términos temporales en el periodo 1994 – 2016. Sobre esta delimitación se deben considerar distintos cortes temporales para poder abarcar los objetivos de la investigación. El año de 1994 se elige como año de inicio del periodo de investigación porque constituye un “quiebre” histórico en el sistema de ciencia y tecnología en México. En 1994 termina un proceso de política explícita en ciencia y tecnología en México, a partir de la entrada de México al Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN) el estado deja de ser el actor principal en la política de ciencia y tecnología, aunque “se abren posibilidades institucionales de acceso y cooperación científica y tecnológica con los sectores de vanguardia” (Corona, 2006). Para comprobar la existencia de derramas de empleo se usaron series estadísticas del periodo 1999 – 2014 y para

demostrar crecimiento con convergencia se emplearon series del periodo 2004 – 2014. Finalmente se ocuparon datos del año 2016 para explorar la presencia y dimensión del sector biotecnológico en el territorio mexicano.

En esta investigación la dimensión espacial desempeña un papel clave, no sólo sirve para delimitar el objeto de estudio, sino, principalmente, funciona como una variable estratégica en la demostración de hipótesis. En un primer nivel se considera al territorio nacional para explorar la presencia y localización de los sectores de análisis. En un nivel más profundo se emplea la región centro de México (Ciudad de México, Estado de México, Hidalgo, Morelos, Querétaro, Puebla y Tlaxcala) para demostrar los impactos de los sectores de estudio en la economía del territorio, en este mismo nivel se usan las características del territorio como variable de análisis y como elemento importante de las modelaciones econométricas que miden impacto en derramas de empleo y crecimiento económico con convergencia.

Los sectores económicos de interés se refieren a las actividades económicas basadas en el conocimiento y que propician el cambio tecnológico que explica el crecimiento económico. Se toma como referencia el sistema de clasificación industrial de América del Norte (INEGI, 2018) para escoger los sectores, subsectores, ramas y subramas con una función de producción con uso intensivo del conocimiento como insumo principal. Para medir el efecto de crecimiento con convergencia de estas actividades en la región se usaron las variables de la economía basada en el conocimiento, capital humano, conectividad y uso de tecnologías de la información y comunicación, sistema de innovación y estructura productiva.

Con los elementos planteados se da respuesta a la pregunta de investigación y se constatan las hipótesis propuestas. Para cumplir con los objetivos señalados se dividió la investigación en cuatro capítulos. La parte teórica se expone en los dos primeros capítulos, el capítulo tres trata los aspectos metodológicos y el capítulo cuatro muestra los resultados empíricos de la investigación.

En el capítulo uno explora el crecimiento económico desde la teoría neoclásica. Se retoma la función de producción agregada, el modelo de crecimiento de Solow para contextualizar el crecimiento económico, con los modelos del crecimiento endógeno se incorpora la idea del crecimiento conducido por los sectores de investigación y desarrollo y capital humano. Se incorpora a la economía de la innovación como campo que explica el crecimiento

económico en función del cambio tecnológico impulsado por la innovación. Avanzando en esta ruta teórica se considera el papel del conocimiento como factor de producción e insumo básico de la innovación, investigación y desarrollo y capital humano. Finalmente se expone la teoría de las economías basadas en conocimiento como modelo que explica el crecimiento en función de variables como el sistema de innovación, estructura productiva, capital humano y uso de tecnologías de la información y comunicación.

El capítulo dos continua con la ruta teórica iniciada en el capítulo uno, pero poniendo énfasis en las teorías de la economía urbana y regional. El capítulo inicia desarrollando la teoría del cambio tecnológico localizado como bisagra entre la economía de la innovación y la economía urbana y regional, además de que expone los fundamentos microeconómicos de la localización del cambio tecnológico. Una vez planteada la importancia de la localización del cambio tecnológico se incorporan las teorías de la localización y el análisis regional. Posteriormente se exponen los modelos de las economías de localización y urbanización. En el último apartado del capítulo se revisan los modelos territoriales de innovación y se propone un modelo territorial de localización e impacto de sectores científico – tecnológicos.

El capítulo tres expone la metodología empleada en la investigación. La metodología se construyó en función de los elementos teóricos expuestos en los capítulos iniciales. Se emplea la regionalización funcional y el análisis regional para determinar la región de impacto de los sectores de análisis. Los modelos econométricos empleados tienen como fundamento la teoría del crecimiento endógeno y economías basadas en el conocimiento. El modelo de crecimiento con convergencia se diseña a partir de la propuesta de Barro y Sala i Martin (1996) pero se adapta para incorporar las variables de la economía basada en el conocimiento. El modelo de derramas en el empleo incorpora elementos de la teoría del crecimiento endógeno, de la economía regional y de la economía de la innovación, además, de que se incorpora la definición de sectores científico – tecnológicos como actor central. Para ambos modelos se exponen las modelaciones tradicionales y se presenta una versión especificada con econometría espacial que da cuenta de la influencia del factor espacial en los efectos de los sectores científico – tecnológico y de las economías basadas en el conocimiento en la región de análisis.

Finalmente, en el capítulo cuatro se exponen los resultados de las pruebas empíricas. Se muestra la localización de los sectores científico – tecnológicos en general y del sector biotecnológico en particular, con el que se demuestran los patrones de localización en función de los modelos de las economías de aglomeración. Posteriormente, se exponen los

resultados de la regionalización funcional y del análisis regional de la región centro de México, con lo que se permite incorporar indicadores y elementos de la estructura económica de la región a la formulación econométrica que mide los impactos económicos de los sectores de interés en la región de estudio. De esta manera, en los dos últimos apartados del capítulo se exponen los resultados de los modelos econométricos empleados en la investigación. Se demuestra que los sectores científicos y tecnológicos producen derramas de empleo en la región centro, además de que se encuentra evidencia que el factor espacial también contribuye en dicha producción de derramas. En cuanto al modelo de crecimiento económico con convergencia se obtiene que las economías del conocimiento producen crecimiento con convergencia en la región centro, donde, el factor espacial también contribuye en el crecimiento con convergencia. Finalmente, se cierra la investigación con una sección breve de conclusiones generales que enlazan los resultados de cada capítulo y reafirman las hipótesis que dan respuesta a la pregunta de investigación.

## **Capítulo 1. La importancia del conocimiento en el crecimiento económico.**

### **Introducción.**

El objetivo de este capítulo es mostrar la importancia que tienen los sectores de ciencia y tecnología en el crecimiento económico. Si bien, el objetivo general de esta investigación es medir el impacto económico que tienen los sectores de Ciencia y Tecnología en la Región Centro de México, este capítulo se enfoca en ¿cómo es que el conocimiento forma parte importante del proceso de crecimiento en la economía? y ¿cómo es que este proceso se concentra en sectores económicos en específico? Este recorrido teórico y conceptual permitirá formar el marco teórico referencial para el posterior análisis empírico.

Para llevar a cabo esta tarea, se parte del concepto de *crecimiento económico* con el fin de arribar a la definición de sectores de ciencia y tecnología en la economía. En la siguiente sección de este capítulo se aborda el problema del crecimiento en la economía y se debate con la teoría neoclásica sobre los determinantes del crecimiento; posteriormente, se aborda la explicación del crecimiento y sus determinantes desde la perspectiva de la economía de la innovación; con esto se construye el marco para abordar el problema del conocimiento como el factor de producción clave en el crecimiento económico; en el quinto apartado de este capítulo se describe la teoría de la economía basada en el conocimiento como modelo ideal para propiciar el crecimiento; finalmente se concluye el capítulo con una sección de comentarios finales, los cuales resumen el capítulo y tratan de delinear el corte sectorial de la presente investigación.

### **1.1. Las explicaciones ortodoxas del crecimiento.**

Iniciar el estudio del crecimiento económico es complicado, pues se trata de un fenómeno macroeconómico que se estudia a partir de información agregada, pero que en términos teórico - metodológicos implica el uso de herramientas microeconómicas. Normalmente se estudia el crecimiento del producto de un determinado país, o se compara el crecimiento de un conjunto de países, utilizando una versión agregada de la función de producción neoclásica.

Los estudios empíricos demuestran que el crecimiento económico es un fenómeno que tiende a la no convergencia entre países, los resultados encontrados muestran que hay un conjunto de países que crecen rápido y otros que crecen a tasas bajas e intermedias (Ros, 2004). En México, existen estudios que demuestran que el crecimiento por entidad federativa no converge en el largo plazo (Esquivel, 1999). La teoría económica se ha dado

a la tarea de investigar los patrones y las explicaciones del crecimiento y sus determinantes, sin embargo, aún existen preguntas resueltas de manera insuficiente o no resueltas.

Antes de abordar las distintas explicaciones del crecimiento económico se hará una aclaración pertinente. El crecimiento económico es entendido como el aumento nivel de ingreso, en este sentido, distintos niveles de crecimiento corresponden a distintos niveles de ingreso. Puntualmente se considera como indicador de crecimiento al ingreso per cápita (ingreso por trabajador multiplicado por la proporción de trabajadores en la población total) (Ros, 2004). De manera más específica, en esta investigación, se hace referencia al crecimiento económico como la capacidad de incrementar la cantidad de producto por trabajador en una economía, es decir, el incremento de la productividad será la referencia de crecimiento económico.

### **1.1.1. La función de producción neoclásica.**

La economía ortodoxa brinda el marco de análisis del crecimiento mediante la función de producción, esta función es un instrumento que explica que la cantidad de producto está determinada por la relación entre el trabajo (L) y el capital (K). Sobra mencionar que se trata de un marco teórico y metodológico a nivel microeconómico, es decir, es un marco construido para el análisis del agente individual. Tanto la teoría del consumidor como la teoría del productor hacen uso de la agregación de las funciones de producción y utilidad individuales para construir las funciones de oferta y demanda. En términos metodológicos, el problema de la agregación ha alimentado una serie de debates y críticas a la economía neoclásica (Felipe y McCombie, 2005; Keen, 2014). Actualmente la función de producción agregada se sigue usando para medir la cantidad de producto en una economía, para estimar elasticidades precio – demanda de los factores con el fin de predecir cambios en la producción cuando cambia la tecnología, también se usa para estudiar las fuentes del crecimiento, contrastar teorías y evaluar la política económica. Partir de esta función es importante, pues, aunque se trata de un concepto microeconómico que describe la tecnología (entendida como relación capital - trabajo) con la que se obtiene el máximo producto en un contexto de optimización y asignación eficiente, es la base teórica de los modelos que se usan para estudiar el tema de interés en esta investigación.

Los problemas de agregación terminaron por aceptarse en un núcleo importante de los economistas (con reservas) y reconocer que las condiciones de agregación de bienes heterogéneos son matemáticamente inverosímiles (Felipe y McCombie, 2005: 55). Es hasta

los trabajos de (Cobb, C. W. y Douglas P.H., 1928) que se argumentó que la función de producción agregada tiende a dar buenos resultados en estimaciones empíricas; es decir, los coeficientes obtenidos tienen buen ajuste con las proporciones de los factores en el producto<sup>1</sup>. A partir de entonces, el uso de la función de producción agregada se generaliza y se entiende como la demostración empírica de la teoría neoclásica de la distribución. Sobra mencionar que las críticas a los trabajos de Cobb y Douglas fueron abundantes. Una crítica importante es que esta función no refleja el progreso técnico y no da cuenta del crecimiento del producto. La aproximación al crecimiento se infiere de manera residual. Se intentó considerar el progreso tecnológico mediante la tendencia de la regresión, pero resultó que el coeficiente del capital era negativo, por lo cual perdía sentido la estimación.

Sobre la función Cobb – Douglas, se observa que los datos deben indicar la existencia de rendimientos constantes a escala ( $\alpha + \beta = 1$ ) y rendimientos decrecientes del capital. Otro elemento de duro debate es que esta función no contempla el progreso técnico como variable independiente y todo el peso sobre la explicación del producto cae sobre la acumulación de capital. Tampoco muestra el nivel de crecimiento como tal, sino sólo el nivel agregado del producto. En un esfuerzo por avanzar en la explicación del crecimiento el economista norteamericano Robert Solow plantea su famoso modelo de crecimiento, el cual es una teoría de cómo la economía converge a un estado de equilibrio en el largo plazo.

### **1.1.2. El modelo neoclásico del crecimiento económico.**

En términos muy generales el modelo de crecimiento estándar contempla dos factores de producción: capital físico y trabajo; la tasa de ahorro es constante y la tecnología es la misma para cada  $i$ ; tal como la función Cobb – Douglas, la producción se realiza bajo condiciones de rendimientos constantes a escala y rendimientos decrecientes del capital; hay pleno empleo; y la ley de Say se cumple, lo que quiere decir que el ahorro e inversión son iguales y no hay problemas de demanda efectiva. El supuesto interesante para el análisis es que el progreso técnico es exógeno y neutral en el sentido de Harrod<sup>3</sup>, el cual crece a una tasa  $\beta$ , aumenta la productividad sin cambiar la relación capital – trabajo (Ros, 2004). Formalmente el modelo se expresa de la siguiente manera  $Y = K^\alpha (EL)^{1-\alpha}$  con  $\alpha < 1$ . Donde,  $Y$  es el producto,  $K$  es la dotación de capital y  $EL$  es el insumo de trabajo efectivo. De este modelo se desprende que, en el tiempo, la dotación de factores y tecnología

---

<sup>1</sup> La función de producción se plantea de la siguiente manera  $Q = f(K, L)$

<sup>2</sup>  $i$  se usa para referirse a cada agente en cuestión, en el modelo original de 1956 se consideran países.

<sup>3</sup> Tasa de ahorro multiplicada por la relación producto – capital.

cambian. Se considera la tasa de depreciación  $\delta$ , la tasa de crecimiento de la población  $\eta$  y el progreso técnico a una tasa  $\beta$  (Ros, 2004).

Es importante recordar que la noción de crecimiento que ofrece este modelo es la del tránsito al estado estacionario de una economía en el largo plazo, es decir, se trata de la ruta que sigue una economía desde su nivel de producción en  $t$ , hasta llegar al nivel de crecimiento de equilibrio (estado estacionario). Los resultados de este modelo son dos: 1) la economía converge en un equilibrio de largo plazo con tasas de crecimiento del producto y de capital igual a la tasa natural del modelo de Harrod-Domar, y 2) cuando una economía está fuera de la trayectoria de equilibrio, la tasa de crecimiento será más alta si se encuentra por debajo del equilibrio y menor cuando su crecimiento sea mayor que el crecimiento de equilibrio. Con los supuestos planteados (Ros, 2004), no puede haber un proceso endógeno de acumulación de capital. El crecimiento de la economía no se explica por las variables endógenas del modelo, en este punto, el papel del cambio tecnológico se vuelve relevante, pues, el crecimiento en la trayectoria de equilibrio es resultado del crecimiento de la población y de la tasa de progreso técnico, esta última variable es la única capaz de neutralizar la influencia de los rendimientos decrecientes del capital.

Si bien, Solow intentó mostrar la transición hacia un estado estacionario en la economía y que en el largo plazo las economías convergerán a niveles similares de ingreso, el modelo no mostró ajuste con la evidencia empírica pues sobreestimaba el ritmo de convergencia de los países. Para corregir este problema Mankiw, Romer y Weil (1992) hicieron extensiones al modelo para obtener mejores ajustes en el ritmo de convergencia de los países. Las mejoras consistieron en introducir la idea de Brechas Tecnológicas y Capital Humano. La discusión en este momento versaba sobre el ritmo de la tasa de convergencia y no sobre los determinantes del crecimiento.

Una posible explicación de por qué los resultados del modelo de crecimiento estándar sobre - estimaban la tasa de convergencia de los países se puede encontrar en los ritmos de cambio tecnológico ( $\beta$ ), ritmos distintos de cambio tecnológico pueden influir sobre los efectos de los rendimientos decrecientes del capital. En el modelo de Solow  $E$ , capta la eficiencia con la que se usan los factores capital y trabajo (tecnología, instituciones u otros factores), pero se suponía una función de producción internacionalmente accesible. La extensión de Brechas Tecnológicas se concentra en esta variable. Formalmente se plantea que la tasa de crecimiento del producto por trabajador es:  $g_y = \beta + a\left[\left(\frac{sE^{1-\alpha}}{k^{1-\alpha}}\right) - (n + \beta + \delta)\right]$

En estos modelos se considera que cada agente opera con distinta función de producción, reflejadas en  $E$ , el agente que use tecnología inferior tendrá menor productividad y menor tasa de beneficio. De esta manera  $E$  explica el rápido crecimiento en cada  $i$  resultado del progresivo cambio técnico. El proceso de convergencia en altos niveles de ingreso es resultado de la actualización tecnológica y no como el resultado del aumento de la densidad de capital a lo largo de la función de producción (Ros, 2004).

La otra forma de dar explicación a las diferencias en las brechas de crecimiento observadas y las del modelo de Solow es mediante la incorporación del Capital Humano (Mankiw, Romer, & Weil, 1992). En esta otra extensión, el capital humano es una expresión simétrica del capital físico, entonces una mayor dotación de capital humano por trabajador habrá de incrementar la productividad y estimular la acumulación de capital físico al requerir una dotación más alta de capital físico por trabajador al incrementar la productividad. Cuando se agrega el capital humano a los factores del crecimiento se observa que las brechas entre agentes se incrementan haciéndolas más cercanas a la realidad.

Aquí podemos hacer un corte en cuanto a las explicaciones del crecimiento y sus determinantes. En resumen, el crecimiento es el incremento del producto y de manera más concreta se entiende como el crecimiento del producto por trabajador, es decir, productividad. Los factores claves, hasta aquí, son el trabajo y el capital. Se consideran rendimientos constantes a escala y rendimientos decrecientes del capital. Bajo estas condiciones el crecimiento se explica de manera exógena por el progreso técnico. En las extensiones al modelo de Solow por (Mankiw, Romer, & Weil, 1992) se considera al capital humano como determinante clave del producto y de su crecimiento, además de éste se hacen explícitas las diferencias en las funciones de producción de cada agente, es decir, se consideran las brechas de tecnológicas entre agentes. Una brecha tecnológica amplia propicia un rápido progreso técnico al acercarse a la trayectoria de equilibrio de largo plazo. Hasta este momento no hay explicación formal del crecimiento.

### **1.1.3. Los modelos de crecimiento endógeno.**

El postulado más radical de los modelos de crecimiento endógeno es que “rechaza las propiedades de convergencia del modelo neoclásico” (Ros, 2004: 199). El aporte más conocido es el rechazo de las fuerzas exógenas que conducen al crecimiento. Particularmente, contradicen la idea que dos economías con tasas de inversión en capital físico y humano distintas crecen al mismo ritmo en el largo plazo con la condición de tener

la misma tecnología y crecimiento de empleo. Estos modelos se concentran en la búsqueda de los determinantes del crecimiento.

El supuesto clave que se modifica es el de rendimientos constantes a escala y rendimientos decrecientes del capital. Romer, en su artículo de 1986 plantea efectos externos positivos en la economía cuando se invierte en investigación y desarrollo (I+D). Si bien, a nivel de un agente la inversión en investigación y desarrollo puede tener rendimientos decrecientes, a nivel de sector o de la economía esta inversión puede tener rendimientos crecientes. Esta es la noción de derrama que se adopta a lo largo de la investigación; rendimientos constantes o decrecientes en el nivel del agente y rendimientos crecientes a nivel colectivo, industria, sector, economía<sup>4</sup>.

Se considera que el producto de la I+D (información) es un bien no rival y aprovechable por otros agentes. Formalmente podemos considerar:  $Y = AK^{\alpha}L^{1-\alpha}$ ;  $A = (K^*/L)^{\mu}$ ; Y es el producto, K y L es capital y trabajo y  $(K^*/L)$  es el capital promedio por trabajador en la economía. si los efectos del capital promedio por trabajador son suficientemente fuertes la función de producción agregada no mostrará rendimientos decrecientes del capital ( $\alpha + \mu \geq 1$ ).

El postulado más importante del modelo Romer que conduce a un crecimiento económico sostenible es el hecho de que la producción de nuevos productos es lineal en el capital humano empleado en el sector I+D y stock de conocimientos (i.e,  $\theta = 1$ ). Esto tiene dos implicaciones: dedicar más capital humano para la investigación conduce a una mayor tasa de producción de éstos; cuanto mayor es el stock de diseños y conocimientos, mayor será la productividad de un ingeniero que trabaja en el sector de la investigación. En estos modelos es muy importante probar que los avances tecnológicos juegan un papel importante en la explicación, en el largo plazo, del crecimiento económico, así como la formación de capital humano juega un papel importante en la generación de innovación. La teoría del crecimiento endógeno visualiza que los esfuerzos orientados a la innovación responden a los incentivos económicos como un importante motor del progreso tecnológico y el crecimiento de la producción (Ríos, 2012).

La propuesta de Robert Lucas (1988) se concentra en el papel del capital humano en el crecimiento del ingreso per cápita. En este modelo el capital humano presenta rendimientos

---

<sup>4</sup> La noción de derrama de empleo usada en esta investigación se compone de los aportes de Marshall (1890), Arrow (1962) y Romer (1986). El punto concreto que se retoma de Romer tiene que ver con los rendimientos constantes o decrecientes en la inversión en investigación y desarrollo del agente individual y rendimientos crecientes de la inversión en investigación y desarrollo a nivel sector.

constantes y se mantiene una igualdad entre el rendimiento del capital físico y humano. El modelo formal contempla dos sectores, sector de bienes producidos con capital físico y capital humano (rendimientos constantes a escala) y sector de capital humano que se produce con capital humano, si en este sector se dedica una fracción constante del capital humano, este crecerá a una tasa exponencial constante. En este modelo la tasa de acumulación de capital físico es igual a la tasa de acumulación de capital humano y está determinado por ella, la cual es proporcional a la inversión que la sociedad hace en el sector productor de capital humano (Ros, 2004). La tasa de crecimiento del capital humano es constante y el ingreso per cápita aumenta continuamente como resultado de la dotación creciente de capital humano per cápita, esto permite omitir el cambio tecnológico exógeno.

La acumulación de capital humano incrementa la productividad del capital físico y neutraliza los rendimientos decrecientes, entonces resulta que la acumulación de capital físico es endógena. La acumulación de capital y el crecimiento son impulsados por el capital humano. Para que esto suceda el supuesto crítico de Lucas es que la producción de capital humano solamente usa factores reproducibles, hay un factor reproducible básico que puede reproducirse sin el uso de factores no reproducibles. La acumulación de capital humano es una actividad social que involucra personas en una forma que no tiene paralelo en la acumulación de capital físico. En otras palabras, el nivel de capital humano en generaciones maduras es el nivel inicial en las nuevas generaciones. La forma de internalizar este efecto es mediante mecanismos de interacción en grupos pequeños (familias o empresas) con vida infinita, de esta manera, no se crean brechas entre rendimientos sociales y privados. Por otra parte, si el sector de capital humano transmite conocimientos ya existentes los rendimientos deberán disminuir a medida que decrece la producción de conocimiento nuevo.

Romer (1991) discute con Lucas (1988) sobre este respecto, propone que la producción de conocimiento no está sujeta a rendimientos decrecientes, de esta manera el modelo de Lucas se asemeja al modelo de Solow, prácticamente sustituye la tasa de crecimiento del progreso técnico  $\beta$  (exógena) por la tasa de efectividad de la inversión en capital humano  $\lambda$  (exógena). Al parecer, el problema de exogenidad no ha sido resuelto del todo.

En resumen, Lucas (1988) y Romer (1986) asumen que hay externalidades positivas y rendimientos crecientes asociados al capital humano y a la tecnología, respectivamente. *En esta investigación se recupera este aporte de los modelos de Crecimiento Endógeno, específicamente se guarda la idea que el crecimiento es impulsado por las actividades*

*relacionadas con el conocimiento aplicado al desarrollo, ciencia y tecnología.* En realidad, el proceso es más complejo, pero con esto se da pauta para considerar la *importancia del aprendizaje, capacitación, educación y difusión del conocimiento en la economía*, dichas variables se consideran en la economía de la innovación.

## **1.2. El crecimiento económico visto desde la Economía de la Innovación.**

La innovación funciona como un contrapeso a la teoría dominante, pues adopta distintos supuestos importantes que rompen con el paradigma neoclásico y ayudan a comprender el crecimiento como resultado del cambio tecnológico. Si bien, el objetivo general de esta teoría es la explicación del cambio tecnológico y con esto del crecimiento endógeno, algunas corrientes, *neoschumpeterianos* principalmente, se concentran en la idea de que la innovación es el motor del cambio tecnológico y con esto del crecimiento. Sobre este respecto existen distintos estudios empíricos que confirman la relación positiva entre innovación y crecimiento económico (Frantzen, 2000; Redding y Reene, 2001; Zachariadis, 2003; Porter y Stern, 2000; Ríos y Marroquín 2012).

Como introducción en esta corriente, se rescatan algunas ideas que permean de forma general la Teoría de la Economía de la Innovación (Antonelli, 2014).

- Los agentes son capaces de cambiar sus funciones de producción y utilidad, si se considera la función de producción, explicada por el cambio tecnológico, con rendimientos constantes y la tecnología con rendimientos crecientes.
- Los agentes aprenden y pueden generar reacciones creativas ante cambios en la economía.
- Hay heterogeneidad en las condiciones de interacción y aprendizaje de los agentes.
- Se reconocen efectos en el tiempo histórico.
- La conducta de los agentes es determinada por la dependencia de la trayectoria, aunque, se reconoce que los agentes pueden cambiar la estructura de la economía mediante innovaciones.

Cabe mencionar que entre la Economía de la Innovación y la Teoría del Crecimiento Endógeno existen puntos de discusión y tensión que conviene destacar a continuación, ya que permitirá situar de mejor manera el foco de las controversias.

### **1.2.1. La discusión sobre el residuo de Solow.**

El descubrimiento del residuo de Solow (1957) coincide con el nacimiento de la economía de la innovación (Antonelli, 2006). A partir del modelo de Solow se llegó al consenso (Romer, 1990: 71) de que el crecimiento estaba fuertemente influenciado por el cambio tecnológico y que el crecimiento se distribuye irregularmente en el espacio a partir de la heterogeneidad del cambio tecnológico (Salter, 1960). Ante esta explicación residual, Romer (1990) integra el cambio tecnológico como fuente endógena de crecimiento. Se plantea la importancia de variables como educación, investigación, desarrollo e innovación. Retomar esta historia es importante, pues es un punto de coincidencia con la teoría de la Innovación y los enfoques evolucionistas de la economía. Ante las posturas de la teoría estándar del crecimiento y el crecimiento endógeno, la economía de la innovación se concentra en estudiar el crecimiento económico basado en el cambio tecnológico. Según esta corriente, la fuente de este cambio tecnológico es la innovación tecnológica.

Arrow (1962)<sup>5</sup> da la primera explicación del residuo con un modelo de crecimiento basado en el aprendizaje. En este modelo se explica que el aprendizaje es un proceso generador de conocimiento, a partir de la producción de conocimiento se generan las innovaciones y el cambio tecnológico. La característica esencial del aprendizaje es que es altamente acumulativo y presenta rendimientos crecientes dinámicos en los que el costo de producción está asociado principalmente al tiempo y de forma secundaria al tamaño de la producción. Por supuesto, Arrow mantiene coherencia con la ortodoxia, siempre y cuando se mantenga el supuesto del agente representativo homogéneo, sin embargo, la idea del proceso de aprendizaje es mostrar la heterogeneidad del crecimiento en función de los propios procesos de cada agente, empresa, industria, región o país<sup>6</sup>.

Partir de un modelo de producción de conocimiento fue importante pues le permitió a la economía de la innovación avanzar en sus hipótesis y argumentar que la nueva teoría del crecimiento no da cuenta de “los determinantes de reales de la excluibilidad y apropiabilidad parcial del nuevo conocimiento y, más específicamente, el ratio del componente genérico del nuevo conocimiento idiosincrático no son investigados. Por lo tanto, la definición de los

---

<sup>5</sup> Se retoma la idea de Arrow (1962) sobre el carácter acumulativo del aprendizaje y las condiciones de cada agente para la construcción de la definición de derramas (Marshall – Arrow - Romer) de esta investigación.

<sup>6</sup> Atkinson y Stiglitz (1969) avanzan en la idea de localización del aprendizaje, según estos autores, el aprendizaje está limitado por las tecnologías cercanas a la empresa.

incentivos para la generación de nuevo conocimiento, por un lado, y la contribución real de las derramas de conocimiento genérico, por otro, no quedan claras.” (Antonelli, 2006: 63)<sup>7</sup>.

La economía de la innovación avanza en la idea de la centralidad del cambio tecnológico sistémico con la noción de tecnología de uso general (Bresnahan y Trajtenberg, 1995). Esta idea muestra que las innovaciones se complementan y son interdependientes y forman un conjunto de tecnologías de uso general y sistémico. El conjunto de innovaciones que determinan un camino tecnológico se encuentra acotado por la localización (Antonelli, 2006). Este proceso de localización se da en términos espaciales, por características específicas de la región, agentes, mercados, recursos, etc., y dado el carácter idiosincrático del conocimiento, si el conocimiento es muy específico o particular, el cambio tecnológico será más localizado, con margen reducido en la curva de isocuantas (Antonelli, 1995). Como se puede observar la economía de la innovación conduce al estudio de factores regionales.

Los aportes de la economía de la innovación son abundantes y de distinto orden. Para fines de la presente investigación conviene describir los aportes de Schumpeter que se concentran en explicar el cambio tecnológico mediante la introducción de innovaciones en el sistema.

### **1.2.2. La innovación como fuente de cambio tecnológico.**

Para Schumpeter, el cambio económico y el cambio tecnológico están unidos (Schumpeter, 1967), y son procesos dinámicos, evolutivos e inseparables del proceso de destrucción creativa que caracteriza a la economía del desarrollo (Antonelli, 2016: 65). El capitalismo es tratado como un proceso de evolución consecuencia de procesos endógenos, donde la “*mutación económica*” es resultado del cambio tecnológico, y este de los procesos de innovación.

Esta evolución es entendida como el desenvolvimiento del capitalismo. Para entender el desenvolvimiento se parte de la idea de la corriente circular, una referencia al equilibrio general de Walras, dónde fuerzas económicas “eternas” alimentan esa corriente (Schumpeter, 1967). Este círculo es roto por la innovación, que son cambios internos e inesperados que permiten que el sistema se desenvuelva y evolucione, en este sentido los

---

<sup>7</sup> Berliant y Fujita (2007 y 2009) abonan un modelo de creación de conocimiento desde abajo que complementa las ideas de Antonelli.

cambios técnicos tienen una expresión directa en la economía. De esta manera la innovación cobra centralidad en esta corriente como fuente de estos cambios.

La competencia también es resultado de la introducción, adopción y difusión de la innovación, antes que los cambios en cantidades y precios. La innovación genera ventajas competitivas (Porter, 1990), lo cual desata la competencia entre empresas. Schumpeter da cuenta de distintas formas de expresión de las innovaciones.

- 1) Producto. Un nuevo bien, o un bien de una nueva calidad.
- 2) Método. Procedimiento de producción o comercialización en una rama o industria determinada.
- 3) Mercado. Introducción de una rama específica en un mercado específico, aunque esta rama existiera en un mercado de algún otro lugar.
- 4) Materias primas. Fuente de aprovisionamiento o manufactura no usada anteriormente como insumo.
- 5) Organización. Creación o anulación de condiciones de competencia en una industria de algún lugar determinado.

Evidentemente, y desde cualquier perspectiva, no se puede negar la importancia de las innovaciones para la economía y el crecimiento. El insumo de este proceso es el uso del conocimiento en el proceso tecnológico, organizacional y económico.

Además de la esquematización del proceso de innovación, Schumpeter aportó más elementos importantes a la economía de la innovación. Se retoman algunos de ellos para explicar, muy someramente, la visión del crecimiento de la economía de la innovación.

Schumpeter avanza en el análisis de la estructura de mercado y la importancia del poder de los monopolios con la conocida Hipótesis Schumpeteriana (Schumpeter, 1942). Según Schumpeter el monopolio es importante pues la cota de ganancias monopolísticas permite el financiamiento a las grandes innovaciones<sup>8</sup>.

Hay respuestas adaptativas y respuestas creativas, en las primeras las empresas solo se adaptan a los cambios de los factores o de los precios sin consecuencias posteriores; en las segundas, los agentes crean nuevas soluciones para los mismos cambios, estas respuestas creativas no se pueden predecir, cambian el curso de las circunstancias

---

<sup>8</sup> Sobre la hipótesis Schumpeteriana ver Antonelli (2014, 66) o véase directamente el original en Schumpeter (1942).

económicas y sociales en el largo plazo y están determinadas por la calidad del personal en la sociedad y en la industria o empresa donde se originan.

El cambio tecnológico sólo es sostenido si surge un alto índice de nuevas empresas, pues estas son los vectores de las nuevas tecnologías. A las nuevas empresas se les atribuye el papel de creación de innovaciones, por encima de las existentes. La empresa es el agente central de la innovación, cambio técnico y evolución en la economía. la teoría de la empresa surge como un aporte de la economía de la innovación a otras áreas (Chandler, 1977, 1990; Penrose, 1959).

En un contexto estructural de mercado, Pavitt (1984) crea el concepto de trayectoria de cambio tecnológico a lo largo de sectores y tecnologías. Este es un aporte importante para esta investigación porque abona a una esquematización de sectores causantes de crecimiento, determinados por cambio tecnológico, determinados por innovaciones, determinado por producción de conocimiento científico y tecnológico.

Como fin particular de esta investigación es importante señalar el proceso de profesionalización de actividades de investigación y desarrollo. Estas resultan en descubrimientos, invenciones e innovaciones. La profesionalización de la ciencia y la tecnología terminó por ser un proceso considerado en sí mismo por muchos como la mayor innovación y uno de los cambios sociales de la industria más importantes del siglo XX (Freeman et al, 1997: 9). A este proceso se le debe gran parte de la innovación y el cambio tecnológico y económico reciente. En términos sectoriales y para evaluación empírica, se retoman estos sectores profesionalizados en la producción de conocimiento, ciencia y tecnología. Como esta investigación se concentra en el impacto de los sectores, ramas, subramas y actividades productoras de conocimiento científico y tecnológico, esta justificación será de gran ayuda para definir empíricamente tales sectores.

No debe ser ignorado que el conocimiento es importante para el cambio tecnológico y las innovaciones, básicamente, se trata de la materia prima de estos procesos. La aplicación de conocimiento a la economía es cada vez más patente e importante, en efecto, la economía de la innovación aborda con profundidad este tema. Por la importancia del conocimiento para los fines de esta investigación el tema se desarrollará de manera independiente de los aportes de la economía de la innovación en el próximo apartado de este capítulo. Por lo pronto daremos un breve repaso por los aportes de la economía de la innovación para rescatar un par de ideas que serán de trascendente utilidad en este trabajo.

### **1.2.3. Aportes de la biología, ciencia cognitiva, evolución y complejidad a la economía de la innovación.**

La producción teórica de la economía de la innovación es abundante. Los esfuerzos de diálogo con otras posturas en economía, incluso con distintas ciencias, ha dado innumerable cantidad de frutos. Dado que no es objeto de esta investigación presentar un análisis exhaustivo del tema, se mencionan brevemente algunos de los conceptos importantes de la economía de la innovación con el fin de tomar algunos como conceptos auxiliares en este documento. Los distintos aportes se pueden agrupar en cuatro conjuntos y se describen a continuación.

Referencias biológicas:

- La innovación es una propiedad emergente de un sistema en evolución. Es un proceso colectivo y que depende de la trayectoria en un contexto localizado.
- La economía de la difusión analiza los patrones de adopción de las innovaciones tecnológicas en el mercado.
- El ciclo de vida se aplican las etapas de nacimiento, adolescencia, madurez y obsolescencia a las etapas de un producto.
- Selección. Se analizan las características secuenciales de la dinámica de la industria a lo largo de la trayectoria.

Referencias de la ciencia cognitiva.

- Conocimiento tácito asociado a procesos idiosincráticos
- Conocimiento codificado como forma de apropiabilidad del conocimiento tecnológico.
- Racionalidad. Simon (1979) vs. el concepto de racionalidad completa de la teoría económica neoclásica.
  - Limitada. La racionalidad es limitada y la información genera costos.
  - De procedimiento. La toma de decisiones es secuencial y ordenada.
- Reacción creativa. Antonelli (1989). Los agentes innovan cuando sus expectativas no se cumplen o el desempeño es menor al esperado.

Referencias evolutivas.

- Trayectorias tecnológicas. Dosi (1982). Ordenamiento secuencial de tecnologías bien definidas y secuencia de innovaciones introducidas por las empresas.

- Crisis paradigmáticas. Factor de discontinuidad de la trayectoria y generación de nuevas trayectorias.

#### Referencias de la complejidad.

- Elementos (Antonelli, 2014, 86):
  - a) **Agentes heterogéneos.** Los agentes se caracterizan por características particulares y específicas, así como por ser intrínsecamente heterogéneos.
  - b) **La ubicación sí importa.** La ubicación en un espacio multidimensional, en términos de distancia entre agentes y su densidad, importa e influye tanto sobre el comportamiento como sobre el desempeño.
  - c) **Conocimiento local.** Cada agente tiene acceso solamente a información local y conocimiento local, esto es, ningún agente sabe lo que otro agente sabe.
  - d) **Contexto local de interacción.** Los agentes están localizados dentro de redes de relaciones, incluyendo transacciones y realimentaciones, que son subconjuntos específicos del conjunto más amplio de interacciones que definen su comportamiento.
  - e) **Creatividad.** Los agentes son creativos, esto es, pueden seguir ciertas reglas, pero también pueden cambiarlas. Hacen esto como una respuesta a realimentaciones recibidas, de acuerdo con sus propias características específicas y las características de atributos locales, incluyendo la red de transacciones e interacciones en la que están insertos.
  - f) **Interdependencia sistémica.** El resultado del comportamiento de cada agente depende estrictamente de la red de interacciones que tienen lugar dentro del sistema. Por consiguiente, en cada momento del tiempo, la topología del sistema, esto es, cómo están distribuidas las características e interacciones estructurales de los agentes en sus espacios multidimensionales relevantes, tiene un papel clave.
- Dependencia de la trayectoria. Forma específica de dinámicas complejas aplicadas para entender los sistemas económicos como sistemas en evolución.
  - Tiempo (historia) no ergódico. Se refiere a que el sistema no puede deshacerse de los efectos de hechos del pasado y no hay una distribución de probabilidad invariante y limitante que sea continua en todo el espacio del estado (David, 1992).

- Espacio (Región). Determinada por la estructura del espacio, red y agentes. El resultado depende del ambiente local. La arquitectura del sistema donde las empresas están localizadas ejerce una importancia clave en la generación de la trayectoria.

Como ya se había comentado, la distinción entre conocimiento codificado y tácito es fundamental en esta tesis, además se recupera el concepto de trayectorias, racionalidad limitada y dependencia de la trayectoria. Este último será de gran ayuda en el capítulo dedicado al problema del cambio tecnológico localizado y a la definición de la región de estudio. Siguiendo a Krugman (1994) los paisajes accidentados en el espacio geográfico, tecnológico, de conocimiento, de mercado y de productos, son al mismo tiempo la consecuencia y los determinantes de la dinámica compleja. Para entender, por lo menos en una parte, la dependencia de la trayectoria hay que entender la estructura económica regional, como unidad funcional.

La noción de innovación y cambio tecnológico permiten enlazar el crecimiento económico con el conocimiento, distintos conceptos de la economía de la innovación serán usados en el próximo capítulo, mientras tanto, considerar la innovación como proceso emergente de cambio tecnológico, sirvió como un paso lógico entre crecimiento y conocimiento, a continuación, se profundiza el tratamiento y análisis del conocimiento en la economía y el crecimiento.

### **1.3. El conocimiento como factor de producción.**

los aportes de la economía de la innovación han permitido ver que el insumo básico de las innovaciones y del cambio técnico es el conocimiento. Debido a la complejidad de este tema es tratado en un apartado separado de la economía de la innovación.

#### **1.3.1. Aportes de la economía clásica al análisis del conocimiento.**

El aporte de la economía clásica para la comprensión del conocimiento es importante. En este apartado se rescata la concepción del conocimiento de Adam Smith, Karl Marx y Alfred Marshall. Recientemente la perspectiva evolutiva de la economía ha rescatado los aportes de economistas clásicos, en contraparte de la economía neoclásica, para incrementar el poder explicativo de sus conceptos y teorías (Dopfer y Potts, 2008). Con respecto del tema del conocimiento, el aporte de los clásicos es valioso y no se puede omitir.

Adam Smith construyó una teoría del conocimiento y del comportamiento tecnológico “de abajo hacia arriba” basada en la idea de “aprender haciendo” y “aprender usando”; estas

formas de aprendizaje (producción de conocimiento) dieron origen a invenciones (innovaciones) que, con el tiempo, hicieron posible la introducción de maquinaria nueva y mejorada (Antonelli, 2014, 58). La división del trabajo se convierte en un poderoso factor de la organización y la eficiencia del progreso científico. Según Smith, el conocimiento tecnológico es resultado de tres procesos 1) un proceso de abajo hacia arriba mediante el aprender haciendo y usando; 2) un proceso de arriba hacia abajo ejecutado por los filósofos y; 3) por interacciones usuario – productor<sup>9</sup>. En retrospectiva, Smith, estaba hablando de la producción de conocimiento sujeta a los agentes en la producción. El conocimiento producido por agentes especializados (en ese entonces eran los filósofos) y la interacción de los productores con los consumidores. Si bien son ideas difusas, tienen gran poder para explicar el carácter del conocimiento como factor de producción.

En Smith la idea es que el conocimiento surge del proceso de producción y de la división de trabajo; mayor división, o sea, más especialización, conlleva a un proceso continuo de producción de conocimiento. Si se adopta la terminología de la economía de la innovación, el conocimiento es un resultado que emerge de la división del trabajo y la producción capitalista, además de la producción de agentes especializados en el conocimiento y las interacciones usuario – productor.

El aporte de Marx es fundamental en dos sentidos: 1) se reconoce al conocimiento como rasgo fundamental para el funcionamiento del capitalismo y; 2) Marx es pionero en formular la idea del cambio tecnológico inducido. Veamos estos elementos más de cerca.

La idea de que el conocimiento es un factor de producción se puede deducir de la idea marxista de que la aplicación del conocimiento a la producción es un rasgo esencial del capitalismo. Según explica Marx; el conocimiento es una fuerza productiva endógena, resultado de un proceso social y colectivo, está diseminado en la sociedad, es limitado y su apropiabilidad también es limitada. Se puede decir que es un factor de producción o fuerza productiva porque cuando se aplica a la producción modifica la relación capital – trabajo, (composición orgánica de capital) en favor de la liberación del trabajo, es decir, hace que el trabajo sea más productivo. De esta manera el proceso de crecimiento (incremento del

---

<sup>9</sup> Según Marshall (1890), al respecto de la división del trabajo, el cambio tecnológico y la especialización tecnológica son dos caras de una misma moneda. Esta es una forma de considerar al cambio tecnológico como mecanismo endógeno de crecimiento, resultado de la aplicación del conocimiento a la economía (producción, distribución y consumo).

producto por trabajador) depende del conocimiento aplicado en la producción (relación capital - trabajo).

Por otra parte, este proceso de aplicación, sistemática, del conocimiento a la producción genera aumento de la plusvalía relativa, lo que conlleva una disminución del valor y del precio de la mercancía producida, es decir, mejora la competitividad del capitalista que ha mejorado su proceso de producción. La competencia, en este sentido, es una forma de cambio tecnológico inducido. Los capitalistas que no han mejorado sus procesos de producción se verán forzados, por la competencia y la búsqueda de ganancias, a introducir cambios tecnológicos por medio de la aplicación del conocimiento en la esfera de la producción. De esta manera, Marx, presenta la hipótesis de la inducción del cambio tecnológico que caracteriza a gran parte de la economía de la innovación (Antonelli, 2014). Por un lado, el cambio tecnológico surge a partir de la competencia y entre capitalistas, por otra parte, surge a partir de la oposición entre capitalistas y obreros.

Alfred Marshall (1890) propone que el conocimiento es clave para el capital y es factor de producción en sí mismo. La argumentación de por qué el conocimiento es un factor de producción difiere un poco de la de Marx y Smith. La diferencia principal consiste en que el conocimiento produce economías externas, no mediadas por el mecanismo de precios<sup>10</sup>. El conocimiento, al ser un bien colectivo construido por diversos agentes heterogéneos co-localizados en un espacio industrial determinado, genera beneficios externos a la producción en sí. Un agente está motivado a producir dónde hay conocimiento, porque eso hará que obtenga beneficios sin pagar por ello. Dicho de otra manera, las externalidades del conocimiento son importantes para proporcionar insumos para la producción de nuevo conocimiento a las empresas. Cada empresa como agente heterogéneo generará una cuasi – renta dependiendo del nivel de conocimiento y competencia que acumule y desarrolle.

De esta manera la economía clásica ayuda a comprender al conocimiento como un bien que emerge del proceso productivo y la división del trabajo; es una fuerza productiva pues incrementa el producto por trabajador y; produce derramas de las cuales las empresas se pueden beneficiar. Aquí no acaba el análisis del conocimiento, es importante ver cómo se introduce en el sistema de mercado y cómo es pensado por la economía de la innovación y por la corriente del crecimiento endógeno.

---

<sup>10</sup> Aquí se muestra el tercer elemento de la definición de derramas ocupada en esta investigación (Marshall – Arrow - Romer). Las derramas aparecen en el proceso de conocimiento co-localizado.

### **1.3.2. Conocimiento como bien económico y fallas de mercado.**

Kenneth Arrow (1962) analiza al conocimiento como bien económico independiente. La tesis principal es que el conocimiento es un bien cuasi – público con rendimientos crecientes. Este análisis muestra que dadas las características del conocimiento<sup>11</sup> el mercado presenta fallas para hacer una asignación eficiente del conocimiento. Como consecuencia de esto el mercado puede producir conocimiento en cantidades menores a las requeridas. En específico, los problemas del conocimiento como bien económico tienen que ver con características propias como no – apropiabilidad, no – excluibilidad, no – rivalidad en su uso, no – divisibilidad y no – limitabilidad, dadas estas características los incentivos privados para la producción del conocimiento son menores que los incentivos sociales. Los mercados resultan ser ineficientes porque se producen niveles inferiores a los óptimos de división del trabajo y especialización en la producción del conocimiento. además de esto, también fracasan los mercados financieros para generar recursos para la producción de conocimiento, en parte por la incertidumbre resultante de la producción de conocimiento.

Sobre esta discusión se entiende que en términos sociales la producción del conocimiento es deseable y genera fuertes incentivos, pero, en términos privados genera riesgos altos e incentivos bajos. Dasgupta y David (1994) caracterizan al conocimiento científico como un bien público y con esto destraban la discusión de la división del trabajo, proponiendo a las universidades como agentes específicos de la producción del conocimiento. El Estado cubre las funciones del mercado financiero y proporciona los recursos para la investigación y desarrollo del conocimiento. Las empresas, finalmente aplican el conocimiento generado por las universidades y financiado por el Estado, con esto se accede a los beneficios sociales propiciados por el conocimiento. No se puede dejar de lado que parte de los beneficios del conocimiento son de carácter idiosincrático, que corresponden más a beneficios por reputación que a beneficios por utilidad económica monetaria.

En este nivel de la discusión podríamos designar a la visión de Dasgupta y David (1994) como una visión que genera conocimiento desde arriba y a Arrow (1962) como una visión desde abajo. Mientras en la visión desde arriba se modela la producción de conocimiento desde el agente público universidad financiado por el agente Estado en la visión desde abajo se trata de resaltar la producción de conocimiento por la experiencia y el aprendizaje,

---

<sup>11</sup> Bien cuasi – publico, con rendimientos crecientes, dificultad para ser apropiable, tácito y codificado, indivisible, heterogéneo, etc.

es decir la codificación del conocimiento tácito (Stiglitz, 1987) es el proceso por el cual se construye conocimiento a partir de la actividad productiva localizada. Los incentivos sociales empujan a la codificación y al uso del conocimiento como bien público. Por otro lado, existen incentivos para que esto último no suceda. Malerba (1992) muestra cómo las empresas tienen incentivos para generar conocimiento tácito y no codificarlo, esto permite que el conocimiento no se propague y la empresa que obtenga beneficios de aplicar ese conocimiento goce de una posición monopólica. Más adelante se aborda el papel de la convergencia y divergencia resultado de la interacción del conocimiento tácito y el conocimiento codificado en la economía.

Ahora, la discusión se concentra en que cuando el conocimiento está codificado es accesible y tiene las cualidades de un bien público, y cuando el conocimiento es tácito, atado a un agente, se comporta como un bien privado que genera cuasi – rentas. Esta discusión obliga a hacer una distinción clara entre conocimiento codificado y conocimiento tácito y las implicaciones económicas de esto.

### **1.3.3. Conocimiento aplicado a la economía (Conocimiento codificado y conocimiento tácito).**

Analizar el conocimiento como bien económico implica hacer la distinción formal entre conocimiento codificado y conocimiento tácito. El conocimiento que ya pasó por un proceso de codificación está sistematizado y ordenado en un código, es almacenable y fácilmente reproducible. Romer (1994) lo llama conocimiento tecnológico genérico. Tiene las características de un bien abundante, cuando se usa no se desgasta, por el contrario, se genera más conocimiento con el uso, se comporta como un bien público no rival, acumulativo y muestra rendimientos crecientes.

El conocimiento tácito es un caso distinto. Romer (1994) lo llama conocimiento tecnológico específico. Muestra restricciones y se comporta como un bien no público. Montuschi (2001) apunta que la importancia del conocimiento tácito radica más en las personas que lo poseen que en el conocimiento en sí mismo y resulta, también, importante reconocer el contexto en el cual el conocimiento es generado, en cierta medida, producir conocimiento tácito es producir recursos humanos. Hay dos circunstancias por las cuales el conocimiento es específico a la persona que lo posee; 1) cuando el conocimiento puede ser calificado como *sticky* (pegajoso) es decir que no puede ser separado de la persona u organización que lo contiene y que no resulta fácilmente codificable y transmisible; 2) los individuos juegan un papel muy significativo en la mediación y transmisión del conocimiento que tienen

incorporado. Este segundo elemento es importante para esta investigación y se tiene que resaltar.

La interacción facilita la difusión del conocimiento tácito y complementa el stock de conocimiento codificado. De esta manera, el crecimiento del conocimiento codificado está determinado por la interacción que puede incrementar el conocimiento tácito. Siguiendo a Montuschi (2001) según las teorías modernas de crecimiento endógeno, existiría un stock mundial de conocimiento que estaría codificado y que sería libremente accesible para todos los agentes económicos y al cual dichos agentes pueden contribuir sin costo. Por consiguiente, dicho stock tendría las características de los bienes públicos con propiedades de no convexidad que serían la fuente de los rendimientos crecientes de las inversiones en estas formas de capital intangible.

En este análisis no puede ignorarse la necesaria presencia de conocimiento científico y tecnológico no codificado que puede tener considerables costos marginales de reproducción y que tiene las propiedades de los bienes normales, similares a las de los bienes de capital tangibles. Si en los procesos de crecimiento económico este tipo de conocimiento tácito es complementario con el stock de conocimiento codificado, el crecimiento de este último estará restringido por los factores que gobiernan el crecimiento del componente tácito y, en última instancia, dichos factores también estarían actuando como restricciones en el crecimiento de la economía. Una forma de reducir la influencia restrictiva del conocimiento tácito es con la interacción local, en este nivel las herramientas de la economía regional son de gran ayuda para la correcta comprensión y asimilación del conocimiento como factor de producción que genera derramas.

Aunque ya se definió la noción de derrama de esta investigación en el apartado 1.1.3, se describe brevemente la noción de derrama tecnológica. Una función de producción – conocimiento, muestra rendimientos crecientes a escala. Por ejemplo, Romer (1994) muestra que en la producción de conocimiento tecnológico específico se usa conocimiento tecnológico genérico y al producir el conocimiento tecnológico específico se generan derramas de conocimiento que otras empresas usan como conocimiento tecnológico genérico. La economía regional avanza en esta línea de análisis reintroduciendo las

externalidades tipo Marshall (distritos industriales y proximidad) y agregándoles el componente de aprendizaje (Arrow) y de conocimiento (Romer)<sup>12</sup>.

Antes de terminar este apartado es importante considerar un aspecto más del conocimiento, la divergencia que puede causar, tanto la codificación del conocimiento como las restricciones del conocimiento tácito. La posesión del conocimiento es en sí, una condición de divergencia, el conocimiento tácito adherido a un agente puede generar incentivos para no difundir este conocimiento, siendo la difusión de este conocimiento el mecanismo de reducción de ese nivel de divergencia. Por el lado de la codificación también surgen problemas con la convergencia, codificar una porción de conocimiento significara añadir contenido a un código, que es elaborado sobre la base de otro contenido previamente existente. El conocimiento registrado en un código constituye un género de depósito, punto de referencia o de autoridad. Pero la posibilidad de poder acceder exitosamente al mismo implica la necesidad de haber realizado una adquisición previa de conocimiento especializado, en algunos casos de considerable magnitud y profundidad. Sólo un grupo determinado que haya alcanzado ciertos niveles de conocimientos podrá acceder a los códigos especializados (Montuschi, 2001). De esta manera la codificación juega un papel importante en la formación, interacción y exclusión de grupos, redes o comunidades.

Resumiendo, el apartado y considerando los aportes de Marx, Marshall y Arrow, se observa que el conocimiento es el insumo básico para incrementar la eficiencia en la producción y con esto la productividad del trabajo. El conocimiento aparece como insumo, pero, también como resultado. Se comporta como bien público cuando está codificado y presenta rendimientos crecientes, también, se comporta como bien no – público cuando es tácito y presenta rendimientos decrecientes. Incrementa la productividad de forma directa cuando se aplica a la producción y también produce derramas de forma externa cuando se produce interacción localizada. Retomando el discurso de la teoría del crecimiento, el conocimiento incide en el incremento en el producto por trabajador, lo cual es una forma de expresar el crecimiento económico.

#### **1.4. Economías Basadas en el Conocimiento.**

En los apartados anteriores se explicó el concepto de crecimiento económico, se analizaron y discutieron las fuentes del crecimiento y se concluyó la importancia que tiene el cambio

---

<sup>12</sup> El papel de la proximidad geográfica en la generación de externalidades del conocimiento y su impacto en la productividad y crecimiento de las regiones será abordado a detalle en el capítulo siguiente.

tecnológico sobre el crecimiento, posteriormente se observó que la innovación juega un papel clave en el cambio tecnológico, y por ende, en el crecimiento económico, finalmente se arribó al concepto de conocimiento como factor de producción y como núcleo y fuente de la actividad innovadora, del cambio tecnológico y del crecimiento económico. En este apartado se parte del concepto de conocimiento y se avanza hacia la idea de crecimiento económico. Esta vez, se avanza con la teoría de las economías basadas en el conocimiento como modelo para acceder al crecimiento económico conducido por el conocimiento. Es decir, en los apartados anteriores se transitó de lo concreto a lo abstracto y ahora se avanza de lo abstracto a lo concreto.

#### **1.4.1. Definición de economías basadas en el conocimiento.**

El término economía del conocimiento fue acuñado por la OCDE (1996), para el conjunto de países industrializados en los que se reconoció al conocimiento como el factor clave del crecimiento económico. En términos históricos, el incremento en la intensidad de conocimiento en distintos sectores de la economía se debe, principalmente, a dos factores que no son independientes entre sí: el incremento constante del uso y aplicación del conocimiento conducido por el uso y propagación de las tecnologías de la información y la globalización entendida de forma integral como globalización tecnológica, financiera, comercial y organizacional (Montuschi, 2001). Los fundamentos de la economía del conocimiento son la creación, difusión y uso del conocimiento. Una economía del conocimiento es aquella en la que el conocimiento es un activo más importante que los bienes de capital y mano de obra, y donde la cantidad y sofisticación del conocimiento que permea en las actividades económicas y sociales llega a niveles muy altos.

Las Economías Basadas en el Conocimiento son entonces aquellas economías en las cuales la producción, distribución y uso del conocimiento constituyen el motor principal del crecimiento económico y de la creación de riqueza y empleo en todos los sectores. Por lo tanto, una economía basada en el conocimiento sería aquella en que todos los sectores sean intensivos en conocimiento y no sólo los de alta tecnología.

La capacidad de crear y explotar el conocimiento científico y tecnológico debe ser aplicable a todas las industrias y sectores de servicios, el conocimiento debe predominar tanto en sectores productores de bienes, en muchos casos bienes intangibles, como en los productores de servicios. Además, el conocimiento característico de este modelo de

economías es mucho más que el conocimiento puramente tecnológico, también es referido a aspectos culturales, sociales y organizacionales (Montuschi, 2001).

#### **1.4.2. Elementos clave de las economías basadas en el conocimiento.**

Según el Banco Mundial (World Bank, 2007), el conocimiento debe estar en el centro de la estrategia, basada en cuatro pilares: La base educativa y de formación y capacitación nacional; Infraestructura de acceso a la información y las telecomunicaciones; El sistema de innovación y; Los marcos institucionales, de gobierno y negocios: (Sánchez, 2011).

Elementos de las Economías Basadas en el Conocimiento:

- **Sistema de innovación.** (marco socio-institucional) base del conocimiento. los sistemas de innovación (Lundvall, 1992; Nelson, 1993) y los sistemas regionales de innovación (Cooke y Morgan, 1998), actores locales, empresas, gobierno, instrumentos de transferencia, política pública.
- **Estructura económica.** la presencia de determinados sectores de actividad en su estructura económica.
- **Capital humano.** Conocimientos codificados y tácitos disponibles en los trabajadores.
- **Conectividad física e inalámbrica.** las infraestructuras físicas y digitales y las redes de cooperación

El sistema de innovación está conformado por empresas con cierta solidez y voluntad de innovación, capacidad de riesgo y posibilidades materiales de aplicar ese conocimiento – de origen interno o externo- en mejoras tangibles, ya sea en sus productos o servicios, sus procesos de trabajo, o sus formas de organización y gestión. También es esencial la presencia de gobiernos locales y regionales proactivos y atentos a los retos y oportunidades del entorno, capaces de favorecer la creación de un ambiente de confianza y estabilidad, así como favorables al surgimiento de iniciativas innovadoras y su traducción en proyectos concretos, tanto propios como del sector privado, actuando, así como catalizadores o impulsores de la innovación.

Algunos indicadores son: los actores es su número y capacidad de acción, así como el volumen y tipos de actividades emprendidas que pueden calificarse como innovadoras. También número de patentes, el recurso a otros datos relativos a mejoras de productividad,

capacidad exportadora, etc., resulta un valioso complemento (Romeiro, 2008). Número de investigadores, universidades, centros de investigación, etc.

La teoría sectorial del crecimiento intentó correlacionar el desigual dinamismo económico de los territorios con el tipo de estructura productiva predominante, por lo que, según la teoría sectorial del crecimiento, aquellos territorios especializados en actividades de alto crecimiento en un determinado periodo se ven favorecidos con crecimiento, mientras que aquellos otros especializados en actividades en declive muestran tasas de crecimiento más bajas. Muchos estudios centran su interés en las industrias de alta intensidad tecnológica, que incluyen todas las vinculadas a la producción de TICs, junto a otras como la aeronáutica, la farmacéutica o la fabricación de instrumentos de precisión y óptica. Además de esto resulta notable el creciente impulso de las industrias creativas.

Algunos posibles indicadores son índices de especialización, diversificación, base económica, base exportadora, índice de competitividad, convergencia sigma. Estos indicadores corresponden a la interpretación territorial de la estructura económica, solo se pueden interpretar en un marco de economía regional.

Con la teoría del capital humano, Becker (1964), se asocia una parte del crecimiento económico a la existencia de recursos humanos cualificados, considerados como un stock de capital humano, que puede aumentarse mediante inversiones en educación y que puede movilizarse para elevar la productividad del trabajo. En esos mismos años, y desde el ámbito de los estudios urbanos, Jacobs (1961) destacó la secular función de las ciudades como focos de atracción y movilización del talento y las personas creativas, elemento esencial para justificar su creciente protagonismo. Posteriormente, teóricos del crecimiento endógeno como Romer (1989) han buscado el establecimiento de correlaciones positivas entre las tasas de crecimiento económico de un territorio y su stock de capital físico, capital humano y capital tecnológico. El concepto de capital humano, sustituido en ocasiones por términos como los de talento o clases creativas, se asocia a dos perspectivas complementarias: la presencia en el territorio de grupos de población con niveles formativos elevados, junto a una estructura ocupacional con destacada presencia de grupos profesionales altamente especializados.

Un primer indicador habitual por considerar son los años de escolaridad, también se considera la presencia de titulados universitarios sobre la población. El asunto de la ocupación de esos recursos humanos juega un papel relevante en estudio urbanos pues

sólo se activarán de forma plena si la base económica del territorio permite la generación de empleos de calidad para esos grupos profesionales mejor formados, evitando así dos riesgos evidentes en ciertas regiones y ciudades como son su emigración o la sobre cualificación, al ocupar puestos de trabajo con exigencias muy por debajo de sus potencialidades.

La función de la conectividad con las redes digitales es muy importante pues son vehículos para la circulación de información, tanto dentro de la ciudad como entre ésta y el exterior. No se deben pasar por alto las comunicaciones físicas pues determinan gran parte del dinamismo económico de una región.

En consecuencia, tanto la densidad y calidad de estas infraestructuras, como la densidad de flujos que circulan por ellas, son indicadores a considerar con los criterios actuales. La conexión externa de las ciudades y su capacidad para insertarse de modo favorable. Una matriz de flujos reales o probabilísticos puede funcionar como indicador, además de la intensidad del uso de tecnologías de la información y telecomunicación.

### **1.5. Conclusiones del capítulo.**

A manera de síntesis. Este capítulo inició con la discusión del crecimiento económico en la teoría económica neoclásica, los desarrollos de Solow, las extensiones al modelo de crecimiento estándar hechas por Mankiw, Romer y Weil, y los modelos de “Crecimiento Endógeno” hechos por Romer y Lucas, permitieron ahondar en la búsqueda de determinantes del crecimiento económico. Se concluyó que el cambio tecnológico resultó ser el factor clave del crecimiento. La Teoría del Crecimiento Endógeno contribuyó al análisis del cambio tecnológico, pero este fue abordado de manera más profunda por la economía de la innovación. Los conceptos de innovación, trayectoria, racionalidad limitada y dependencia de la trayectoria, entre otros, permitieron un análisis profundo del cambio tecnológico. Se llegó a la conclusión de que el conocimiento funciona como materia prima fundamental y como factor de producción de las innovaciones, cambio tecnológico, y, por ende, del crecimiento. Finalmente, a partir de la conceptualización del conocimiento, se describió el modelo de economías basadas en el conocimiento como modelo de crecimiento. Tanto la economía de la innovación, con el concepto de dependencia de la trayectoria, como el modelo de Economías Basadas en el Conocimiento, permitieron resaltar la importancia de la dimensión espacial para el crecimiento económico. En el siguiente capítulo abordaremos a detalle el aporte de la economía regional y urbana para

la promoción del crecimiento económico regional basado en los sectores de ciencia y tecnología.

En segundo lugar, este capítulo tiene la intención de construir el corte sectorial de la investigación. Retomando la hipótesis de trabajo, el conocimiento, expresado en sectores y actividades productoras de ciencia y tecnología en la Región Centro de México deben impactar positivamente en el crecimiento de la región, específicamente, en el crecimiento de la productividad y en el empleo. Si se consideran los aportes del Crecimiento Endógeno con el papel del sector de I+D (Romer, 1986) y de Capital Humano (Lucas, 1990); la idea de la profesionalización de la ciencia y la tecnología de la economía de la innovación; y los sectores de las economías basadas en conocimiento se puede proponer una intersección entre estos tres campos. Con esto se obtiene un núcleo de actividades o sectores que puede ser homologado con la clasificación industrial de América del Norte, el SCIAN, y obtener variables a partir de los censos económicos de INEGI que permitan observar y medir los sectores de ciencia y tecnología y su impacto en el crecimiento de la productividad y el empleo de la región centro de México. Delinear a detalle estos sectores será trabajo del capítulo tres.

El siguiente capítulo continúa con dos aportes importantes de la economía de la innovación, el cambio tecnológico localizado y los sistemas regionales de innovación, estos temas permitirán abordar el análisis regional de la economía para hacer un corte regional y conformar una región de aplicación de los sectores científicos y tecnológicos de manera funcional e integrada. De esta manera el corte regional del capítulo dos complementa el corte sectorial del presente capítulo, juntos, estos dos capítulos serán el sustento teórico conceptual de la aplicación empírica de la metodología de medición del impacto económico de los sectores de ciencia y tecnología en la Región Centro de México.

## **Capítulo 2. Interdependencia de la región y los sectores científico – tecnológicos.**

### **Introducción.**

En el capítulo anterior se planteó la importancia de considerar un corte sectorial, es decir, un conjunto de actividades económicas basadas en el conocimiento que propicien los procesos de innovación y cambio tecnológico que, según las teorías del crecimiento endógeno y la economía de la innovación, son los procesos detonantes del crecimiento económico. Desde la perspectiva de esta investigación es importante resaltar el papel de las economías basadas en conocimiento y el conjunto de sectores específicos destinados a la ciencia y la tecnología que impactan el crecimiento de una estructura territorial específica.

En este capítulo, se retoma un concepto de la economía de la innovación, que desde la perspectiva aquí planteada resulta clave. El concepto de cambio tecnológico localizado, planteado por Antonelli (1995) busca dar cuenta de que los procesos de generación de conocimiento, innovación y cambio tecnológico están localizados de distintas maneras y a distintos niveles. Uno de esos niveles es clave en esta investigación, el nivel espacial. En el segundo apartado se explora la importancia del espacio y cómo se ha desarrollado y evolucionado tal concepto en la economía; desde la versión de los clásicos hasta los modelos complejos de la nueva geografía económica. Posteriormente, en el apartado tres se aborda el papel de la ciudad en la economía y se describen algunos modelos teóricos para el análisis del espacio urbano y cómo se explican los procesos de economías de aglomeración. En el apartado cuatro se exponen algunos modelos territoriales de innovación, con lo cual se cierra el círculo lógico de Economía de la innovación – espacio – economía urbana y regional – modelos territoriales de innovación (expresión espacial del desarrollo de actividades de ciencia y tecnología). Finalmente, el capítulo termina con un breve apartado de comentarios y síntesis del capítulo.

### **2.1. localización del cambio tecnológico.**

Al respecto de la presente investigación, esta teoría es de sustancial interés por tres motivos: 1) la distinción entre cambio tecnológico localizado y genérico refleja la distinción más básica entre conocimiento genérico y conocimiento localizado (Antonelli, 1995); 2) la teoría del cambio tecnológico localizado aporta los fundamentos microeconómicos de la idea de localización en contraste con el Cambio Tecnológico Genérico; y 3) la idea de localización no solamente opera en términos del mapa de isocuantas o a nivel empresa,

principalmente implica localización espacial y formación de efectos (externalidades) del territorio en el desarrollo de sectores de ciencia y tecnología.

Esta teoría permite entender cómo los procesos de aprendizaje, conocimiento, ciencia y tecnología son procesos que se localizan en un cierto tipo de tecnología, pero de manera importante en un determinado espacio geográfico, con lo que se abre la discusión para el análisis y los planteamientos de la importancia del espacio como variable determinante de los procesos de desarrollo de cambio tecnológico, conocimiento, ciencia, etc. en una determinada economía. A continuación, se exponen algunos elementos clave de lo que aquí se denomina la economía del cambio tecnológico localizado.

### **2.1.1. Definición de Cambio Tecnológico Localizado.**

El cambio tecnológico localizado se define como “la introducción de cambios tecnológicos que permiten aumentar la productividad total de los factores sólo dentro de un rango limitado de técnicas definidas por los niveles de intensidad de los factores, tamaño, insumos complementarios, habilidades, bienes de capital, estructura organización y ubicación regional” (Antonelli, 1995, 1). Este concepto contrasta con el concepto de Cambio Tecnológico Genérico, el cual se refiere a que cuando se cambia una tecnología se afecta al mapa completo de isocuantas en la tradición neoclásica. La idea de localización, en términos empíricos, corresponde al nivel de la empresa y de la tecnología que tiene en uso; en términos teóricos, corresponde con el mapa de isocuantas y con determinada región de una isocuanta en particular. Se trata de una decisión del agente individual (empresa) que es dependiente de la trayectoria, es decir, es una decisión determinada por la estructura tecnológica previa.

Un aporte importante de Antonelli (1995) es unificar dos perspectivas sobre el conocimiento tecnológico; la que le atribuye características de un bien público al conocimiento y a la tecnología (Nelson, 1990), y la que describe a estos como bienes privados (Arrow, 1962)<sup>13</sup>. Considerar ambas perspectivas de manera unificada abona a la comprensión del cambio tecnológico, la producción del conocimiento, ciencia y tecnología. Pues ninguno de estos procesos se logra a partir de un solo mecanismo (genérico o localizado). El conocimiento

---

<sup>13</sup> La distinción entre el conocimiento Codificado y Conocimiento Tácito y sus características se hizo en el capítulo 1, apartado 3. Aquí se cita la definición que da Antonelli (1995) de Conocimiento Genérico y conocimiento Localizado. Conocimiento tecnológico genérico: consiste en principios generales, a partir de conocimiento localizado se codifica, resultado de la codificación y procesos formales de investigación. Conocimiento tecnológico localizado: conocimiento altamente específico, surge de rutinas y experiencia, interacción, aprender haciendo. Es útil resaltar esta distinción pues implica un proceso de abajo hacia arriba.

(cambio tecnológico) genérico se produce a través de un proceso institucionalizado que adopta mecanismos formales, mientras que el conocimiento (cambio tecnológico) localizado se produce con la práctica, corresponde con una dinámica que va de abajo a arriba, pues en la producción de conocimiento localizado (tácito) se genera conocimiento genérico, se codifica y resulta que la producción de uno alimenta al otro.

Entender estos procesos ayuda a entender las relaciones de estos agentes con su entorno, en concreto con la región donde están ubicados. Una visión unificada tiene mayores posibilidades de dar explicación al impacto económico de una región guiado por la innovación, representado en la presencia y desarrollo de sectores específicos dedicados a la producción de ciencia y tecnología.

### **2.1.2. Origen y teorías que convergen en la idea de localización.**

El origen del concepto según Antonelli (1995) se puede ubicar en los debates de la innovación inducida en los años sesenta. De hecho, surge de la exploración del proceso de aprendizaje y del análisis del costo de cambiar las dotaciones factores de la producción ante cambios en sus precios. En lo que refiere a los aportes por el lado de la oferta hay varios elementos importantes: 1) la importancia del aprendizaje y el conocimiento tácito (Atkinson y Stiglitz, 1969); 2) las innovaciones dependen, mayoritariamente del aprendizaje (Stiglitz, 1987); 3) los cambios en los precios de los factores y su relación con el proceso de producción y el aprendizaje (David, 1975); 4) ante cambios en los precios relativos se da un movimiento a través de la isocuanta influenciado por los costos de ajuste (Freeman y Soete, 1987) y ; 5) la racionalidad e información limitada hacen que el cambio tecnológico se localice debido a los fuertes costos de cambio (Nelson y Winter, 1982).

En lo que refiere al nivel de la empresa se consideran los aportes de economía de la innovación y de la economía institucionalista. El enfoque *shumpeteriano* propone que una empresa que introduce innovaciones accede a un flujo de cuasi-rentas, lo que le permite incrementar el financiamiento de I+D con lo que refuerza el poder de mercado. La innovación localizada gana fuerza cuando se institucionaliza el proceso de I+D y redundando en un control de mercado por la retroalimentación de innovaciones exitosas y las imperfecciones del mercado financiero. Los institucionalistas resaltan la importancia del aprendizaje en la organización.

Hay otro conjunto de autores que se enfocan en el factor tecnológico. Dosi (1982) aporta la idea de trayectorias tecnológicas que consiste en una dependencia entre las innovaciones

de productos, innovaciones de procesos y cambios incrementales y radicales. Debe considerarse que la selección de tecnologías por el lado de la demanda es un dispositivo poderoso que dirige el cambio técnico por medio de externalidades que favorecen la continuidad técnica. De esta manera se configura una estructura de cambios que dependen de una trayectoria influenciada tanto por la demanda como por la estructura técnica de la empresa. Estos aportes son muy importantes en la idea de la localización del cambio tecnológico como un proceso dinámico y que se desarrolla en distintos niveles y de distintas formas.

Es interesante repasar el itinerario de teorías que convergen en la idea de Cambio Tecnológico Localizado porque algunas de ellas coinciden con los intereses particulares de la investigación.

1. Atkinson y Stiglitz (1969) llegan a la idea de localización a través del reconocimiento de la función de producción neoclásica como una curva diferenciable donde la localización está en función de la elasticidad de sustitución. La localización se encuentra en una parte definida y limitada de la curva de la función de producción. Más localización menos elasticidad y mayores asimetrías entre agentes.
2. Teece (1986) pone énfasis en la sustituibilidad de los factores. Cuando la producción está determinada por cantidades específicas de insumos intermedios con alto nivel de idiosincrasia, la tecnología se localiza en un ambiente económico específico. Esta es una fuerte referencia a la importancia de los insumos intermedios en la producción, considerar que estos determinen la localización de la producción abre el camino para plantear los modelos de economías de localización<sup>14</sup>.
3. David (1987) plantea un nivel determinado de capital, capital humano, información, condiciones de mercado etc. donde los procesos de auto refuerzo hacen que los agentes se encierren en ciertas tecnologías o en ciertos niveles tecnológicos. Esta idea guarda similitud con el concepto de trayectoria de Dosi (1982), ambas perspectivas concuerdan con el planteamiento de las economías de localización.
4. Blair (1972) pone énfasis en los rangos limitados de tamaño de las empresas que generan innovaciones centrípetas y centrífugas, a nivel horizontal y vertical. Lo cual genera especialización y diversificación en las empresas. En términos de economía

---

<sup>14</sup> El concepto de economías de localización se tratará de forma detallada en la sección 3 del presente capítulo.

regional, esta idea funciona como bisagra para el tema de relocalización de nuevas plantas<sup>15</sup>.

5. Pavitt (1984) contribuye con la idea de la distribución asimétrica de oportunidades tecnológicas en sectores y regiones. Cualquier sector en la economía puede gozar de una mejor dotación en las oportunidades tecnológicas, pero por el interés de esta investigación es importante recuperar esta idea para resaltar el papel de sectores económicos especializados en ciencia y tecnología. Según Simon (1951) la combinación de externalidades tecnológicas y pecuniarias genera el efecto desencadenante que convierte a determinados sectores en motores del crecimiento del empleo y productividad. Ambas ideas se corresponden con la idea *shumpeteriana* de un conglomerado de innovaciones que se concentran en algunos sectores pero que penetran en la economía completa. De nuevo, los sectores especializados en ciencia y tecnología juegan un papel importante en este proceso, pues las empresas demandan servicios tecnológicos, científicos y profesionales para distintos fines como la codificación del conocimiento tácito de la empresa o para la aplicación de conocimiento tecnológico genérico.

Finalmente, está la corriente de asimetrías regionales, pero esta la consideraremos en el un subapartado siguiente debido a la importancia del factor y la perspectiva regional de esta investigación.

### **2.1.3. Fundamentos microeconómicos.**

El esfuerzo de Antonelli (1995) es trascendente, pues aporta los fundamentos microeconómicos de la localización del cambio tecnológico como proceso endógeno. Estos argumentos sirven para justificar, a nivel del agente, el proceso de localización de los sectores de ciencia y tecnología en determinada región y en un lugar específico de tal región. Esta investigación no es el lugar adecuado para explorar a detalle los modelos del cambio tecnológico localizado, sin embargo, se toman en cuenta algunas generalidades que permitan la apropiación de la micro fundamentación del cambio tecnológico para los intereses particulares de esta investigación.

#### **2.1.3.1. Modelo de costos.**

Para fines de este modelo Antonelli (1995) tiene algunos supuestos. Asume que los agentes tienen racionalidad e información limitada, por lo que sólo pueden explorar las partes más

---

<sup>15</sup> En el apartado 2 se examina la relocalización como un hecho estilizado de la especialización y diversificación en las ciudades y regiones.

cercanas de la isocuanta, las decisiones de los agentes son secuenciales y; reaccionan ante cambios en los precios de los productos y por cambios en el nivel de la demanda; los resultados del cambio en los precios de los factores sólo se dejan ver a posteriori.

Se definen los costos de conmutación como los costos de cambiar el estado actual del proceso de producción y de la organización de la empresa dentro de una tecnología determinada (técnica y dimensión) inducido por el cambio de los precios de los factores. De esta manera las empresas innovan para hacer frente a dichos cambios en un espectro limitado de técnicas. Cambiar las técnicas genera costos. Los costos de cambio se refieren a los costos de adquirir información y conocimiento necesario para explorar las isocuantas. Cambiar el tamaño también genera costos. Los costos de cambio dimensional surgen de las indivisibilidades, interrelación y falta de compatibilidad entre inputs en diferentes mezclas dimensionales y se aplican a los ajustes en la cantidad de inputs para adaptarse a los cambios en los precios de los factores.

Con la información anterior se propone una función de costo de ajuste<sup>16</sup>, con la cual se decide, con base en los costos, si explorar la isocuanta o crear un nuevo mapa de isocuantas (innovar). Esta función toma en cuenta los costos de las actividades de investigación y desarrollo para innovar y las ventajas de dotación producto del aprendizaje localizado. Cuando se hace uso del conocimiento genérico, producto de la investigación y desarrollo y se combina con las ventajas de dotación es posible que las empresas desarrollen una nueva tecnología que sea cercana a que tenían en uso. El objetivo de la función es minimizar costos, ya sea con innovación o con conmutación, al considerar el aprendizaje y las ventajas de dotación se hace referencia a la dependencia de la trayectoria. Cuando la eficiencia de innovar es mayor se crea una tecnología superior con características de Leontief, por lo que el cambio será profundo y localizado. Si se opta por conmutación el cambio será menos profundo y genérico. El cambio tecnológico determinado por cambio en los precios de los factores y conducido por los costos de conmutación e innovación y considerando la dependencia de la trayectoria (aprendizaje) se puede considerar como un cambio tecnológico completamente endógeno.

### **2.1.3.2. Modelo de productividad.**

Se trata de un modelo microeconómico de cambio tecnológico localizado inducido por el incremento en la demanda, en el cual el incremento de la producción corresponde con un

---

<sup>16</sup> Se recomienda revisar las ecuaciones de los distintos modelos en Antonelli (1995).

incremento en la productividad<sup>17</sup>. Como en el modelo anterior, aquí se supone que cambiar los niveles de insumos es costoso en términos de cambios de organización y búsqueda de insumos compatibles, los costos de cambio actúan en cualquier nivel de producción y se miden por la diferencia de tamaño de producción actual y el deseado. Además de esto se supone un incremento exógeno de la demanda<sup>18</sup>.

En este modelo se plantea que ante un incremento de la demanda las empresas introducen innovaciones para expandir la producción sin aumentar el nivel de insumos, lo que hace que las isocuantas se desplacen hacia adentro y aumenta el nivel general de eficiencia. La inversión en I+D más la capitalización de ventajas de dotación contribuyen a cambiar a mejores tecnologías, lo que resulta en el incremento de la productividad sin alterar el nivel de insumos.

Con un sistema de ecuaciones basado en actividades tecnológicas innovadoras la empresa decide maximizar ganancias con actividades de ajuste manteniendo el nivel de insumo y productividad o de innovación que conserva el nivel de insumos y aumenta la productividad. La selección depende de la productividad relativa de las actividades de cambio en el nivel de insumos y de la productividad de las actividades de investigación y desarrollo necesarias para la introducción de innovaciones tecnológicas. A mayor nivel de eficiencia de innovaciones tecnológicas, mayores serán las oportunidades de aprendizaje que reducen costos de introducir mejores tecnologías, si son mayores las oportunidades tecnológicas mayores serán los efectos del crecimiento de la demanda en el crecimiento de la productividad.

---

<sup>17</sup> Antonelli (1995) retoma la hipótesis kaldoriana donde el incremento del producto se corresponde con un incremento en la productividad y la hipótesis del incremento de la demanda como determinante del desarrollo tecnológico. Kaldor (1957) formaliza la función de progreso técnico como relación positiva entre la tasa de crecimiento de la productividad del trabajo y la relación entre la inversión neta y el stock de capital. En Kaldor y Mirlees (1962) se hace una extensión que modela el crecimiento de la productividad laboral como función positiva de la tasa de crecimiento de la inversión bruta por trabajador. Por otra parte, se considera el crecimiento del producto relacionado positivamente con el crecimiento de las innovaciones permitió a Schmookler (1966) plantear que los innovadores se forman expectativas sobre la rentabilidad esperada de las aplicaciones proactivas de sus invenciones. Las expectativas de los rendimientos de las innovaciones podría ser un símil del concepto de eficiencia marginal del capital de Keynes (1936).

<sup>18</sup> El incremento en la demanda puede considerarse endógeno siguiendo un modelo de economías de aglomeración donde la localización de las empresas aumenta la productividad y el tamaño del mercado, por lo que los efectos de auto-refuerzo impulsan la demanda y la productividad.

### 2.1.3.3. Modelo de difusión.

El tercer elemento de la economía del cambio tecnológico localizado corresponde al modelo de difusión conducido por la hipótesis localizada<sup>19</sup>. Se retoman los supuestos de los modelos anteriores y se consideran algunos modelos previos sobre difusión: 1) Modelos poskeynesianos (la difusión depende del tipo de inversión: bruta, neta y de reemplazo). 2) Modelos epidémicos (la difusión se distribuye de manera desigual entre los agentes y la adopción es función de los agentes “infectados” y “no infectados”). 3) Modelos de equilibrio (la difusión es resultado del comportamiento racional, maximización de beneficios y estructura de costos). 4) Modelos Shumpeterianos (la evolución del precio y rendimiento de un bien de capital innovado es endógeno, tiene lugar en el mercado, resulta de la competencia y hay ventajas monopolísticas que permiten extraer cuasi – rentas que motivan a la adopción de más agentes hasta que las ganancias sean cero).

El modelo propuesto por Antonelli (1995) consiste en un mecanismo de difusión del cambio tecnológico localizado en función de precios relativos, cantidad de recursos disponibles para la inversión y la diferencia entre la productividad de la tecnología en uso y la nueva tecnología. La difusión muestra que después de la aplicación de una tecnología superior y localizada puede suceder un proceso de convergencia hacia la nueva tecnología. La convergencia depende de la disminución del precio relativo de la nueva tecnología debido a las economías de escala y aprendizaje. La adopción vía disminución de precios relativos constituye un proceso de difusión endógeno. De esta manera, la demanda de bienes de capital innovados está determinada por el stock de bienes de capital anteriores. Por lo tanto, la adopción de innovaciones está limitada por la extensión del mercado. De hecho, cuanto mayor sea el mercado, menores serán los costos de producción debido al aumento de los retornos en la producción de nuevos bienes de capital que incorporan las innovaciones localizadas y, por consiguiente, mayores los niveles de adopción y más rápidas las tasas de difusión.

Además del proceso de cambios en los precios se debe considerar la influencia de las externalidades tecnológicas. A medida que crece el número de adoptantes de los nuevos bienes de capital las externalidades cognitivas cobran peso. La difusión de innovaciones localizadas sigue un camino en forma de “S” debido a la interacción entre el stock de

---

<sup>19</sup> Se trata de un modelo neo-epidémico donde la difusión de las innovaciones es altamente sensible al grado de localización de los cambios tecnológicos. La difusión de las innovaciones tecnológicas localizadas está influenciada por el precio relativo de los factores de producción y está impulsada por su evolución a lo largo del tiempo, así como por la cantidad de recursos disponibles para las inversiones (Antonelli, 1995).

adopciones, la reducción de los costos de producción y, por lo tanto, la mayor rentabilidad de la adopción para nuevas clases de clientes potenciales. El argumento principal del autor es que el carácter localizado del cambio tecnológico juega un papel importante en la evaluación de las tasas de difusión de las innovaciones.

Como elemento extra de difusión de conocimiento se considera el modelo de Berliant y Fujita (2009), donde se supone que hay dos agentes con conocimiento diferencial y conocimiento común. El conocimiento crece a partir de la difusión, si un agente incrementa su conocimiento a partir de interactuar con el otro agente entonces habrá interacción. Valdivia (2017) hace una adaptación de modelo de Berliant y Fujita (2009) para el caso de México y España, pero considera  $n$  agentes heterogéneos que representan zonas metropolitanas. Se modela la creación de conocimiento nuevo a partir de la difusión del conocimiento común y diferencial. Los agentes deciden interactuar cuando la suma del conocimiento común de  $i, j$  más la transferencia del conocimiento diferencial es mayor al conocimiento común de  $i$ . Con este modelo microeconómico basado en agentes se da sustento a la idea de que la interacción entre agentes localizados permite la difusión y la creación del conocimiento. Esta es otra manera de modelar las derramas del conocimiento y medirlas por el crecimiento del conocimiento a nivel de interacción de agentes en el territorio.

Finalmente, la modelación microeconómica de Antonelli (1995) sucede al interior de la empresa, justamente en el nivel de las curvas de isocuantas, en la estructura de costos, productividad y cambio en los precios de los factores debido a las externalidades y la difusión de bienes de capital. La argumentación sirve para dar sustento a las decisiones de las empresas de producir innovaciones tecnológicas localizadas o generales. Estas decisiones y sus consecuencias no se pueden desligar del espacio donde suceden, pues como se muestra en el modelo de productividad y difusión la demanda determinada por el conjunto de agentes localizados en el territorio es importante. Agregar el modelo de Berliant y Fujita (2009) y el de Valdivia (2017) es trascendente para esta investigación porque da un paso más adelante en la micro fundamentación de la localización en el espacio de la producción de conocimiento, innovaciones y tecnología.

#### **2.1.4. Localización regional.**

Como ya se ha planteado, el factor regional es un elemento clave en la presente investigación, no sólo por el corte espacial, sino, principalmente, porque el proceso de innovación, cambio tecnológico y desarrollo de las actividades económicas basadas en la

ciencia y la tecnología, representada en sectores científicos y tecnológicos definidos, es codependiente del proceso económico regional, es decir, la innovación, ciencia, tecnología sólo se pueden entender como procesos interrelacionados con la dinámica espacial en la que se desenvuelven. Más adelante en este capítulo se explica tal dependencia y la importancia de los procesos económicos espaciales. A continuación, se trata el tema de la localización regional del cambio tecnológico.

Vernon (1966) retoma la idea de asimetrías regionales en la distribución espacial de la capacidad de generar y difundir innovaciones. Según este autor, el cambio tecnológico no solo se localiza a nivel de la empresa, tecnología, isocuanta o industria, la localización en el espacio juega un papel importante. La concentración de las innovaciones en unas cuantas regiones es un factor que facilita e impulsa estos procesos. Las consecuencias de las dinámicas de las relaciones de los agentes en el espacio es materia de la economía urbana y regional, pero aquí se retoman algunas ideas que no escapan al horizonte de la economía de la innovación.

Antonelli (1995) reconoce la importancia del factor regional para la innovación, el conocimiento, la ciencia y el cambio tecnológico, considera que las externalidades (Marshall, 1890) por proximidad espacial tienen un papel importante en la explicación de la localización de la innovación porque, entre otras cosas, afectan los costos de conmutación resultado de ventajas en la dotación de factores en ciertas regiones. En el discurso de Antonelli esto es muy importante porque al ser un factor que determina los costos de conmutación se vuelve un determinante de la decisión de una empresa al desarrollar innovaciones o cambio tecnológico localizado. En otras palabras, el factor regional se convierte en un elemento de la fundamentación microeconómica del cambio tecnológico, ya sea genérico o localizado.

La estructura regional afecta a los factores de dotación de distintas maneras: los elementos localizados en una región tal como los insumos, capital humano, otras empresas etc. producen externalidades tanto tecnológicas como pecuniarias. Estas externalidades se generan a partir de los elementos que se encuentran en la región, pero principalmente por las interacciones e interdependencias entre empresas co-localizadas, no solamente en distritos industriales, también debe considerarse la co-localización de los agentes (empresas y capital humano) a lo largo del espacio, distrito, ciudad, zona metropolitana o región. Otro elemento fuertemente enlazado con la idea de externalidades es el papel de los rendimientos crecientes Krugman (1991) explican la localización por aglomeración. Una

adopción temprana en una región permite formar una ventaja que se traduce en una trayectoria.

En términos de la micro fundamentación del cambio tecnológico e innovación las externalidades pecuniarias (Krugman, 1991 y Moretti, 2004) y de demanda juegan un papel central, pues afectan de manera directa la formación de costos, ajuste y conmutación, productividad y difusión en la empresa. Por otra parte, las barreras elásticas regionales parecen constituir una parte importante de los costos de ajuste y, por lo tanto, tienen un fuerte carácter localizador en la introducción de innovaciones cuando los precios de los factores cambian inhibiendo los movimientos de las isocuantas existentes hacia técnicas localmente inexpertas (Antonelli, 1986). En cuanto a las externalidades tecnológicas (Marshall, 1920; Arrow, 1962 y Romer, 1986) y cognitivas contribuyen a la formación y distribución del conocimiento genérico y localizado, con lo que, en buena medida, se determina la estrategia de innovación y cambio tecnológico de la empresa.

Además de derramas y rendimientos crecientes la estructura de la región tiene una fuerte influencia en el cambio tecnológico e innovación por el lado de la determinación de la demanda y la interacción usuario – productor. En cuanto a la demanda<sup>20</sup>, la disponibilidad de capital humano e insumos intermedios es determinante para la decisión de localización de las empresas, de esta manera se determina el grado de localización del desarrollo y ruta de la tecnología. Al respecto de las interacciones usuario-productor, los efectos de auto-refuerzo que produce la aglomeración permiten, entre otras cosas, que el usuario y el productor estén lo suficientemente cerca como para interactuar de manera directa y de esta manera potenciar el aprendizaje localizado, con lo que se estaría fortaleciendo la localización por aprendizaje.

#### **2.1.5. Dependencia de la trayectoria.**

La referencia al concepto de “dependencia de la trayectoria” en la teoría de cambio tecnológico localizado está implícita. En este subapartado se retoma el texto de Antonelli (2006) para dar cuenta de la importancia de este concepto y cómo influye en la localización de la ciencia y la tecnología, además de ser un eslabón de enlace con el análisis del espacio y del territorio.

---

<sup>20</sup> En el apartado 3 de este capítulo se abordarán los modelos que dan explicación a la importancia de las dotaciones de capital humano e insumos en la localización y crecimiento de las empresas en determinadas regiones.

De forma general se considera que la dependencia de la trayectoria es la forma específica de dinámicas complejas que sirven para entender los sistemas económicos como sistemas en evolución que permiten integrar en un marco único y coherente una variedad de contribuciones relevantes y complementarias. Durlauf (2005) Ofrece un marco analítico y fecundo capaz de explicar y evaluar los cambiantes resultados de la combinación e interrelación de factores de continuidad y discontinuidad, crecimiento, desarrollo, histéresis y creatividad, rutinas y libre voluntad que caracterizan la acción económica en una perspectiva dinámica. Se consideran agentes individuales con racionalidad limitada, que interactúan y están insertos en el espacio concreto y el tiempo histórico (no – ergódico). En cuanto a la noción de espacio no es explícita, pero se deduce a partir de la consideración de la arquitectura y la estructura de las redes y los agentes involucrados.

La dependencia de la trayectoria se manifiesta en varios niveles: interna, individual y sistémica. Para los intereses de la presente investigación se hará referencia solo a las propiedades de la dependencia de la trayectoria sistémica. Esta se centra en los factores del ambiente que determinan la localización de la innovación, ciencia, tecnología, conocimiento, etc. es una clara referencia a la estructura y dinámica de la región. Enfatiza la atención en externalidades no pecuniarias, estructura de interacciones, redes, flujos, tamaño de mercados, competencia, distribución geográfica, densidad regional y tecnológica, contexto institucional, etc. de esta manera, el territorio económico es consecuencia y causa de la dinámica compleja del sistema, como resultado, las decisiones de localización y movilidad son intencionales y endógenas. Finalmente se debe pensar a la dependencia de la trayectoria sistémica es una especie de suma de tiempo y espacio, donde el pasado se inserta en la estructura regional.

## **2.2. Economía Regional.**

La economía regional debe distinguirse de la economía urbana, aunque ambas corrientes trabajan juntas en los estudios territoriales aquí se distingue a la economía regional como el campo de teoría y análisis de la localización de las actividades económicas y a la formación de regiones económicas, donde las áreas centrales y las periferias son partes que conforman a la región (Behrens, 2007). De esta manera, la región no sólo es la delimitación espacial de la investigación, es una parte integral que determina y es determinada por los procesos que desatan los sectores de ciencia y tecnología en el contexto regional.

### 2.2.1. Unidades espaciales.

La ruta lógica adoptada en este capítulo es ir del concepto más abstracto, el espacio, hasta conceptos más concretos como el de territorio, región, ciudad, zona metropolitana etc. hasta llegar a la propuesta de modelo territorial de innovación.

El concepto de espacio parece ser algo trivial, resultado de la percepción como el lugar que ocupan las cosas. Sin embargo, esta idea se entiende mejor a partir de una distinción simple: 1) El espacio absoluto es el que existe en forma objetiva, independiente y permanente de los fenómenos y procesos que en él se desarrollan<sup>21</sup>. Y 2) El espacio relativo se define como un campo de fuerzas cuyas relaciones e intensidades están dadas por las actividades y objetos del espacio, las cuales a su vez se caracterizan por las funciones que realizan, su comportamiento está determinado por la influencia de las actividades y objetos que forman parte de él (Asuad, 2016: 110). En esta investigación se entiende espacio como el lugar definido por las actividades que en él se realizan.

Si la idea de espacio la trasladamos a la geografía se puede arribar al concepto de territorio; es la porción de espacio geográfico que contiene una serie de elementos concretos como la naturaleza, personas, infraestructura, relaciones, cultura etc. Puede estar construido de manera contigua o por lugares en red (Bosque y Ortega, 1995, 167) y fragmentado en distintos niveles políticos. Cuando el territorio se divide en niveles políticos se construye la forma país, entidad federativa, municipio, localidad, etc. además de estas delimitaciones políticas pueden aparecer otras categorizaciones como el espacio urbano<sup>22</sup>, espacio rural, ciudad, zona metropolitana, área funcional y región.

La ciudad tiene origen político<sup>23</sup> y normalmente se encuentra dentro de los límites de un municipio. Desde la perspectiva demográfica, la ciudad resulta del comportamiento de la

---

<sup>21</sup> Este concepto proviene de la física y es un concepto objetivo y medible mediante un sistema de coordenadas. En relación con el espacio geográfico se refiere a que cada lugar en la tierra tiene un lugar fijo y su localización es independiente de cualquier otro fenómeno (Asuad, 2016).

<sup>22</sup> El territorio se puede dividir en áreas rurales y urbanas, las primeras corresponden a zonas con poca densidad poblacional (menos de 2, 500 habitantes por localidad o municipio) y que su base económica corresponde a actividades primarias. En contraparte en el espacio urbano se desarrollan actividades económicas secundarias y terciarias, muestra alta densidad poblacional, provee servicios urbanos como infraestructura y redes de transporte. El crecimiento del espacio urbano permite la formación de las ciudades.

<sup>23</sup> lugar de residencia de los ciudadanos. Las áreas urbanas son lugares donde las actividades de mercado dan lugar a actividades económicas densas. La proporción de capital y trabajo en relación con la tierra es mayor. Según Alonso (1960) el uso del suelo se determina a partir de la competencia de los agentes por la localización. Se supone que existe un equilibrio espacial y una utilidad constante, con base en eso se determinan los precios de la tierra.

población en el espacio, es un punto focal de utilización y ocupación del hombre en la tierra (espacio construido). En términos económicos la ciudad es proveedora de servicios urbanos: transporte, infraestructura, aporte logístico, vinculación de producción y consumo, especialización en servicios, etc.; su soporte económico reside en los servicios que proporciona al área de complemento que la rodea; su naturaleza depende de la base económica (Asuad, 2016). La Zona Metropolitana corresponde a todos aquellos municipios que contienen una ciudad de un millón de habitantes o más, así como aquellos con ciudades de 150 mil o más habitantes que comparten procesos de conurbación con ciudades de Estados Unidos (CONAPO, 2005).

La idea de región también aborda una dimensión absoluta y una relativa. El concepto de interés para esta investigación es el de región relativa; la cual es una unidad espacial que sintetiza los elementos más importantes y representativos de un conjunto complejo de fenómenos, los cuales tienen algún grado de asociación interna, lo que permite su observación y estudio. La región es relativa porque es una entidad cambiante y dinámica como resultado de las fuerzas que operan en su interior.

Aunque existen varios tipos de región<sup>24</sup>, la investigación se concentra en la región económica funcional que comprende un espacio continuo y territorio heterogéneo, se compone de un sistema de ciudades o nodos centrales con sus respectivas áreas de influencia, donde estas guardan relación entre sí, pues los agentes, actividades y relaciones que ahí se desarrollan son producto y consecuencia de la estructura regional. La región surge de las economías externas que propician la concentración industrial y el surgimiento de sistemas económicos de centro – periferia. Se caracteriza económica y socialmente por las disparidades que presenta en el crecimiento económico y en las condiciones de nivel de vida de su población (Asuad, 2016). Como se puede observar, en una región puede haber varios municipios y entidades federativas; ciudades y sus zonas de influencia; además se deben considerar las subregiones o áreas funcionales, las cuales son subregiones que incluye a una ciudad (nodo central) y un área de influencia, que normalmente son los municipios vecinos con menor concentración de población y

---

<sup>24</sup> Además de la región económico – funcional existen la Región Homogénea: Región cuyo criterio de delimitación es por semejanza de atributos o valores. Su enfoque es a través de la clasificación de variables. Su delimitación se consigue a través del conocimiento de las funciones económicas de sus principales puntos de concentración (sitios económicos). Su enfoque es a través del análisis de centros y subcentros, así como sus flujos y áreas de influencia; y la Región de Planeación: Se basa en criterios no necesariamente económicos, donde el objetivo principal consiste en establecer acciones y políticas tendientes al ordenamiento y a objetivos con criterio político/administrativo de parte de los gobiernos interesados.

actividades económicas. La región es un concepto bastante recurrido para los estudios de innovación en donde se destacan las condiciones geográficas, naturales y sociales que posibilitan la instalación e interacción de empresas con diversos agentes para poder generar innovación (Rozga, 2013).

### **2.2.2. Espacio económico.**

Durante mucho tiempo, los aportes en cuanto a economía espacial fueron aislados y marginales, pues la economía tradicional privilegió los recursos y la dimensión temporal. Sin embargo, las referencias al espacio se encuentran en autores de distintas escuelas<sup>25</sup>. En este apartado se concentra la atención a los aportes clave de Von Thünen, Marshall, Weber, Christaller y Lösch, posteriormente integraremos otros aportes hasta dar un panorama amplio de la economía dedicada al espacio. Como precursores están los trabajos de Von Thünen (1826) y Marshall<sup>26</sup> (1890) pues solo aportan referencias al espacio insertos en marcos teóricos generales.

Von Thünen desarrolló un modelo deductivo en el que incorpora el concepto de renta de localización del suelo. Se reconoce como el fundador de la teoría de la economía espacial, renta de localización, distancia y costos de transporte. Contribuyó para entender la concentración de la actividad económica próxima al mercado y la influencia de las ciudades en la localización de la actividad económica; efectos en el crecimiento urbano; distribución de la actividad económica y población al interior de las ciudades; efectos del crecimiento urbano en la tierra agrícola cercana a la ciudad y; efectos de localización y distancia de los terrenos agrícolas al mercado en su utilización económica. Los modelos de Von Thünen se pueden caracterizar como localización agrícola y estructuras espaciales alrededor del centro de consumo (Asuad, 2016).

Alfred Marshall reconoce el papel del espacio en el comportamiento de la economía y enfatiza el papel de los distritos industriales. Hace una distinción entre espacio – distancia, espacio productivo y la localización entre la producción y el consumo, como determinantes de que la ubicación de la economía tienda a concentrarse en ciertos lugares. La formalización del distrito industrial es resultado de la concentración de empresas que conforman una industria especializada, con lo que plantea las economías externas como

---

<sup>25</sup> Asuad (2015 y 2016) hace un resumen sustancial de los aportes de los distintos economistas a la tradición espacial de la teoría económica.

<sup>26</sup> Aunque Marshall hizo referencia a los distritos industriales, la escuela de los distritos industriales se forma en los años setenta a partir del trabajo de Bagnasco (1977).

las ventajas o desventajas que un productor puede obtener al localizarse cerca de otros productores de la misma industria. La proximidad espacial de las empresas determina el encadenamiento productivo, producto de ventajas de distancia, costos de transporte, economías de escala, proveedores de insumos intermedios y mano de obra especializada.

### **2.2.3. Teorías de la localización.**

Las teorías de la localización brindan las bases para comprender los mecanismos que propician la distribución de las actividades económicas sobre el espacio. En este nivel se concibe al espacio como distancia, mediada por el costo de transporte, y en relación con las economías de escala en la producción. Además de los aportes de los precursores, Von Thünen y Marshall se deben retomar los aportes de Weber, Christaller y Lösch.

Alfred Weber (1909) propuso la Teoría de la localización industrial. Aquí, el espacio es heterogéneo, la decisión de localización de una industria depende de la influencia de sitios alternativos en el abastecimiento de insumos y se relaciona con la localización en función del mercado de consumo de esta industria. Plantea un triángulo locacional donde la mejor decisión depende de que los beneficios de localización superen los costos de transporte. Los beneficios de localización surgen de economías de escala internas dadas por: proximidad espacial de otras industrias; mercado de trabajo integrado y especializado; mercado de mayor tamaño e; infraestructura de transporte.

Walter Christaller (1933) y la teoría del lugar central. La localización de la economía se caracteriza por la concentración en ciertos lugares donde se minimizan las distancias y costos de transporte. Estos lugares proporcionan bienes y servicios a su área espacial de influencia inmediata. El área de influencia se caracteriza por población dispersa en un territorio isotrópico y uniforme. La formación de los lugares centrales resulta de las fuerzas del mercado en el espacio, en otras palabras: de un rango de mercado (distancia máxima que un consumidor está dispuesto a recorrer para comprar un bien) y umbral de demanda (área que rodea al lugar central con la suficiente población para generar demanda rentable). Otro modelo propuesto por Christaller es el de jerarquía de los lugares centrales, donde expone que los servicios y bienes más complejos se localizan en lugares centrales más grandes, en correspondencia, bienes y servicios más simples se producen en lugares centrales pequeños. Esta sugerencia sigue vigente en la actualidad, pues esta investigación buscará comprobar que los servicios científicos y tecnológicos se localizan en el área funcional más grande de la región y de esta, en el centro de la ciudad.

August Lösch (1945) desarrolla un modelo de equilibrio general con la intención de superar el modelo de Christaller (Capello, 2007). Considera que la naturaleza esencial de las regiones corresponde a su economía, lo que determina el orden espacial de las cosas, destacando que los espacios políticos, geográficos o culturales son artificiales en lo que respecta al comportamiento económico (Asuad, 2016). También desarrolla un modelo ideal de región, explica las diferentes estructuras espaciales de las áreas de mercado: lugar central, áreas de influencia (cinturones) y regiones, considerando como criterio las interacciones del mercado y la integración productiva.

#### **2.2.4. Nueva Geografía Económica.**

Continuando con los modelos de la economía regional y las teorías de la localización, los modelos de la nueva geografía economía son relativamente recientes, aunque continúan con la tradición de Christaller y Lösch hay diferencias sustanciales. El trabajo de Krugman (1991) se inserta en la corriente neoclásica, sin embargo, tiene especial importancia por los siguientes aspectos: 1) contribuye con la fundamentación microeconómica de las decisiones de localización de los agentes y la formación de economías de aglomeración y 2) aborda la creación de externalidades pecuniarias, asociadas con demanda y oferta. El modelo trata sobre la formación de dos regiones, una central donde se concentra la actividad económica y una región periférica dedicada a la producción agrícola, las regiones se forman con base en la decisión de localización de los agentes motivados por motivos económicos pecuniarios.

Los supuestos del modelo son: dos regiones y dos factores de producción en cada región, cada factor específico de cada región, un bien agrícola y un bien manufacturado; los trabajadores agrícolas son inmóviles y los trabajadores industriales son móviles; la producción del bien industrial contempla un costo fijo y un costo marginal generado por economías de escala; el transporte del bien agrícola no genera costos, el costo de transporte del bien industrial es de tipo iceberg<sup>27</sup>; hay un número grande de empresas y cada una produce solo un bien y, se cumple la ley de Say, la oferta de cada bien es proporcional a la demanda.

El equilibrio de corto plazo es de tipo *marshalliano* referente a una distribución dada que corresponde con un modelo de convergencia entre regiones, los salarios y precios son iguales en las regiones, por lo que no hay incentivos para moverse. Si por algún motivo

---

<sup>27</sup> El costo de transporte del bien industrial se carga al costo final del producto.

algún agente migra se modificarán las condiciones, la región receptora de migración tendrá un mayor mercado con mejores condiciones dadas las economías de escala mientras que la región expulsora tendrá menor competencia.

En términos de largo plazo, los trabajadores decidirán migrar al mercado más grande pues tendrán mayores salarios reales, este efecto causará divergencia regional. Las decisiones de los agentes en el modelo se basan en tres parámetros: fracción de gasto en bienes industriales, elasticidad de sustitución entre productos y el costo de transporte. Según las condiciones iniciales dadas, si hay alto costo de transporte habrá convergencia, mientras que si el costo de transporte es bajo habrá concentración de la actividad industrial. Con respecto de la proporción gastada en bienes industriales se observa un vínculo progresivo, mientras mayor sea esa fracción mayor será la concentración de empresas en una región. Si las economías de escala son grandes, también será la proporción del gasto en los bienes industriales y mayor la concentración y la divergencia. Si la elasticidad de sustitución es alta quiere decir que las economías de escala no son grandes y esto contribuye a la convergencia.

Con este sencillo modelo Krugman da cuenta de cómo se forman los patrones centro periferia resultado de las economías externas pecuniarias considerando la distancia económica mediante los costos de transporte. Este es un modelo que pone el crecimiento económico en perspectiva, los rendimientos crecientes provocados por las economías de escala y la aglomeración conducen a procesos de crecimiento centralizado, concentrado en una región central, mientras que el área circundante funciona como periferia o región agrícola con menor grado de crecimiento económico, por lo que los patrones del crecimiento son divergentes. Este modelo enriquece de manera sustancial es análisis de esta investigación, pues se fundamenta la idea de la región compuesta por uno o varios centros y una o varias periferias que mostrará niveles de crecimiento divergentes, mientras la convergencia permanece a nivel de las zonas centrales.

#### **2.2.5. Análisis Regional.**

La regionalización económico funcional es el proceso de construcción del espacio con base en la identificación de las interrelaciones entre actividades económicas y los sitios que ocupan y las funciones que desempeñan, por lo que se pretende comprender la forma en que se estructura y funciona la actividad económica en el espacio. En la regionalización funcional se describe una lógica interna que corresponde sólo a un espacio según los criterios empleados, en otras palabras, se caracteriza por su organización en relaciones

económicas funcionales, que se maximizan al interior de la región, como flujos de interacción económica intra-regional (Asuad, 2016). El propósito principal de este análisis es examinar la interdependencia funcional y la relación que existe entre unidades centrales y el resto del conjunto, por lo que se utiliza para ello criterios heterogéneos y diversos, precisando la función que cada una de las partes desempeña. Es fundamental identificar la red de intercambios que se establecen entre el centro regional por tipo de actividades económicas o industrias motrices, lo que lleva a clasificar a los bienes y servicios según el alcance y dimensión de sus mercados en productos locales, regionales, nacionales o internacionales.

Es necesario detenerse en los conceptos de especialización y diversificación. La especialización en las ciudades es, en parte, el resultado de las interacciones económicas dentro de un sector dado (economías de localización), mientras que la diversificación es fomentada por las interacciones económicas entre sectores (economías de urbanización). Duranton y Puga (2000) aportan algunos hechos estilizados importantes en cuanto a localización y crecimiento de las ciudades que conviene resumir:

1. **Las ciudades especializadas y diversificadas coexisten:** Las ciudades altamente especializadas suelen serlo en sectores extractivos, estos son el eje de sus economías; mientras tanto, las grandes ciudades diversificadas pueden mostrar especialización en sectores dinámicos, de vanguardia o de alto valor agregado.
2. **Las ciudades más grandes tienden a ser más diversificadas. Las ciudades de especialización similar son de tamaño similar:** Henderson (1997) muestra que las grandes ciudades (más de 500 000 Hab) están, en promedio, más especializadas en servicios (finanzas, seguros y sectores de bienes raíces) y menos en manufactura que en ciudades medianas (50 000-500 000 hab). En el sector industrial, las ciudades medianas están más especializadas en industrias maduras (como textiles, alimentos, celulosa y papel) y menos en nuevas industrias (como componentes e instrumentos electrónicos)
3. **La distribución del tamaño relativo de la ciudad, la clasificación individual de la ciudad y las especializaciones individuales de una ciudad son estables a lo largo del tiempo:** No hay evidencia empírica significativa sobre transformaciones repentinas en tamaño y especialización de alguna ciudad, salvo el caso de ciudades decadentes que reducen su tamaño debido a la crisis de algún sector.

4. **El crecimiento individual de la ciudad está relacionado con la especialización, diversificación y con la ubicación relativa:** Las grandes ciudades tienden a crecer a un ritmo más lento; esto favorece el desarrollo de ciudades adyacentes y las lejanas; dificultan el desarrollo de ciudades situadas a una distancia media.
5. **La mayoría de las innovaciones tienen lugar en ciudades diversificadas y la mayoría de las nuevas fábricas se crean allí, mientras que mayoría de las reubicaciones son de ciudades diversificadas a ciudades especializadas:** La diversificación localizada puede favorecer la innovación. Feldman y Audrescht (1999) muestran que las industrias que comparten una base científica común tienden a agruparse, posteriormente la especialización de la propia industria tiene un efecto negativo en la producción innovadora, mientras que la diversidad entre las industrias con una base científica y tamaño de la ciudad común tienen un efecto positivo y altamente significativo en la producción innovadora.

Otro elemento del análisis regional es la dinámica y competitividad regional: la cual se define como las actividades que lideran el proceso económico regional, capta eventual presencia de ventajas comparativas, encadenamientos y agentes relacionados con el análisis de la estructura productiva de la región por sectores.

El análisis de la base económica se refiere al conjunto de actividades cuyo desarrollo determina el crecimiento económico de un país o de una región. Sostiene que la economía regional crece más cuando se desarrollan los sectores económicos que no están directamente ligados a la economía regional, por lo que las exportaciones suelen ser buenos indicadores de la base económica. De esta forma, la economía local se compone de un sector básico, relacionado con el sector externo, y un sector no – básico, ligado a la economía doméstica. Con el índice de variación se mide la transformación de la región en referencia de la estructura económica y de los sectores económicos en referencia de la región en el tiempo. Estos instrumentos permiten construir una buena idea de la dependencia de la trayectoria al considerar los cambios de la estructura económica en el tiempo.

Con el análisis de participación y cambio se mide el crecimiento relativo de los sectores y regiones y se analizan los componentes del crecimiento al descomponerlo en elementos estructurales y de coyuntura. Estos instrumentos sirven para detectar qué regiones y sectores podrían ser objeto de políticas de impulso de corto, mediano y largo plazo.

### **2.3. Economía Urbana.**

En esta parte atendemos los modelos que explican las economías de aglomeración en un entorno urbano, dicho sea de paso, el espacio de las economías basadas en el conocimiento. Atender estos espacios de forma independiente es necesario pues en este nivel espacial es donde se expresan algunos de los efectos más importantes que tienen las actividades de ciencia y tecnología en el territorio. Anteriormente ya se había referido a las economías externas, pero en este apartado se hará énfasis en las formas y modelos de estas en el nivel del espacio urbano, la ciudad.

#### **2.3.1 Economías de aglomeración.**

El concepto básico es el de economías externas<sup>28</sup>, de aquí se producen las economías de aglomeración que tienen dos formas: economías de localización y economías de urbanización. Como ya se mencionó, Marshall (1890) es el primero en argumentar que la interacción social entre trabajadores de la misma industria y lugar genera oportunidades de aprendizaje que aumentan la productividad. También propuso que se producen economías externas pecuniarias por la extensión del mercado de trabajo. En este contexto surgen las economías externas bajo tres argumentos que explican su presencia: 1) la concentración geográfica ofrece proveedores de insumos en tiempos y distancias más cortas; 2) la presencia de mercados laborales condensados que proveen mano de obra especializada; y 3) la proximidad física que facilita la difusión e intercambio de tecnología e información.

Las economías de aglomeración son las fuerzas económicas que hacen que las empresas se ubiquen una cerca de la otra en grupos. Este proceso puede ocurrir de dos maneras: 1) las fuerzas que actúan juntas en las empresas de una sola industria se denominan economías de localización, lo que indica que son "locales" para una industria en particular y 2) cuando las economías de aglomeración cruzan los límites de la industria, se llaman economías de urbanización. La idea es que la presencia de empresas en una industria atrae empresas de otras industrias (Sullivan, 2003: 76).

Las economías de localización se expresan en los efectos de la concentración de la industria como el incremento de la productividad del trabajador, el número de nuevas plantas de producción y el crecimiento en el empleo industrial. Se debe destacar que este concepto se refiere a la concentración de agentes de un mismo sector o actividad económica, que aprovechan las economías de escala y las derramas de conocimiento intra

---

<sup>28</sup> Mankiw (2004) define las externalidades como el impacto no compensado de las acciones de los agentes económicos sobre otros

– sector (Arrow, 1962). Por el contrario, las economías de urbanización, definidas como economías de aglomeración que cruzan los límites de la industria, hacen que las empresas de diferentes industrias se ubiquen una cerca de la otra. El resultado es el desarrollo de ciudades grandes y diversas (Jacobs, 1971).

### **2.3.2. Modelos de las economías de aglomeración.**

A continuación, se exponen los modelos que dan explicación a la formación de economías de aglomeración, tanto en la forma de economías de localización como en economías de urbanización.

#### **2.3.2.1. Insumos intermedios.**

Empresas de la misma industria se ubican una cerca de la otra para abastecerse de los insumos y aprovechar la reducción del costo de los insumos debido al incremento de la demanda. Este modelo es muy utilizado para explicar la localización de empresas extractivas, pues la localización está en función de la dotación de recursos naturales, lo cual genera ventajas competitivas (Ellison y Glaeser, 1999). La ubicación determinada por recursos naturales no influye de manera importante en la localización de los sectores científico – tecnológicos en conjunto, pero si es determinante en casos particulares, la localización de la biotecnología se puede explicar siguiendo este modelo<sup>29</sup>, este es un caso importante pues se trata de una actividad intensiva en conocimiento e innovadora que se articula con actividades productivas tradicionales como el sector agropecuario. Lo cual sirve de ejemplo para analizar el impacto de actividades económicas basadas en el conocimiento en territorios con economías de localización. A continuación, se presentan algunos rasgos importantes de este modelo:

Se dice que la producción de insumos intermedios está sujeta a economías de escala. Una empresa que produce insumos intermedios para otras empresas usa insumos indivisibles y mano de obra especializada, por lo que el costo por unidad producida tiende a disminuir mientras aumenta la producción. La producción de estas empresas es grande en comparación con la demanda de insumos intermedios de una sola empresa, por lo que las empresas no producirán sus propios insumos intermedios, sino que comprarán a la empresa que se especializa en la producción de estos. La producción sujeta a economías

---

<sup>29</sup> La definición del sector biotecnológico se hará en el capítulo cuatro, correspondiente a los resultados de la presente investigación.

de escala es un axioma de la economía urbana (Sullivan, 2003) porque permite dos circunstancias.

- Interacción usuario productor cara a cara. La cercanía geográfica permite el intercambio de información por interacción directa entre proveedores y consumidores de los insumos intermedios, como se pudo observar más arriba (Antonelli, 1995) este mecanismo facilita la innovación localizada.
- Costo de modificación. El costo de modificación de insumos intermedios será menor para una empresa que cuenta con economías de escala, en comparación con la empresa que debe producir sus propios insumos.

La aglomeración de empresas usuarias de insumos intermedios reduce el precio del insumo por dos razones: 1) el grupo de empresas generan mayor demanda de insumos intermedios y permiten a los productores de insumos intermedios explotar economías de escala, lo que resulta en que el precio de los insumos intermedios sean más bajos, y 2) la mayor demanda de insumos intermedios permite a los productores de estos especializarse en distintas variedades de insumos, reduciendo costos de modificación y especificación.

#### **2.3.2.2. Efectos de auto – refuerzo.**

Este es el segundo axioma de la economía urbana porque cuando las economías de aglomeración son lo suficientemente fuertes como para compensar el costo de la agrupación, las empresas formarán grupos industriales, lo que provocará el desarrollo de ciudades especializadas. Este modelo describe el comportamiento microeconómico de las empresas al decidir su localización. A medida que crece el número de empresas en un clúster baja el precio de los insumos, pero, incrementa el costo del trabajo de manera constante dada la demanda creciente de trabajo por el incremento de la producción; el modelo muestra el momento en el que los beneficios compensan los costos y se determina el número de empresas en el clúster que maximiza los beneficios de la aglomeración. El modelo presenta dos equilibrios estables, la empresa aislada y el número máximo de empresas que conservan los beneficios de la aglomeración. Las economías de aglomeración que comparten un proveedor de insumos intermedios generan cambios que se auto-refuerzan a sí mismos.

#### **2.3.2.3. Oferta de trabajadores.**

En este modelo se supone movilidad del trabajo. La noción clave de compartir un pool de trabajadores es que el proceso de auge y caída ocurre a nivel de la empresa, no de la

industria. En este modelo formal, la demanda total a nivel industrial es constante, pero la demanda de cada empresa varía según el periodo. Para cada empresa, hay dos posibilidades: alta y baja demanda. Como se demostrará, existe un incentivo para que las empresas de dicha industria se agrupen para compartir un pool de trabajadores.

Se plantean dos alternativas: empresa aislada y empresa en un clúster. En el sitio aislado se supone que la oferta de trabajo en el sitio aislado es perfectamente inelástica. Esto significa que los salarios aumentan y disminuyen en función de su demanda. Para comparar la localización aislada y en un clúster es recomendable recordar el primer axioma de la economía urbana: los precios se ajustan en un proceso de equilibrio. En el clúster la demanda de trabajo a nivel de industria es constante, pese a que alguna empresa disminuya la demanda de trabajo, esta se compensa con el incremento de la demanda de trabajo de otra empresa. Ahora se supone que hay movilidad de trabajo entre el lugar aislado y el clúster.

En el clúster el salario fue fijado según un proceso de equilibrio, para cada empresa contratará menos o más trabajadores según su demanda a ese salario de equilibrio. Mientras para la empresa aislada el salario sube o baja según su demanda. La fijación del salario de equilibrio permite que los beneficios de estar en el clúster sean mayores para cualquier empresa, aun cuando la demanda sea baja<sup>30</sup>.

Otro beneficio del pool de trabajadores es que se tiende a incrementar las habilidades del capital humano por medio del emparejamiento (matching). Helsley y Strange (1990) desarrollaron un modelo formal de igualación de habilidades del capital humano. La hipótesis es que más trabajadores implican mejores habilidades. El aumento de trabajadores en una ciudad con empresas aglomeradas disminuye los desajustes de las habilidades demandadas, lo que reduce costos de capacitación o aprendizaje e incrementa los salarios y la productividad, por lo que la atracción de empresas y trabajadores es mutua, se auto-refuerzan.

#### **2.3.2.4. Derramas de conocimiento.**

Tal vez el modelo más importante para esta investigación es el de derramas de conocimiento. Existe abundante evidencia de que los efectos indirectos del conocimiento contribuyen en la formación de conglomerados sólidos. Dumais, Ellison y Glaeser (2002) muestran que las derramas de conocimiento favorecen la formación nuevas empresas,

---

<sup>30</sup> La explicación detallada del modelo se encuentra en Sullivan (2003, 52 - 55)

siendo las más afectadas las empresas que demandan graduados universitarios. Sus resultados sugieren que las derramas de conocimiento son importantes para determinar la ubicación de las empresas de actividades orientadas al conocimiento. Rosenthal y Strange (2001) muestran que las industrias más innovadoras son más propensas a formar conglomerados y las derramas de conocimiento que producen resultan ser muy localizadas, de apenas algunas millas. Valdivia, Delgado y Galindo (2010) muestran evidencia para la zona metropolitana de la ciudad de México sobre el patrón de las derramas de empleo de actividades asociadas al conocimiento se dan en distancias cortas, en contraste con las derramas de empleo del sector manufacturero que sucede en distancias largas.

Un modelo formal de derramas asociadas al incremento del capital humano en ciudades es presentado en Moretti (2004). Este modelo es importante para la presente tesis, se presentan externalidades pecuniarias y tecnológicas producidas al incrementar el nivel de capacitación del capital humano con una perspectiva espacial.

Las externalidades tecnológicas se construyen dentro de funciones agregadas de producción como rendimientos crecientes producidos por las características del conocimiento (Lucas, 1988), la interacción directa juega un papel importante pues es un mecanismo de incrementar el capital humano (Duranton y Puga, 2004); mientras que las externalidades pecuniarias surgen por la extensión del mercado y la complementariedad de los factores de producción (Acemoglu, 1996).

La idea base es que el capital humano no está distribuido aleatoriamente en el territorio, tiende a concentrarse donde hay alta productividad y amenidades; las empresas tienden a localizarse donde los costos sean menores y la productividad mayor. De esta manera el capital humano contribuye al crecimiento de la región. Los supuestos son los siguientes:

En una estructura de equilibrio simple. Hay dos ciudades con diferentes niveles de amenidades; dos tipos de trabajo, educado y no educado; movilidad perfecta de trabajadores y empresas; estructura del mercado competitiva; dos bienes, uno comerciable externamente y uno comerciable localmente (tierra). Cada ciudad es una economía competitiva que produce  $Y$ , combinando trabajo calificado, no calificado y capital ( $N_a, N_b, K$ ), la derrama ( $A$ ) considera la productividad de las empresas en la ciudad depende del nivel agregado de capital humano ( $S: A f(s)$ ). Dando como resultado la siguiente función:  
 $Y = Ag(N_a, N_b, K)$ .

El equilibrio se alcanza cuando los trabajadores tienen utilidades iguales y las empresas mismos costos unitarios en ambas ciudades. Las funciones de producción cambiarán debido a los efectos de derrama y las funciones de costo serán específicas de cada ciudad. La derrama se da cuando incrementa el nivel capital humano, lo cual puede ocurrir por dos motivos:

- 1) incrementando la oferta de capital humano. La ciudad con mayor proporción de amenidades atraerá trabajadores calificados. Si no hay derramas el incremento de la productividad en la ciudad con amenidades elevará el salario del grupo de trabajadores no calificados por la sustituibilidad imperfecta, mientras que los trabajadores calificados aceptaran un menor pago debido al costo de las amenidades. En presencia de derramas, los costos de las empresas se desplazan en la ciudad con mayor capital humano, lo que hace que el salario del grupo calificado se sitúe por encima del salario de trabajadores no calificados. En general, el efecto de sustituibilidad imperfecta hace que tras un aumento en la cantidad de los trabajadores calificados en una ciudad el salario de los trabajadores no calificados incrementa, posteriormente, la derrama hace que el salario de los trabajadores calificados aumente sobre el de los no calificados.
- 2) Incrementando la demanda de trabajo calificado. Esto se logra cuando las empresas en una ciudad incrementan su nivel de tecnología y es necesario una dotación mayor de capital humano para producir con ese nivel tecnológico. Ahora se supone dotación idéntica de amenidades en las ciudades, pero una ciudad cuenta con más tecnología. Los trabajadores calificados se mudan a la ciudad con más tecnología atraídos por los salarios más altos. Por sustituibilidad imperfecta incrementa la productividad y salarios de ambos grupos de trabajadores. En presencia de derramas la curva de costo incrementa debido al aumento del precio de la tierra en la ciudad con más tecnología, el resultado será que ambos grupos elevan su salario, pero el equilibrio en utilidad y costo hará que los trabajadores calificados reciban un mayor salario en comparación con los trabajadores no calificados, aunque el costo de la renta del suelo sea más alto. Una deducción importante de este modelo es que los dueños de la tierra son los más beneficiados del incremento de productividad, salario y costos producidos por derramas.

Antes de seguir adelante conviene detenerse en el punto 1) y retomar a Florida (2012) pues considera que la estructura urbana amena contribuye con el crecimiento de las ciudades al

incrementar la masa de personas creativas. Lo realmente importante para esta investigación sobre la teoría de Florida es la perspectiva de las clases creativas como ocupaciones, personas realmente ocupadas en ciertas actividades, de las cuales se destaca el núcleo técnico que tiene que ver con actividades concretas de ciencia, tecnología, investigación e innovación. La perspectiva de Florida es que el concepto de capital humano es demasiado general y no capta que hay ocupaciones como las referentes a la ciencia y la tecnología que impactan de mayor manera al crecimiento de las ciudades. Por eso cuando se comparan las derramas de empleo manufacturero y de servicios profesionales, científicos y técnicos en la zona metropolitana de la ciudad de México (Valdivia, 2010) se encuentra evidencia de que las derramas de manufactura son menores que las del sector técnico.

Mendoza (2013) encuentra evidencia de derramas de capital humano y espaciales en el crecimiento económico de las ciudades en México. Este autor plantea que las externalidades tecnológicas del capital humano aparecen cuando hay intercambio de ideas y aprendizaje entre personas, mientras que las externalidades pecuniarias aparecen como consecuencia de las decisiones de los agentes cuando hay información imperfecta. A la discusión de las derramas del capital humano agrega dos elementos importantes al tema del impacto del capital humano en las ciudades: la convergencia y las derramas producidas por el espacio.

En la investigación empírica encuentra que la localización del capital humano provoca externalidades dinámicas de aglomeración, lo que implica un proceso de concentración y crecimiento endógeno motivado por los rendimientos crecientes. La convergencia resulta de la existencia y distribución de externalidades en las ciudades. En general los modelos con rendimientos crecientes dan como resultado no convergencia, porque las externalidades del capital humano aparecen donde hay mayor concentración (economías de aglomeración). Los modelos de crecimiento endógeno concuerdan, en este sentido, con los modelos de la nueva geografía económica. Es importante resaltar la existencia de externalidades espaciales, que aparecen cuando se considera que el comportamiento económico de las ciudades vecinas, contiguas o relativamente cercanas geográficamente puede afectar el desempeño de la región.

El concepto de dependencia espacial ayuda a medir (y entender) cómo las ciudades con cercanía geográfica se influyen mutuamente. Sobre la dependencia espacial se debe remitir a la ciencia regional (Anselin, 1988) quien además de desarrollar metodología aporta

conceptos importantes para el análisis e interpretación del espacio en la economía. En términos estadísticos la dependencia espacial se define como la existencia de una relación funcional entre lo que ocurre en un punto del espacio y lo que sucede en otro lugar, lo cual se explica fundamentalmente por razones de la interacción humana con su entorno físico-ambiental en lo geográfico. La dependencia espacial se puede interpretar como la manifestación estadística de los efectos de las economías de aglomeración, en concreto de las interacciones de los agentes en un espacio definido. Además, la dependencia espacial muestra que la localización de las actividades no es un proceso aleatorio, de esta forma, este indicador sirve para mostrar que las decisiones de localización de los agentes son resultado de procesos económicos, tal como afirman las teorías de la localización.

#### **2.4. Modelos territoriales de Innovación.**

En esta parte se retoman algunos modelos que conjugan la economía urbana y regional y la economía de la innovación. Los Modelos territoriales de innovación (MTI) son inspirados por dos fuentes: el GREMI<sup>31</sup> por establecer las fuentes del desarrollo regional endógeno y la teoría ortodoxa del crecimiento en la versión regional (Barro y Sala – i – Martin, 1992) por integrar los conceptos de capital humano, innovación, infraestructura, aprendizaje etc. en la perspectiva del desarrollo regional.

##### **2.4.1. Resumen de los principales modelos.**

Según Moulaert y Farid (2003) se pueden ubicar tres grupos de modelos: 1) el GREMI, que enfatiza el papel institucional endógeno. En este grupo se puede clasificar al distrito industrial y los sistemas locales de producción. En estos modelos la cooperación y relaciones de colaboración en la innovación y la endogeneidad institucional es importante. 2) Sistemas sectoriales y nacionales de innovación a nivel regional. Aquí se destaca la interpretación evolucionista de la economía regional. 3) los nuevos espacios industriales, que serían más cercanos a la idea del clúster de Porter. A continuación, y con base en el texto de Moulaert y Farid (2003) se describen de manera muy reducida los modelos territoriales de innovación.

1. Ambientes innovadores. Modelo que surgió a partir del trabajo de Aydalot (1986) y el *Groupe de Recherche Européen sur les Mileux Innovateurs* (GREMI). Este modelo se concentra en la interacción de las empresas y su ambiente. distingue tres espacios de funcionamiento de la empresa: la producción, el mercado y el espacio

---

<sup>31</sup> Groupe de Recherche Européen sur les Mileux Innovateurs (GREMI).

de apoyo. Lo que destaca del modelo es el espacio de apoyo, se construye con tres tipos de relaciones: 1) relaciones calificadas referentes a los factores de producción. 2) relaciones estrictas entre empresas, socios, proveedores y clientes. 3) relaciones con los agentes del territorio. Este último es clave porque de aquí se desprenden procesos de aprendizaje y la organización cooperativa.

2. Distritos industriales. Sistema productivo geográficamente localizado, con fuerte división del trabajo y con una o pocas actividades dominantes. Muestra múltiples interrelaciones entre las empresas y la comunidad local, dentro y fuera del mercado, las cuales se basan en la confianza y la reciprocidad.
3. Sistemas productivos localizados. La industrialización es un proceso específico que se desarrolló en áreas urbanas o rurales con una tradición artesanal específica, proceso que se podría calificar de industrialización difusa. Es un proceso de continua evolución que teme a las rupturas de las trayectorias del desarrollo.
4. Nuevos espacios industriales. Es un modelo asociado a la idea de producción flexible y a la aglomeración locacional de un grupo selecto de productores. Estos modelos se adecuan a los espacios liberados de la producción fordista que incluyen un sistema de regulación social que consiste en: coordinación de transacciones y dinámicas de las empresas, 2) organización de los mercados de trabajo y reproducción del capital humano y 3) dinámicas de formación y reproducción de la comunidad.
5. Clúster de innovación. Aquí hay dos versiones, la de Porter que enfatiza el mercado, competencia sobre las redes e interacción social como factores de éxito, y que describe Saxenian (1994) donde subraya el papel de las instituciones, de la cultura local y de las estructuras industriales y organizaciones corporativas.
6. Sistemas regionales de innovación. Se basa en la teoría evolutiva del cambio técnico, donde la innovación es un proceso acumulativo y con rendimientos crecientes, que resulta de la interacción entre los agentes del proceso, no solo es un proceso técnico, también es organizacional. Sobre este modelo se destacan dos interpretaciones de la región, una como un subsistema del sistema nacional o sectorial y otra como la versión reducida del sistema nacional. Otra clasificación tiene que ver con la construcción del sistema, de arriba abajo o de abajo a arriba.
7. Región de aprendizaje. Se considera una síntesis de los MTI, integra elementos sobre los sistemas de innovación, economía institucional – evolutiva, procesos de aprendizaje y la especificidad de la dinámica regional de las instituciones. Conecta

la idea de redes – innovación interactiva – capital social con el problema del desarrollo regional (principalmente en Europa). Se retoma el surgimiento de las economías regionales en la globalización, este asunto se trata mediante la asociación del aprendizaje tecnológico y organizacional dentro de las economías de aglomeración.

#### **2.4.2. Sistema Regional de Innovación.**

La base del sistema regional de innovación (SRI) es el sistema nacional de innovación (SNI). Compuesto por sus tres elementos básicos: Sistema de gentes y relaciones entre agentes; delimitado geográficamente en el Estado nación e; innovación como creación radical o incremental de conocimientos nuevos que llevan a la generación de procesos o productos (Rozga, 2013). La inconsistencia del SNI como sistema radica en que, en la mayoría de los casos, el Estado nación solo puede ser un sistema en términos políticos o sólo si es visto como un conjunto de regiones heterogéneas. En este sentido la propuesta de los SRI es bastante útil como modelo que explica la innovación en el territorio. Según Rozga (2013) los MTI desembocan en el SRI, pues este es el modelo territorial de innovación más desarrollado y con mayor cantidad de adeptos entre conocedores del tema.

El SRI tiene dos bases importantes: El Ambiente Innovador y la idea de Tecnópolis. Del ambiente innovador se recoge el análisis de la estructura industrial de la región como ambiente productivo, se enfatiza el conglomerado de productores innovadores, se consideran las áreas de mercado y oferta de trabajadores, estructura informacional, social e institucional, además de hacer una distinción entre región y áreas centrales. Sobre la Tecnópolis se retoman las ideas de reindustrialización como cambio en los patrones de industrialización de viejas a nuevas industrias, se enfatiza la idea de sinergia como generación de nueva información con mucho valor a través de interacciones, ambas cuestiones como bases para el desarrollo regional.

El SRI se puede asumir desde dos perspectivas: desde arriba y desde abajo (Howells, 1999). La perspectiva desde arriba se refiere a aplicar el SNI en el ámbito regional y destacan tres dimensiones importantes: 1) estructura regional de los gobiernos; 2) evolución de la estructura industrial de la región y; 3) diferenciación centro – periferia del desempeño innovador. Sin embargo, la perspectiva que se retoma en esta investigación es la perspectiva desde abajo.

A continuación, se describen algunos rasgos importantes del SRI desde la perspectiva desde abajo:

- Se concentra en la dinámica e interrelaciones de los agentes económicos y en la estructura económica de la región como determinante a nivel regional. Se dirige la atención a qué tan pequeños pueden ser los sistemas para considerarse como tal, que ocurra una verdadera relación dinámica entre los agentes y se enfoca en procesos claves dinámicos.
- La proximidad local es clave, pues cobra importancia al determinar la forma en que las empresas buscan relaciones de conocimiento y negocios. Esto desemboca en patrones localizados de innovación y aprendizaje. Áreas de convergencia entre agentes locales. Sobresale el saber – cómo como proceso de aprendizaje central y se retoma la idea de que el conocimiento se comunica localmente
- Énfasis en las relaciones locales, con alto nivel dependencia espacial como factor clave en el desarrollo del conocimiento, tecnología e innovación.
- Se concentra en las especificidades del sistema producto de las interacciones internas de los agentes individuales.
- Como elementos en contra se puede mencionar la centralización en la innovación, pese a que se retoman los procesos de conocimiento, aprendizaje y conocimiento tecnológico. Además de que se concentra en exceso en las externalidades tecnológicas como si el conocimiento fuera algo que está en el aire y del cual se puede apropiar en automático, Antonelli (2000) sugiere que se debe insertar la idea de costos a las externalidades tecnológicas o como en el caso de Moretti (2004), distinguir los impactos de las externalidades de la sustituibilidad imperfecta.

### **2.4.3. Modelo de impacto regional de la ciencia y tecnología.**

Finalmente, en esta parte del capítulo se propone un modelo territorial de localización e impacto de los sectores de ciencia y tecnología, en la región centro de México. En este modelo, los sectores y actividades económicas basadas en la ciencia y tecnología son interdependientes con las condiciones y estructura del territorio donde se localizan e impactan. Los sectores definen el territorio, pero, a la vez, el territorio influye en el desarrollo de los sectores. Este modelo se propone para un conjunto de sectores científico – tecnológicos<sup>32</sup> o para una actividad económica en particular, se retoma el caso de la

---

<sup>32</sup> Definidos en el capítulo cuatro correspondiente a los resultados.

biotecnología por sus características de localización. Se debe mencionar que el modelo territorial de estos sectores difiere en función del tamaño y de la integración con la economía de la región en cuestión.

Tanto para el modelo territorial de localización e impacto de un sector como para el caso de un conjunto de sectores o actividades económicas se propone el análisis tanto del territorio como del sector o grupo de sectores en cuestión. A continuación, se muestran los elementos teóricos que aportan tanto a las definiciones territoriales como sectoriales y a la interrelación entre ambas dimensiones.

El primer acercamiento a este modelo territorial consiste en definir el sector o sectores de análisis, posteriormente deben identificarse las concentraciones de estos sectores en el territorio. Dado que se trata de un modelo para sectores basados en ciencia y tecnología se deben considerar aspectos de los sistemas sectoriales de innovación<sup>33</sup> como la disponibilidad de capital humano; un aparato institucional que produzca y difunda investigación, ciencia y tecnología; instituciones gubernamentales promotoras y reguladoras de actividades de ciencia, tecnología, innovación, etc; y, evidentemente presencia de los sectores en cuestión.

La regionalización funcional es un paso importante en la elaboración de este modelo, esta proporciona los cortes espaciales en cuanto a subregiones y sus componentes. La comprensión del territorio (ciudad – región, sistema urbano regional) es una variable estratégica pues permite el reconocimiento de los factores potenciales que sirven de soporte y combustible del proceso innovador. A partir de la forma concreta del territorio se construye el aparato conceptual, metodológico para abordar el proceso del crecimiento basado en la innovación, ciencia y tecnología como actividades específicas.

Una vez definido el territorio de la región, se incorpora la definición de los actores y actividades clave, para este asunto se toman elementos del sistema regional de Innovación y de las economías basadas en el conocimiento. El marco de los SRI aporta, según la perspectiva desde abajo, en énfasis de la dinámica territorial, el entramado de agentes y relaciones que van delimitando su propia frontera difusa de acción y condensa un espacio unívoco, además de la marcada atención prestada al agente individual. De las EBC se

---

<sup>33</sup> El sistema sectorial de innovación es la aplicación del sistema de innovación a un sector en particular. Se entiende como sistema de innovación a la red de agentes, instituciones y políticas que contribuyen al desarrollo y difusión de nuevas tecnologías (Amaro y Morales, 2016)

retoma la perspectiva sectorial que, enfatizando las ocupaciones en ciencia y tecnología en un ambiente propiamente urbano, las dinámicas de los agentes económicos con otros actores del territorio como el sistema de investigación, la dotación de capital humano y las redes de telecomunicaciones e información.

En una tercera etapa se evalúa el desempeño de los agentes y sus relaciones en el espacio, con el fin de exponer cómo los agentes y sus relaciones son codependientes de las cualidades del espacio, en este nivel se retoman conceptos y herramientas de la economía urbana y regional, como la formación de zonas centrales y periféricas, además de resaltar la producción de derramas espaciales derivadas de la localización de los agentes, con lo que se llega a la medición del impacto de los sectores de ciencia y tecnología en la región. En la propuesta diseñada en este trabajo el territorio es una variable que contribuye en los procesos de crecimiento. La dependencia espacial juega un papel importante tanto en derramas como en convergencia causadas por los sectores de ciencia y tecnología en la región. Los sectores se asumen desde una posición desde abajo (Howells, 1999), y como ocupación específica del conocimiento y la tecnología (Florida, 2012).

### **Conclusiones.**

En este capítulo se mostró cómo es que la economía urbana y regional puede hacer sinergia con la economía de la innovación para modelar y explicar el comportamiento y efecto del conocimiento, expresado en sectores y actividades de ciencia y tecnología específicos, en un determinado territorio. Las partes sobresalientes de esta sinergia son: la micro fundamentación de la localización del cambio tecnológico (Antonelli, 1995) y la noción de dependencia de la trayectoria; la construcción del espacio económico a través de la región que se compone de zonas centrales y periferias; las economías de aglomeración urbanas, sus causas y resultado como formación de derramas pecuniarias y convergencia, la dependencia espacial como variable que contribuye en los procesos económicos del territorio y; la codependencia de los procesos de innovación, conocimiento, aprendizaje, ciencia y cambio tecnológico, y las características del territorio donde estas actividades se desenvuelven como factores que contribuyen al crecimiento económico.

Este capítulo sirvió como marco para hacer el corte territorial que complementa el corte sectorial hecho en el capítulo anterior. Para la construcción del territorio se propone la metodología de la regionalización funcional, como mecanismo de análisis de la estructura económica. El resultado de la región funcional está sustentado teóricamente por los modelos de la economía urbana y regional, que, además, consideran importante la

naturaleza de cada zona geográfica que compone la región de estudio. De esta manera quedó definida una región de impacto en función de la presencia y características de los agentes de interés.

Ahora que se dispone de los elementos completos se puede proponer un modelo de localización e impacto en el crecimiento de la productividad y empleo de los sectores científico – tecnológicos en la región centro de México. La metodología del modelo se expondrá a detalle en el siguiente capítulo y considerará la construcción de las variables empíricas que definen el corte sectorial y regional en los niveles pertinentes y adecuados para esta investigación, así como la metodología econométrica espacial que servirá para medir los impactos de las variables en el crecimiento de la región.

### **Capítulo 3. Elementos metodológicos para el análisis territorial de impacto y localización.**

En este capítulo se describe la metodología que se ha usado para analizar la presencia y los posibles impactos que causan los sectores asociados a la ciencia y la tecnología en la región de estudio elegida. Como se planteó en la introducción de esta investigación, las preguntas que se busca responder son: ¿cómo se explica la localización de los sectores científico – tecnológicos en México? y ¿Cuál es el efecto de los sectores científico – tecnológicos en la economía de la región centro de México? Las hipótesis plantean que la localización de estos sectores no es aleatoria, hay interrelación entre el sector y la región y el desarrollo de los sectores de interés causan efectos positivos en empleo y crecimiento económico con convergencia en la región. De esta manera, la metodología expuesta aquí permitirá explorar, describir y explicar la localización del conjunto de sectores basados en ciencia y tecnología en general y del sector biotecnológico en particular. Por otra parte, permitirá plantear, delimitar y descomponer el territorio dónde impactan estos sectores. Finalmente, la metodología usada posibilitará el análisis de impactos económicos del conjunto de sectores en la región centro de México. Lamentablemente el escaso desarrollo del sector biotecnológico (Amaro y Morales, 2016) no permite medir los impactos económicos en el territorio, pero se asume que produce los mismos efectos en la región que el resto de los sectores basados en el conocimiento porque cuenta con las mismas características: rendimientos crecientes, derramas pecuniarias y de conocimiento, es intensivo en conocimiento etc.

De esta manera, la metodología corresponde con la teoría que da sustento a la investigación. La economía de la innovación permite definir a los sectores y sus características, además incorpora la importancia de la estructura económica regional; la economía urbana y regional explica la localización de los sectores, delimita y analiza el territorio, también permite extraer los indicadores de las economías de aglomeración que son codependientes con los sectores de análisis; la metodología econométrica empleada está en concordancia con la teoría del crecimiento endógeno, principalmente en la medición de derramas no pecuniarias y crecimiento económico con convergencia impulsado por sectores asociados a la investigación y desarrollo (Romer, 1986) y al capital humano (Lucas, 1989); finalmente la econometría espacial utilizada permite observar las interacciones y efectos del territorio en los sectores de estudio y de los sectores en el territorio.

### **3.1. Definición sectorial.**

Para definir los sectores y variables de interés se retoman distintos aspectos de la economía de la innovación. La idea principal consiste en que se trata de actividades con uso intensivo del conocimiento. Se retoma la idea shumpeteriana de la profesionalización de la ciencia, tecnología e innovación. Con la teoría de las economías basadas en el conocimiento se definen variables clave como el capital humano, uso de tecnologías de la información, sistema de innovación y estructura económica. Las variables para determinar la estructura económica se obtienen con el análisis regional, que se verá en el siguiente apartado. También es importante considerar que la economía de la innovación sustenta la importancia de estas actividades para el crecimiento económico.

### **3.2. Análisis regional.**

En este apartado se describen las metodologías para analizar la región y obtener los indicadores de la estructura económica regional que servirán para incorporar la dimensión espacial al análisis del impacto de la ciencia y la tecnología en el crecimiento económico. El primer paso es aplicar la metodología de la regionalización funcional; la cual se describe a continuación.

#### **3.2.1. Regionalización funcional.**

El objetivo de la regionalización funcional es definir una región en función de sus características de estructura económica, poblacional, natural e infraestructura de transporte. Esta región estará compuesta de áreas funcionales que representan subregiones con mayor grado de homogeneidad en sus características naturales, sociales, económicas y de infraestructura. Cada área funcional tiene un centro económico y un área de influencia o periferia. La delimitación de las áreas funcionales es de gran importancia para el análisis regional pues la definición de cada una debe ser resultado de la relación y lógica interna de las distintas características del territorio definido.

Los pasos del proceso de regionalización son los siguientes (Asuad, 2016):

1. Estudio sobre la caracterización de las áreas físicas y naturales de la región geográfica como condicionantes de los niveles de accesibilidad económica, es decir, de la facilidad de desplazamiento de flujos económicos y poblacionales.
2. Identificación de los centros económicos y sus redes de transporte. Se trata de un estudio de la importancia económica ordenando jerárquicamente el

sistema de ciudades mediante el análisis exploratorio de los datos usando tasas de participación, concentración y el enfoque 80-20.

3. Identificación de los flujos representativos y su intensidad, que como variables aproximadas reflejan las interacciones económicas entre sitios y la dirección de éstas. Se aplica la metodología de flujos reales o flujos probabilísticos según el caso específico y se representa mediante técnicas de grafos.
4. Identificación de las actividades económicas que generan los flujos. Lo anterior se hace a través del uso de índices de especialización económica.
5. Determinación de tamaños de las áreas de influencia de los diferentes centros económicos mediante el índice de Reilly.
6. Finalmente se delimitan las regiones mediante los pasos anteriores.

### 3.2.2. Estructura económica. Especialización y diversificación.

Los coeficientes de análisis regional han sido tratados por diferentes autores (Asuad, 2016; SEDATU, 2015) con el objetivo de determinar el papel que desempeña cada unidad espacial y sus sectores de actividad dentro de un contexto territorial mayor que se tome como referencia. La aplicación de estos coeficientes tiene como objetivo determinar el papel de cada una de las actividades económicas que actúan en el territorio objeto de estudio, lo que permite conocer la influencia que ellas ejercen en la división territorial del trabajo y en su especialización. Para el cálculo de este coeficiente pueden ser empleados indicadores tales como el nivel de empleo, producción total bruta, valor agregado censal bruto, etc.

Los indicadores principales de la estructura económica son el índice de especialización relativa y el índice Hirshman Herfindahl.

El índice de especialización se expresa como:

$$Q_{ij} = \left( \frac{V_{ij}}{\sum_{j=1}^n V_{ij}} \right) / \left( \frac{\sum_{j=1}^n V_{ij}}{\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n V_{ij}} \right)$$

donde:

- $V_{ij}$  = empleo en la actividad económica  $i$  en la ciudad  $j$
- $\sum_{i=1}^n V_{ij}$  = empleo total  $t$  en la ciudad  $j$
- $\sum_{i=1}^n V_{ij}$  = empleo en la actividad económica  $i$  en la región completa
- $\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n V_{ij}$  = empleo total en la región completa

Interpretación:

- Si  $Q_{ij} \geq 1$ . Existe especialización en la actividad económica  $i$
- Si  $Q_{ij} < 1$ . No hay especialización en la actividad económica  $i$ .
- Mientras  $Q_{ij}$  sea mayor habrá mayor especialización.

Este índice se muestra para cada sector o actividad de cada unidad espacial, por lo que por sí solo muestra el grado de especialización de una unidad espacial en cada sector o actividad económica en función de la composición económica de la región en general. El análisis del conjunto de índices de localización o especialización relativa da cuenta de la estructura económica de cada unidad espacial y de la región. Si una unidad espacial está especializada en uno o pocos sectores se muestran economías de localización, mientras que si una unidad espacial está especializada en distintos sectores es señal de presencia de economías de urbanización.

El índice inverso de especialización relativa o localización, mejor conocido como índice Hirshman Herfindahl explica de una mejor manera el grado de economías de urbanización que muestra un territorio. La expresión es la siguiente.

$$Q^R = 1/2 \sum_{i=1}^N \left| \left( V_{ij} / \sum_{i=1}^n V_{ij} \right) - \left( \sum_{i=1}^n V_{ij} / \sum_{i=1}^n \sum_{i=1}^n V_{ij} \right) \right|$$

donde:

- $V_{ij}$  = empleo en la actividad económica  $i$  en la ciudad  $j$
- $\sum_{ij}^n V_{ij}$  = empleo total  $t$  en la ciudad  $j$
- $\sum_{ij}^n V_{ij}$  = empleo en la actividad económica  $i$  en la región completa
- $\sum_{j=1}^n \sum_{j=1}^n V_{ij}$  = empleo total en la región completa

Interpretación:

- Si  $Q^R$  tiende a 0 existe diversificación en la región  $i$ .
- Si  $Q^R$  se aleja de cero el grado de diversificación se reduce en la región  $i$ .

En términos generales este indicador muestra el grado de similitud de la estructura económica regional con la estructura económica del patrón de comparación y se utiliza como medida de la especialización regional bajo el supuesto que la distribución de referencia sea diversificada en términos relativos. A medida que se acerca a cero se

muestran economías de urbanización mientras que cuando el indicador se aleja de cero se reduce la presencia de economías de urbanización.

### 3.1.3. Base económica y variación.

En esta parte del análisis regional se muestran algunas características estructurales y dinámicas de la región de estudio. En cuanto al estudio de la base económica se explora el grado de competitividad de la región, mediante el desarrollo de actividades económicas vinculadas al sector externo de la región, es decir, se analiza el peso de la producción de bienes comerciables solo en la región y los bienes que se intercambian fuera de la región, por lo que una mayor cantidad de producción básica exportable dotará de fortaleza y competitividad a la región de estudio.

Con el índice de variación se mide las transformaciones de las regiones y de los sectores en el tiempo. Con esto se da cuenta de la dinámica de la región y de las transformaciones de la estructura económica. Con esto se incorpora el paso del tiempo al análisis regional.

Para el análisis de la base económica se hace uso de los multiplicadores  $X_{ij}$  y  $M_j$ .

$$X_{ij} = \left(1 - \frac{1}{Q_{ij}}\right) V_{ij}; \forall Q_{ij} \geq 1$$

$$X_j = \sum_{i=1}^n X_{ij} = PB$$

Donde  $X_{ij}$  se interpreta como la producción básica o exportable del sector  $i$  de la región  $j$ , bajo el supuesto que los sectores con  $Q_{ij} \geq 1$ , muestran una especialización relativa, producción o empleo excedente o más que proporcional al tamaño de la región.

La fracción  $V_{ij}/Q_{ij}$  expresaría el consumo interno, haciendo fuertes supuestos de homogeneidad interregional respecto al consumo, la tecnología/productividad y otros.

$X_j$ , representa la producción básica o exportable de la región  $j$ , eventual factor de competitividad regional.

$$M_{ij} = 1 + P_j = PT/PB_j$$

Entonces:

$$PT = PB_j + PNB_j$$

M<sub>ij</sub> representa el multiplicador básico regional donde PT constituye la Producción Total y P<sub>j</sub> corresponde al "coeficiente de base" o relación entre la producción no básica (PNB) y básica (PB). Esta constatación matemática puede reflejar y sugiere eventual encadenamiento de actividades, pero ello requeriría de técnicas adicionales para examinarlo como puede ser Insumo-Producto.

Coefficiente de variación:

$$rV_{ij} = V_{ij}(T)/V_{ij}(0)$$

Este indicador refleja la variación en un período, del año 0 a T, del sector en la región. Este indicador revela crecimiento ( $rV_{ij} > 1$ ) estancamiento ( $rV_{ij} = 1$ ) o caída ( $rV_{ij} < 1$ ) de la variable de análisis. Este coeficiente para los valores totales se expresa del siguiente modo:

Variación del sector a escala global:

$$rS_i = V_{sj}(T)/V_{sj}(0)$$

Variación en la región:

$$rR_i = V_{ir}(T)/V_{ir}(0)$$

Variación global:

$$rSR = V_{SR}(T)/V_{SR}(0)$$

### **Coefficiente de Reestructuración CRR.**

$$CRR = 1/2 \sum_{I=1}^N \cdot \left| \left( V_{ij}(T) / \sum_{i=1}^n V_{ij}(T) \right) - \left( V_{ij}(0) / \sum_{i=1}^n V_{oj}(0) \right) \right|$$

Este indicador compara la estructura regional en términos de composición sectorial al inicio y final de un periodo., es decir, muestra la variación en el grado de especialización regional. El rango de esta variación oscila entre 0 y 1. En la medida en que se aproxime más a 1 existirá una mayor reestructuración en la región.

### **Coeficiente de Localización QS**

$$Q^s = 1/2 \sum_{l=1}^N \cdot \left| \left( V_{ij} / \sum_{i=1}^n V_{ij} \right) - \left( \sum_{i=1}^n V_{ij} / \sum_{i=1}^n \sum_{i=1}^n V_{ij} \right) \right|$$

Representa el grado de similitud de la distribución interregional de un sector con respecto a la distribución de un patrón de comparación, normalmente el total de la actividad económica. Este indicador se utiliza como medida de concentración geográfica, donde el grado de concentración se asociaría a su ubicación en el rango 0 - 1. En la medida que se acerque a 0 hay un menor grado de concentración y viceversa.

### **Coeficiente de Redistribución CRS**

$$CR^s = 1/2 \sum_{l=1}^N \cdot \left| \left( V_{ij}(T) / \sum_{i=1}^n V_{ij}(T) \right) - \left( V_{ij}(0) / \sum_{i=1}^n V_{ij}(0) \right) \right|$$

Representa la dinámica de distribución de un sector en un período de tiempo, 0 a T. Su ubicación, por tanto, dentro del rango 0 - 1, indicará una dinámica de concentración de actividades en el tiempo.

#### **3.2.4. Participación y cambio.**

El fin del análisis de participación y cambio es mostrar las características estructurales y diferenciales de la determinada región. Este instrumento se usa para conducir posibles propuestas de política económica que impulse el crecimiento de una región. El índice, efecto total, se descompone en efecto diferencial y en efecto estructural.

Efecto Total.

$$ET_j = \sum_{l=1}^N V_{ij}(T) - \left| \left( \sum_{i=1}^n V_{ij}(0) * rSR \right) \right|$$

Efecto diferencial.

$$ED = \sum_{i=1}^n \cdot \{ V_{ij}(T) - [V_{ij}(0) * rSi] \}$$

Efecto estructural.

$$EE_j = \sum_{i=1}^n \left\{ rS_{ij} \left[ \left( \frac{V_{ij}(0)}{\sum_{i=1}^n V_{ij}(0)} - \left( \frac{\sum_{i=1}^n V_{ij}(0)}{\sum_{i=1}^n \sum_{i=1}^n V_{ij}(0)} \right) - (rSR) \right] \right\}$$

El Efecto Diferencial (EDj) recoge la dinámica de cada sector i en la región j comparada con la dinámica del mismo sector a escala global. Los valores hipotéticos resultan en este caso de aplicar el coeficiente de variación del sector a escala global (rSi) al valor inicial de esa misma actividad en la región. En términos generales, los territorios o localidades en los cuales se observan efectos diferenciales positivos son aquellos que tienen mejores condiciones productivas que el resto de los territorios analizados.

El Efecto Estructural (EEj), refleja la diferencia de dinámica entre la región y el país derivada de una estructura intersectorial distinta entre ambos. Esto resulta de las diferencias de crecimiento de los distintos sectores a nivel del territorio combinado con el peso relativo de tales sectores al nivel territorial y local en este caso. En términos generales puede indicarse que un Efecto Estructural positivo estará reflejando una especialización regional, al inicio del período, en sectores de rápido crecimiento (a nivel nacional) o el patrón de referencia que se tome.

Se puede proponer una tipología sobre los resultados del análisis de participación y cambio.

1. Área ganadora (ET>0, EE+, ED+): ventajas competitivas, estructural y dinámicamente.
2. Área ganadora (ET>0, EE+, ED-): ventajas competitivas, pero con deficiencias dinámicas, requiere dinamizar la economía con política de corto plazo.
3. Área ganadora (ET>0, EE-, ED+): ventajas competitivas, con deficiencias estructurales, requiere apuntalar su estructura económica, de manera que diversifique su actividad, por lo tanto, requiere políticas de mediano y largo plazo, de corte estructural.
4. Área perdedora (ET<0, EE-, ET-): requiere políticas de fondo para reimpulsar la economía local a corto plazo (políticas de corte coyuntural), pero también requiere reconversión productiva para asemejar más su economía a la de la región en conjunto en el mediano y largo plazo (políticas de corte estructural).
5. Área perdedora (ET<0, EE+, ET-): requiere políticas de fondo para reimpulsar los sectores de la economía local a corto plazo, es decir, que puedan ser de rápido crecimiento (políticas de corte coyuntural).

6. Área perdedora ( $ET < 0$ ,  $EE^-$ ,  $ET^+$ ): requiere políticas para diversificar y robustecer su economía local en conjunto (políticas de corte estructural) y aunque tiene elementos de corto plazo con efectos positivos, se requiere de mayor impulso a fin de revertir el efecto total negativo.

### 3.3. Planteamiento econométrico.

Para complementar el análisis regional y vincular los efectos de los sectores económicos asociados a la ciencia y la tecnología es necesario demostrar el impacto que las actividades en ciencia y tecnología causan en la región donde se localizan. Para dicha tarea se recurre a la modelación econométrica de corte neoclásico que demuestran algunas de las características importantes de los sectores de análisis; derramas de conocimiento y convergencia en el crecimiento económico.

#### 3.3.1. Modelo de derramas de empleo.

Para probar que los sectores de interés provocan derramas se retoma el ejercicio empírico de Fingleton (2007), dicho modelo fue adaptado por Valdivia (2010) y (2014) para medir derramas en el empleo ocasionadas por las clases creativas en las zonas metropolitanas de México. En este caso se mantiene la especificación econométrica, pero se modifica la definición de los sectores ocupados para que sean los sectores asociados a las actividades de ciencia y tecnología los que se pongan a prueba en la formación de derramas en la región de análisis.

La especificación econométrica es la siguiente:

$$tpotcb = \alpha + \beta Cl + \gamma Cl^2 + \delta ch + \mu$$

Donde:

- $tpotcb$  = tasa de crecimiento del empleo de los sectores de ciencia y tecnología.
- $Cl$  = Efectos de aglomeración o clúster horizontal (externalidades positivas).
- $Cl^2$  = Efectos de congestión (externalidades negativas)
- $ch$  = capital humano medido como años de escolaridad promedio.
- $CL = potct/km^2$ 
  - $potct$  = nivel de empleo en los sectores de ciencia y tecnología y  $km^2$  es la extensión territorial del municipio  $i$ .
- $CL^2$  = es el cuadrado de  $CL$
- $\beta$ ,  $\gamma$  y  $\delta$  son parámetros por estimar,  $\alpha$  es un intercepto y  $\mu$  son las innovaciones.

Las hipótesis son las siguientes:

- Sí  $\beta$  es positivo existen externalidades positivas en la creación de empleo resultado de los efectos del empleo en los sectores científico – tecnológicos en la región.
- Sí  $\gamma$  es cero o positivo no existen externalidades negativas, de lo contrario se muestran externalidades negativas por efectos de congestión o saturación del empleo en ciencia y tecnología en la región.
- Debido a la importancia de las economías del conocimiento se incorpora la variable del capital humano como factor crea derramas en el empleo en sectores con alto contenido de conocimiento.

Se debe destacar que lo que se prueba son las derramas en el empleo en los sectores asociados a las actividades de ciencia y tecnología en la región, por lo que las externalidades corresponden con las economías de localización, es decir se trata de externalidades de tipo Marshall – Arrow – Romer.

### **3.3.2. Modelo de convergencia.**

Otro de los posibles efectos importantes del desarrollo de la ciencia y la tecnología en la economía de las regiones es el crecimiento económico. De forma específica se considera el crecimiento en los niveles de productividad general y se recupera la idea de que el crecimiento se propaga a lo largo del espacio generando convergencia en los niveles de crecimiento en el territorio. Siguiendo las tesis de Mankiw, Romer y Weil (1992), Romer (1986) y Lucas (1989) el desarrollo de los sectores de capital humano e investigación y desarrollo detona el crecimiento económico, siendo este el mecanismo adecuado de reducir las brechas de crecimiento entre territorios.

La especificación econométrica es la propuesta por Barro y Sala – i – Martin (1992) para medir la convergencia en los niveles de crecimiento de las economías. También es muy usado como instrumento empírico para medir procesos de *catching up* en el largo plazo (Baumol, 1986). En el caso mexicano fue usada por Valdivia (2014) para medir la participación de las clases creativas en el crecimiento económico de las zonas metropolitanas. La expresión formal es la siguiente:

$$G_{it} = \beta Y_{i,0} + \alpha X_{i,t} + m + \varepsilon$$

Donde ( $G_{it}$ ) es el crecimiento promedio para el periodo de análisis (2009-2014) del Valor Agregado Censal Bruto por persona ocupada (productividad laboral) del municipio  $i$  medido como  $\ln(Y_{i,t}/Y_{i,0})$  con el logaritmo de la productividad laboral en el año inicial  $Y_{i,0}$ .<sup>34</sup>

$X_i$ , son otras variables relevantes para los  $i$  municipios de la región centro de México en el año inicial.

$m$  es una constante y  $\mu$  son las innovaciones.

Modelo econométrico.

$$ltprrt = \alpha \ln Pr_{i,0} + \beta \ln SI_{i,t} + \gamma \ln EP_{i,t} + \delta CH_{i,t} + \theta TIC_{i,t} + m + \varepsilon \quad (2)$$

Donde:

- $\ln Y$  = logaritmo del crecimiento de la productividad total de cada municipio.
- $\ln Pr_{i,0}$  = logaritmo de la productividad en el año 2009.
- $\ln SI_{i,t}$  = logaritmo del índice del sistema de innovación de cada municipio.
- $\ln EP_{i,t}$  = logaritmo del índice de la estructura productiva de cada municipio.
- $\ln CH_{i,t}$  = logaritmo del capital humano medido como promedio de años de escolaridad.
- $\ln TIC_{i,t}$  = logaritmo del índice de tecnologías de la información y comunicación de cada municipio.
- $m$  es una constante y  $\varepsilon$  es el término de perturbación estocástica.
- $ltprrt = \ln\left(\frac{Pr_{i,t}}{Pr_{i,0}}\right)$
- $SI_{i,t}$  = pat = patentes estatales como proxy del sistema de innovación.
- $EP_{i,t}$  = índices de especialización como proxy de la estructura productiva de la región.
- $TIC_{i,t}$  = Nivel de conectividad total como proxy del uso de tecnologías de la información y la comunicación.

Las hipótesis son las siguientes:

---

<sup>34</sup> Siguiendo el argumento metodológico de Moretti (2004), se opta por usar montos de VACB nominales que conserven la proporción entre salarios y productividad. Lo cual es importante en la modelación de las derramas no pecuniarias espaciales. En equilibrio,

- Se obtiene convergencia absoluta cuando el parámetro  $\beta, \gamma, \delta$  y  $\theta = 0$  y  $\alpha < 0$  y estadísticamente significativo.
- Por otra parte, se muestra convergencia condicional cuando se obtiene un parámetro  $\alpha < 0$  y el resto de los parámetros son distintos a cero y estadísticamente significativos.

### 3.4. Análisis espacial.

Una parte importante de la presente investigación es demostrar que el factor de localización cuenta en la producción de derramas y convergencia. Es decir, los factores de las economías de aglomeración se capturan mediante técnicas de estadística y econometría espacial y demuestran la importancia de la localización espacial en los procesos económicos.

#### 3.4.1. Índice de Moran.

El estadístico de Moran es uno de los indicadores más usados para demostrar que existe dependencia espacial entre variables. La dependencia espacial es importante en los procesos económicos pues muestra el peso de la relación espacial entre unidades, es decir, la dependencia espacial surge cuando una unidad espacial tiene valores similares de una variable con sus vecinos. Este proceso es indicador de aglomeración, clúster o derramas por lo que, en esta investigación, se utiliza el índice de Moran, el cual se expresa formalmente de la siguiente manera.

$$I = \frac{R}{\sum_i \sum_j W_{ij}} \cdot \sum_i \sum_j W_{ij} (X_i - \bar{X})(X_j - \bar{X}) / \sum_i (X_i - \bar{X})^2$$

Donde  $X_i$  es la variable cuantitativa de la región  $i$ ,  $\bar{X}$  es su media muestral,  $W_{ij}$  son los pesos de la matriz y  $R$  es el tamaño de la muestra; y

$$E(I) = -\frac{1}{R-1}$$

#### 3.4.2. Matriz de pesos espaciales.

En cuanto al procedimiento metodológico, se recurre al uso de una serie de técnicas desarrolladas desde la econometría espacial para estudiar las derramas (Anselin, 2001; Fingleton, 2003). En particular, destaca el uso de una matriz de pesos entre unidades regionales ( $W$ ) para estudiar efectos espaciales, que pueden estar asociados a las derramas en general.

Para entender una relación funcional en la que  $W$  está involucrada, es posible pensar en una variable explicativa (de un modelo) que está espacialmente determinada por “ella misma” (o espacialmente rezagada), es decir  $y$  de forma matricial:  $Wx$ , donde  $W$  es una matriz de pesos espaciales ( $N \times N$ ) y  $x$  es un vector ( $N \times 1$ ), (Anselin, 2001). Esta variable consiste en una suma ponderada de valores de la variable ( $x$ ) en otros destinos ( $j \neq i$ ); para cada observación  $i$ ,

$$WX_i = \sum_{j \neq i} W_{ij} X_j$$

Así, la cercanía-relevancia entre el lugar ( $i$ ) y lugar ( $j$ ) está representada en los pesos asignados ( $w_{ij}$ ). El uso de esta ecuación es útil para evaluar la interacción espacial entre áreas geográficas (cercanas) y la dependencia espacial que se genera sobre un proceso económico (en este caso, el empleo). Un primer uso estadístico de la ecuación (1) se puede dar a través de técnicas de exploración espacial con la finalidad de detectar autocorrelación espacial de una variable (en el presente estudio, empleo) entre unidades regionales. Al respecto, es posible detectar aglomeraciones a partir del uso de indicadores de autocorrelación espacial local como los delineados por Anselin (1995). Con esta técnica, las aglomeraciones (de empleo) son obtenidas cuando las unidades regionales despliegan autocorrelación espacial local que es estadísticamente significativa (es decir, no es aleatoria).

La presencia de estas aglomeraciones puede ser indicativa de la existencia de derramas (spillovers) geográficas, por ejemplo, las firmas en regiones vecinas que experimentan un rápido crecimiento del empleo estimulan un crecimiento del empleo en la región como respuesta. Asimismo, la ecuación (1) es utilizada en modelos de la econometría espacial (Fingleton, 2007) para estudiar directamente los efectos de derrama geográfica que producen las unidades regionales sobre procesos económicos específicos (empleo, difusión de tecnologías, crecimiento local, etcétera).

En el próximo capítulo se aplica la metodología descrita para determinar la localización de los sectores científicos y tecnológico en conjunto y del sector biotecnológico en particular. Con el sector biotecnológico se propondrán tres regiones biotecnológicas en el país, mientras que con el análisis de la localización del grupo de sectores de interés se concentrará el análisis en la región centro de México. De esta manera, el análisis de los

impactos económicos en el territorio se hará solo para el conjunto de sectores asociados al conocimiento, ciencia y tecnología en la región centro de México.

#### **Capítulo 4. Localización e impacto regional de los sectores científico – tecnológicos en la región centro de México y regionalización del sector biotecnológico en México.**

En este capítulo se muestran los resultados obtenidos de la aplicación de la metodología propuesta en el capítulo previo. Para dar mejor respuesta la pregunta de investigación<sup>35</sup> se divide en dos preguntas concretas: ¿cómo se explica la localización de los sectores científico – tecnológicos en México, en particular del sector biotecnológico? y ¿Cuál es el efecto de los sectores científico – tecnológicos en la economía de la región centro de México? Las hipótesis que se desea confirmar en este capítulo plantean que la localización de estos sectores no es aleatoria, se aglomeran en centros urbanos y se integran con la economía de la región. En el caso de la biotecnología, el sector se aglomera en función de economías de urbanización, como disponibilidad de capital humano y derramas de conocimiento, pero, además de economías de localización como las determinadas por insumos intermedios. En conjunto, los sectores científicos y tecnológicos, definidos a continuación, se aglomeran en ciudades grandes y aprovechan disposición de capital humano y derramas tecnológicas. Por otra parte, los sectores de análisis producen impactos económicos en el territorio donde se insertan. El impacto económico de estos sectores en la economía de la región centro se manifiesta en forma de derramas de empleo y de crecimiento con convergencia.

Para tal fin, el capítulo inicia con la definición precisa de los sectores y las variables utilizadas en el análisis empírico. La exploración espacial de los sectores en conjunto permite elegir a la región centro del país como la idónea para analizar los impactos económicos regionales. Por otra parte, la exploración espacial del sector biotecnológico permite proponer un conjunto de regiones de localización del sector. Posteriormente, el análisis se concentra en los sectores en conjunto y en la región centro. Se presenta la delimitación la región y se realiza el análisis regional con el fin de aportar elementos de la estructura económica regional que contribuyan a explicar los efectos de impacto en la región. Finalmente se ponen a prueba las hipótesis de impacto regional en forma de derramas y de crecimiento económico mediante la aplicación de modelos econométricos convencionales y espaciales.

---

<sup>35</sup> ¿cómo se localizan los sectores científicos y tecnológicos y cuál es su impacto económico en el territorio?

#### **4.1. Análisis nacional.**

Para analizar empíricamente la situación de los sectores científico – tecnológicos en general y del sector biotecnológico en particular a lo largo de la economía mexicana se hace una revisión breve a nivel nacional.

##### **4.1.1. Definición sectorial.**

Con base en la teoría planteada en los capítulos uno y dos, se procede a hacer una intersección entre los campos de la teoría del crecimiento endógeno, la economía de la innovación y las economías basadas en el conocimiento. De la teoría del crecimiento endógeno se recoge la idea de Romer (1986) sobre el sector de investigación y desarrollo y de Lucas (1989) sobre la importancia del sector de capital humano; en cuanto a la economía de la innovación se incorpora la idea de Schumpeter sobre la profesionalización de un sector especialmente enfocado en el desarrollo del conocimiento, la ciencia y la tecnología; de la economía del conocimiento se recupera la idea la importancia de las actividades intensivas en conocimiento para el crecimiento económico. Con estos elementos se definen los sectores científicos y tecnológicos que producen derramas de empleo (Marshall – Arrow - Romer) en la región centro.

En función de este marco teórico se exploró el Sistema de clasificación industrial de América del Norte (SCIAN, 2018) para determinar qué sectores, subsectores y ramas corresponden con la definición teórica planteada en este documento. Se elige este sistema de clasificación porque su construcción utiliza un criterio basado en la oferta, orientado hacia la producción, esto es, tiene un marco conceptual basado en el concepto económico función de producción. En este sistema las actividades económicas se agrupan según las similitudes en sus procesos productivos. Es decir, funciones de producción semejantes dan lugar a una sola categoría de la clasificación, en este caso sectores (INEGI, 2018). Los sectores, subsectores, ramas y subramas elegidos para el análisis empírico se describen en el siguiente cuadro.

**Cuadro 1. Sectores, subsectores y ramas económicas asociadas a la ciencia y la tecnología.**

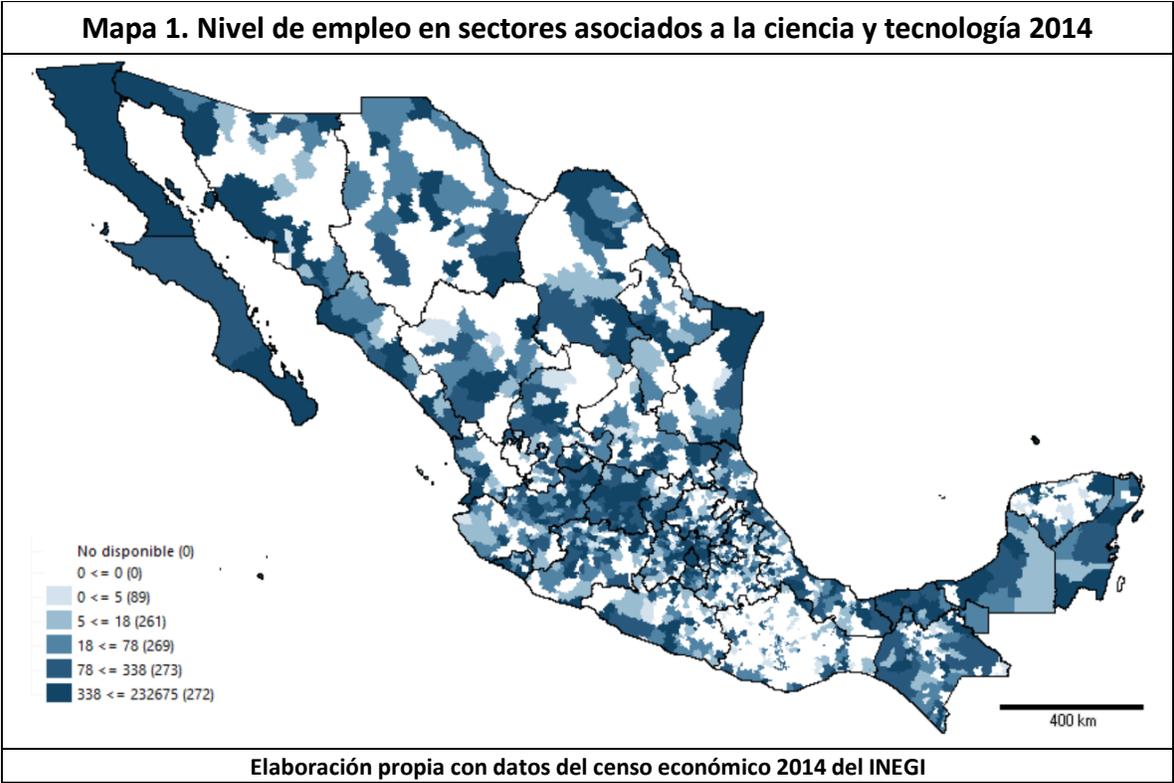
Sector	Subsector	Rama
<b>51 Información en medios masivos</b>		
	511	Edición de periódicos, revistas, libros, software y otros materiales, y edición de estas publicaciones integrada con la impresión. 5112 Edición de software y edición de software integrada con la reproducción.
<b>54 Servicios profesionales, científicos y técnicos.</b>		
	541	Servicios profesionales, científicos y técnicos. 5411 Servicios legales. 5412 Servicios de contabilidad, auditoría y servicios relacionados. 5413 Servicios de arquitectura, ingeniería y actividades relacionadas 5414 Diseño especializado. 5415 Servicios de diseño de sistemas de cómputo y servicios relacionados. 5416 Servicios de consultoría administrativa, científica y técnica. 5417 Servicios de investigación científica y desarrollo. 5418 Servicios de publicidad y actividades relacionadas. 5419 Otros servicios profesionales, científicos y técnicos.
<b>56 Servicios de apoyo a los negocios y manejo de residuos, y servicios de remediación.</b>		
	561	Servicios de apoyo a los negocios. 5611 Servicios de administración de negocios. 5612 Servicios combinados de apoyo en instalaciones. 5613 Servicios de empleo.
<b>61 Servicios educativos.</b>		
	611	Servicios educativos. 6111 Escuelas de educación básica, media y para necesidades especiales. 6112 Escuelas de educación técnica superior. 6113 Escuelas de educación superior. 6114 Escuelas comerciales, de computación y de capacitación para ejecutivos. 6115 Escuelas de oficinas. 6116 Otros servicios educativos. 6117 Servicios de apoyo a la educación.

Elaboración propia con información del SCIAN, INEGI 2018.

Como se mencionó en el capítulo metodológico, los sectores ocupados deben ser intensivos en conocimiento. Siguiendo este criterio el sector adecuado es el sector 54 del SCIAN (Servicios profesionales, científicos y técnicos). Este sector “comprende unidades económicas cuya actividad consiste en prestar servicios profesionales, científicos y técnicos. Estos servicios requieren conocimientos y habilidades especializados, por lo que el principal componente de la función de producción de las unidades económicas que forman este sector es, precisamente, el capital humano” (INEGI, 2018). La incorporación del sector 61 (servicios educativos) es pertinente porque se trata de actividades productoras de capital humano (Lucas, 1989). La rama 5112 se integra atendiendo la importancia de las tecnologías de la comunicación para el crecimiento. El subsector 561 se considera por

incorporar servicios del conocimiento en el entorno de la empresa. Atendiendo la descripción de los sectores (INEGI, 2018) se concluye que son actividades con una función de producción intensiva en conocimiento que producen ciencia, tecnología y capital humano.

Una vez definidos los sectores y actividades basados en el conocimiento, ciencia y tecnología (Sectores CyT) se procede a explorar la presencia de estas actividades en la economía nacional. La exploración se realiza utilizando la variable de población ocupada total a nivel municipio<sup>36</sup> para detectar posibles aglomeraciones de la variable. El siguiente mapa muestra el nivel de empleo en los sectores CyT<sup>37</sup>.



Como se puede observar la concentración de empleo en los sectores CyT se encuentra en el centro del país en una región que empieza en la capital nacional y se extiende por el bajo hasta llegar al occidente de México. Con base en esta exploración y considerando el

<sup>36</sup> La variable se obtuvo del censo económico 2014 del INEGI.

<sup>37</sup> La estratificación del mapa se hizo con cuantiles, donde los colores más claros corresponden a niveles bajos de empleo en los sectores CyT, mientras que los colores oscuros representan presencia importante de los sectores CyT.

peso económico que tiene la Ciudad de México se optó por elegir como región de estudio al centro de México. A continuación se define y se analiza la estructura de la región.

El mismo análisis se realizó para el sector biotecnológico. La biotecnología como sector económico está contenido en la subrama 54171 (Servicios de investigación científica y desarrollo en ciencias naturales y exactas, ingeniería y ciencias de la vida) del SCIAN. Los datos del censo económico 2014 arrojan un total de 1, 716 empleos en la subrama, de los cuales 1, 144 se encuentran en la Ciudad de México, 158 en Sonora, 77 en Chihuahua, 71 en Querétaro y el resto se encuentra disperso en Tabasco, Nuevo León, Morelos, Michoacán y Guanajuato. Debe mencionarse que, según los datos del INEGI, el total de empleo se concentra en sólo once municipios del país. Por lo que la exploración espacial debe realizarse con otras fuentes. La descripción del sector, definición y propuesta de regionalización se hará en un subapartado independiente.

Con respecto del impacto en el crecimiento de la región con convergencia se usa otro grupo de variables, las cuales se definieron usando la teoría de las economías basadas en el conocimiento. Las variables del modelo son: Sistema de innovación; para definir esta variable se usa el número de patentes por entidad federativa como variable proxy. Estructura productiva; se emplea el nivel de especialización por municipio ( $\sum_{i=1}^n \text{Sectores especializados} / \text{número de sectores especializados}$ ). Para la variable de capital humano se ocupa el grado promedio de escolaridad de cada municipio. Finalmente, para la variable de conectividad se usa la estadística del Instituto Federal de Telecomunicaciones (IFT) referente al total de conexiones por municipio. Dado que para el sector biotecnológico no se medirán impactos no fue necesario recopilar estas variables para el sector en particular.

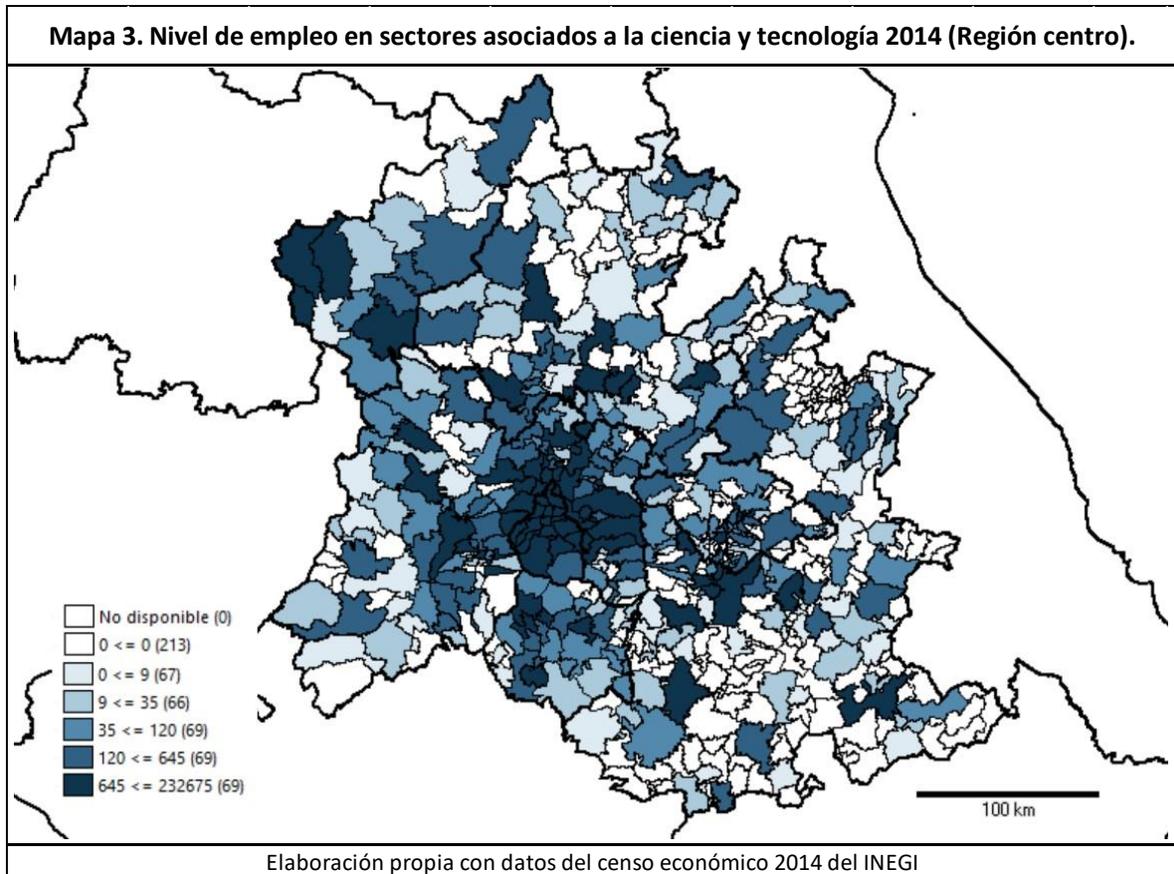
#### **4.1.2. Análisis regional.**

Continuando con el conjunto de sectores CyT y con base en la explicación previa, la región de estudio es donde se encuentra la Ciudad de México. Existen distintas delimitaciones de la región centro, en esta investigación se opta por la regionalización de las macro regiones geo-económicas de México hecha por el CEDRUS (2010) ya que corresponde a un mecanismo de regionalización funcional, es decir, las regiones se construyeron con criterios de funcionalidad económica entre las unidades espaciales. En el siguiente mapa se observa la regionalización del CEDRUS.

**Mapa 2. Macro regiones geo – económicas de México. CEDRUS, 2010.**



En el siguiente mapa se observa la región centro y el nivel de empleo en los sectores CyT por municipio. Se puede observar claramente que los territorios con mayor concentración de empleo en estos sectores se encuentran en la Ciudad de México y su zona metropolitana, además, de las zonas metropolitanas de la región como Querétaro, Cuernavaca, Toluca, Pachuca, Puebla y Tlaxcala. Esta exploración ofrece los primeros indicios de economías de aglomeración y de formación de regiones con centros económicos y periferias, tal como propone la nueva geografía económica (Krugman, 1991).



Con base en el desempeño de las actividades definidas en el apartado anterior se elige la región centro de México para el análisis regional y de impacto. Antes de abordar a la región centro a detalle se describe la localización del sector biotecnológico.

#### **4.1.3. Patrones de localización del sector biotecnológico.**

La biotecnología se define como la aplicación de la ciencia y tecnología a los organismos vivos para la producción de conocimiento, bienes y servicios (OCDE, 2005), “es una actividad multidisciplinaria sustentada en el conocimiento de frontera que se desprende de distintas disciplinas científicas como lo son la biología molecular, la ingeniería bioquímica, la microbiología, la genómica y la inmunología” (Amaro y Morales, 2016: 14). Se trata de un sector intensivo en conocimiento, con algunas características importantes como (Morales y Amaro, 2016):

- Transversalidad. Guarda relación con distintos sectores tradicionales.
- Convergencia cognitiva. Fomenta dinámicas de colaboración entre empresas e instituciones de investigación y desarrollo.

- Intensificación costo – beneficio. A medida que se desarrolla el sector los costos caen y los beneficios aumentan.
- Centralización de recursos humanos. El desarrollo del sector conlleva el desarrollo del capital humano.

Estas características deben ser leídas a través de la perspectiva planteada en la presente investigación. La centralización de los recursos humanos y la convergencia cognitiva están profundamente relacionadas con la idea de crecimiento económico con convergencia. Según la economía del conocimiento y el crecimiento endógeno el desarrollo del capital humano es fundamental para el crecimiento, si el sector biotecnológico fomenta el desarrollo del capital humano y este se transmite a las empresas de forma localizada (Antonelli, 1995) se contribuye al crecimiento económico con convergencia al incrementar la productividad de los factores (Barro y Sala-i-Martin, 1992). Por otra parte, la intensificación costo – beneficio muestra la característica de economías de escala, lo que, a su vez, produce derramas pecuniarias y tecnológicas (Romer, 1986 y Krugman, 1994). La transversalidad es fundamental porque muestra la relación que surge entre el sector y la economía regional. Se trata de un sector que tiene la capacidad de desarrollar conocimiento, incrementar la productividad de los factores y vincularse con la estructura económica de la región donde se establece.

Además de estas características, en el sector se involucran varios agentes como el sector productivo, sector público, financiero y el sector académico. Según Amaro y Morales (2016), la evidencia demuestra la existencia de un sector incipiente en México, con capacidades importantes de innovación, pero aún desarticuladas. No obstante, el estatus actual permite inducir encadenamientos y evidencia de relación funcional del sector con las regiones donde se localiza. Esto es importante porque se busca demostrar que la localización del sector no es aleatoria, es decir, la ubicación del sector está determinada por la estructura económica de la región donde reside. De forma concreta, se busca comprobar la localización del sector explicada por economías de aglomeración referentes al pool de trabajadores, derramas de conocimiento y, sobre todo, insumos intermedios. Pues, este último modelo de localización distingue al sector biotecnológico del resto de los sectores CyT considerados en esta investigación. Para tales fines, se explora al sector de investigación y desarrollo y la relación que establece con la estructura económica de la región donde se localiza.

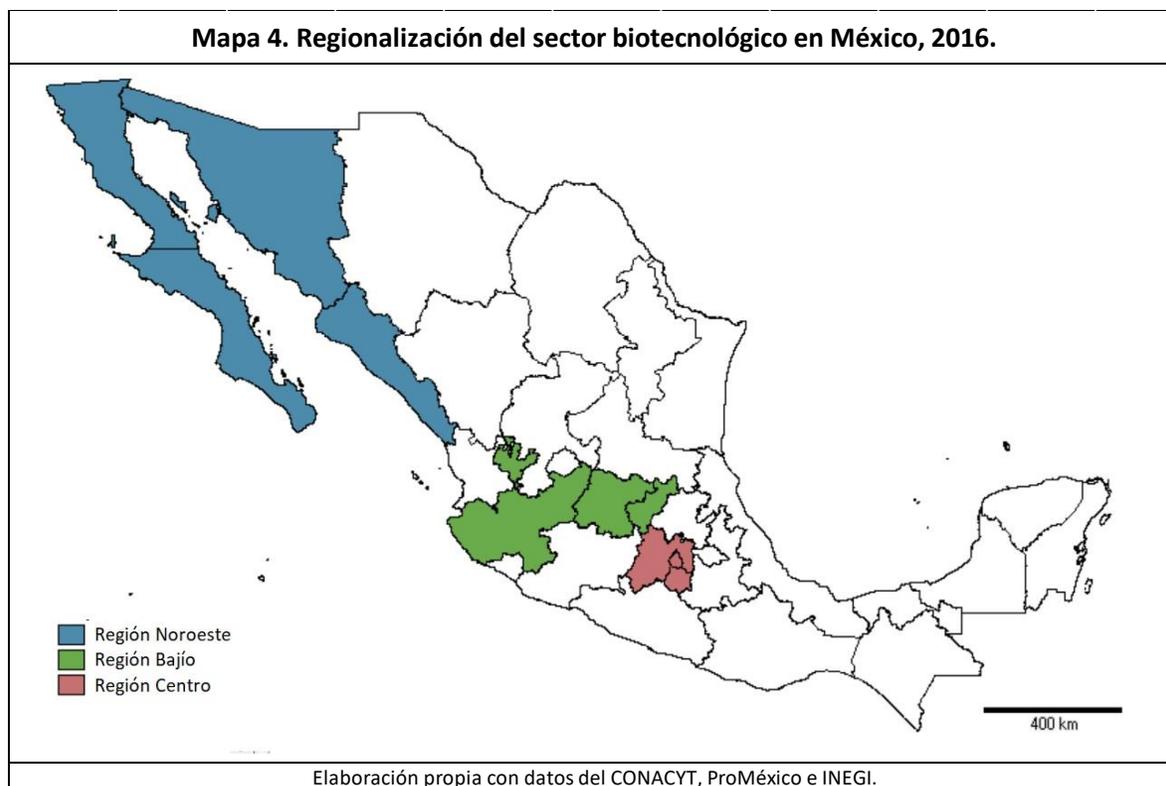
El sector biotecnológico tiene aplicaciones diversas en la economía, genera productos médicos, ambientales, agrícolas, alimentarios, etc. Este aspecto facilita el análisis de la integración del sector con la región. Morales y Amaro (2016) clasifican al sector biotecnológico en cuatro grupos:

- Medicina y salud humana. Produce vacunas, medicamentos, instrumental médico, etc. Está ligado a la industria farmacéutica, genética e ingeniería médica.
- Medicina veterinaria y ciencia animal. genera distintas herramientas con aplicaciones al sector pecuario.
- Agricultura y alimentos. Produce tecnologías aplicadas en el sector agropecuario, alimentario y farmacéutico.
- Biotecnología industrial. Produce distintas aplicaciones a la industria alimentaria, textil, de materiales, etc.

Como se puede observar, la vinculación del sector con la economía de la región está en función del tipo de biotecnología que desarrolle. Lo que quiere decir que la localización de los centros de investigación y desarrollo debe suceder en regiones con características económicas similares al tipo de biotecnología que se desarrolle. En esta clasificación se muestran industrias que tienden a localizarse en centros económicos regionales como la industria farmacéutica, médica, alimentaria, ingeniería, de materiales, textil etc. pero, también aparecen sectores económicos que se localizan fuera de los centros económicos como el sector agrícola y pecuario. A continuación, se analiza la estructura del sector biotecnológico en México y la estructura económica regional para detectar vinculación y proponer una regionalización funcional del sector en el país.

La parte más sólida del sector corresponde con la infraestructura pública de educación, investigación y desarrollo. En el país existen 186 programas de licenciatura y 227 programas de posgrado relacionados con la biotecnología (ProMéxico, 2016: con información de la ANUIES); 9, 500 investigadores en áreas relacionadas con el sector; 27 centros de investigación especializados en biotecnología (ProMéxico, 2016). Del total de centros de investigación 8 se encuentran en la Ciudad de México, 4 en Morelos, 2 en Jalisco, Nuevo León y Baja California Sur; Baja California, Durango, Guanajuato, San Luis Potosí, Sinaloa, Sonora, Tamaulipas, Tlaxcala y Yucatán cuentan con un centro de investigación. Amaro y Morales (2016) contabilizan 38 centros hasta 2016. También se exploró la información de clúster en México. Según Crossborder Group inc (2016). Se detectan cuatro clústeres de biotecnología en el país, los cuales están localizados en los

estados de Morelos, Jalisco, Nuevo León y Guanajuato. Con la información presentada hasta el momento se puede proponer una regionalización del sector biotecnológico en México, la cual se muestra en el siguiente mapa.



En el mapa se visualizan tres regiones de localización del sector biotecnológico. 1) centro de México (rojo), 2) bajo – occidente (verde) y 3) golfo de California (azul). Esta propuesta de regionalización surge del análisis de la estructura productiva de cada región y del cruce con el desarrollo del sector biotecnológico en cada territorio. La orientación de cada centro de investigación permite relacionar el sector con la región. De esta manera se describen las tres regiones propuestas a continuación.

La región centro representa el territorio económicamente más denso del país, la concentración de población, sector industrial y de servicios es considerablemente superior al resto del país (Garza, 2006 y Valdivia, 2008), la estructura económica es diversificada con economías de urbanización<sup>38</sup>. La definición de la región centro en relación con el sector biotecnológico se hizo considerando la presencia del empleo, de los clústeres o

<sup>38</sup> En el siguiente apartado se describe la estructura económica de la región centro de México.

aglomeraciones del sector y los centros de investigación y desarrollo<sup>39</sup>. La región quedó conformada por las entidades de la Ciudad de México, Estado de México y Morelos.

El estado de Morelos cuenta empleo en la subrama 54171, miembros de la sociedad Mexicana de Bioquímica y el segundo mayor registro de investigadores en ciencias de la vida registrados en el sistema nacional de investigadores, centros de investigación como Instituto de Biotecnología especializado en biología molecular vegetal, medicina molecular y biotecnología, el Centro de Ciencias Genómicas, el Instituto Nacional de Salud Pública que realiza investigación sobre enfermedades como la diabetes, el VIH, la tuberculosis y el cáncer, entre otras, y el Centro de Investigación en Biotecnología que pertenece a la Universidad Autónoma del Estado de Morelos.

En la ciudad de México se concentra la mayor cantidad de universidades y centros vinculados o dedicados a biotecnología como Instituto de Investigaciones Biomédicas (IIB), Instituto de Fisiología Celular de la UNAM, Instituto Nacional de Medicina Genómica de la Secretaría de Salud (INMEGEN), Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (CINVESTAV), Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional (ENCB), Unidad Profesional Interdisciplinaria de Biotecnología del Instituto Politécnico Nacional (UPIBI), entre otros. En estos centros se realiza investigación y desarrollo de todo tipo de biotecnología, lo cual está en sincronía con la estructura diversificada de la economía de la región centro.

El estado de México es parte importante de la región biotecnológica del centro de México, pues, aunque no presenta presencia de instituciones de investigación y desarrollo dedicadas a la biotecnología, cuenta con el clúster más importante de la industria farmacéutica en el país. En esta entidad se localizan empresas importantes como Pfizer, Hoffman – La Roche, Merk, Astra Zeneca, Boehringer Ingelheim, Teva Pharmaceutical Industries, Amgen, Baxter International, entre otras. Por lo que el Estado de México proporciona oportunidades de vinculación del sector biotecnológico de investigación y desarrollo.

En la región bajo – occidente se contemplan los estados de Jalisco, Guanajuato y Querétaro. La biotecnología en estos estados se vincula a partir del desarrollo de las

---

<sup>39</sup> según la delimitación espacial del presente texto se incluye a Querétaro como parte de la región centro y al respecto de la biotecnología se considera en una región distinta. Esta propuesta es así porque en términos de este sector la actividad biotecnológica en Querétaro esta funcionalmente integrada con Guanajuato y Jalisco, dado el tipo de investigación que se realiza en estos estados

actividades productivas de la región como la ganadería, agricultura e industria alimentaria. La localización de los clústeres en los tres estados responde a la estructura económica de la región y se describe a continuación.

En Jalisco se encuentra un clúster de biotecnología compuesto por distintos actores de los que destacan la Universidad de Guadalajara (UdeG); Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (CUCBA) enfocado en biotecnología agrícola, programas de neurobiología, biología celular y molecular, reproducción genética etc.; Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco (CIATEJ) que se enfoca en ciencias de la vida y ha realizado proyectos para el sector agroindustrial y farmacéutico; Biocluster de occidente encargado de farmacéutica y biomédica (ProMéxico, 2016). Vale la pena destacar el papel de empresas que incorporan conocimiento biotecnológico en la producción agrícola y de alimentos como las tequileras Sauza y Herradura, Nekutli, etc. (Trejo, 2010).

El estado de Guanajuato también muestra concentración importante de institutos dedicados al sector biotecnológico de los que destacan el Laboratorio Nacional de Genómica para la Biodiversidad (LANGEBIO), que realiza trabajos de secuenciación y análisis funcional del genoma de plantas, animales y microorganismos de uso potencial para aplicaciones en la agricultura, la medicina y la industria; este centro forma parte del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (CINVESTAV), el cual produce investigación básica y aplicada relacionada con la biotecnología agrícola; el Instituto Tecnológico de Celaya (TECELAYA) ha patentado tecnologías para la industria agrícola y alimentaria que han sido adquiridas por diversas compañías nacionales e internacionales; otros centros importantes son el Instituto de Biología Experimental de la Universidad de Guanajuato y el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias. En el estado se han desarrollado proyectos producción de insecticidas naturales a base de plantas genéticamente modificadas, tratamientos contra enfermedades agrícolas por medio del uso de esporas, alteración de plantas para actuar como bio-reactores que produzcan vacunas y otros productos (ProMéxico, 2016).

En Querétaro se observa presencia importante de la subrama 54171 y empresas farmacéuticas que desarrollan biotecnología aplicada a la agricultura, química, alimentos, medioambiente y la medicina. La universidad Autónoma de Querétaro (UAQ) ha desarrollado trabajo importante en biotecnología alimentaria.

La región bajío – occidente se caracteriza por un desempeño económico dinámico en los últimos años, las altas tasas de crecimiento en el PIB estatal se explican en buena medida por el crecimiento del sector manufacturero, actividades agropecuarias y comerciales (Aguilar y Vázquez, 2000). De esta manera, la localización del sector biotecnológico en la región se corresponde con el tipo de actividades económicas que ahí se desempeñan. Algunas que se pueden destacar son la producción agrícola tecnificada en Guanajuato, la producción pecuaria tecnificada y la industria alimentaria en los tres estados de la región (Rebollar et al, 2016). Con esto se da cuenta de que la localización del sector biotecnológico está determinada por la estructura productiva regional.

La región del golfo de California se compone de los estados de Baja California, Baja California Sur, Sonora y Sinaloa. El sector biotecnológico en esta región se localiza en función de actividades económicas como la agroindustria, pesca, ganadería etc.

En el estado de Baja California se encuentra presencia de empleo en la subrama 54171 del SCIAN y cuenta con el Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California CONACYT (CICESE) que desarrolla investigación agrícola entre otras. En el estado de Baja California Sur se encuentra el Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del Instituto Politécnico Nacional (CICIMAR) y el Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C. CONACYT (CIBNOR) que han desarrollado investigación y tecnología para actividades agrícolas, pesqueras, acuícolas, forestales, agrícolas etc. además, el CIBNOR cuenta con el parque científico – tecnológico Biohelis orientado a la transferencia tecnológica e incubación y desarrollo de empresas de la región.

El estado de Sonora también cuenta con empleo en la subrama 54171 y con el Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. CONACYT (CIAD). Por su parte, Sinaloa tiene el Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Sinaloa del Instituto Politécnico Nacional (CIIDIR Sinaloa). Si bien la presencia del sector de investigación y desarrollo en biotecnología es menor en esta región se debe tomar en cuenta la integración funcional con la estructura económica de la región.

La región propuesta puede clasificarse en sub – regiones, la parte de la región que está en la frontera norte del país se puede caracterizar como una zona maquiladora y manufacturera (Esquivel, 1999). El litoral del golfo de California que comprende parte del estado de Baja California y parte del estado de Baja California Sur y el litoral del pacífico que comprende la parte oeste de los estados de Sonora y Sinaloa. La región donde se

localiza e integra el sector biotecnológico es el litoral del golfo de California, litoral pacífico y parte del valle de Ensenada. Las actividades económicas que se vinculan con el sector biotecnológico son producción pecuaria tecnificada, agroindustria tecnificada, pesca y cría de especies marinas, acuicultura e industria alimenticia (Rebollar et al, 2016).

El sector biotecnológico se localiza en la región centro por un mercado de trabajo amplio y derramas de conocimiento. El tipo de biotecnología que se desarrolla en la Ciudad de México y Morelos es diverso y corresponde con la estructura económica regional diversa. Tiene especial énfasis la biotecnología farmacéutica y médica por la presencia del clúster farmacéutico en el Estado de México y Ciudad de México. De esta manera se comprueba la localización y regionalización del sector biotecnológico en el centro de México por economías de urbanización.

En cuanto a la región bajo – occidente y golfo de California se observan distintos patrones de localización del sector biotecnológico. Principalmente en la región bajo – occidente se observa una buena presencia de recursos humanos, lo que puede generar derramas de conocimiento, esta misma región presenta concentraciones de recursos naturales, como tierra de riego, sistemas hídricos y recursos climáticos favorables para la producción agrícola, además, la región muestra dinamismo y niveles importantes en el sector agropecuario, con lo que se confirma que la localización del sector biotecnológico en esta región está en función de las economías de aglomeración propias de la región. En cuanto a la región del golfo de California se puede decir que la localización del sector biotecnológico responde, principalmente, a la localización de insumos intermedios y recursos naturales. Dada el bajo nivel en la presencia del capital humano especializado en el sector biotecnológico, los proyectos del sector biotecnológicos están directamente vinculados con la estructura económica de la región, sobre todo los que tienen que ver con producción pecuaria en Sonora y Sinaloa, producción agrícola en Baja California, Baja California Sur, Sonora y Sinaloa, proyectos acuícolas y pesqueros en Baja California Sur, Sonora y Sinaloa. Con lo que queda demostrada la localización funcional del sector biotecnológico en el territorio.

### **4.3. Análisis de la región centro de México.**

La región se compone de las siguientes entidades federativas: Ciudad de México, Estado de México, Hidalgo, Morelos, Puebla, Querétaro y Tlaxcala. En términos generales, la región centro es la más importante del país, pues concentra la mayor proporción de población y actividades económicas en la nación. En esta región se concentran,

aproximadamente, 34, 894,000 de habitantes (CONAPO, 2018). La densidad de población de la región ronda los 268 habitantes por km<sup>2</sup>, con marcadas diferencias entre el centro económico y las periferias. Además de la población, presenta heterogeneidad en la composición económica, infraestructura, natural, social, etc.

Los sectores económicos más importantes en la región son: el comercio al por menor con 21.4% de participación, manufactura con 15.3% de la participación y los servicios de apoyo a los negocios y manejo de desechos y servicios de remediación con 14.6% del total. Para el segundo trimestre de 2015, la Ciudad de México presentó un decremento en las actividades primarias de 0.3 y en las actividades secundarias de 3.3, lo que nos habla de la desindustrialización que ha venido sufriendo esta entidad. Por otra parte, las actividades terciarias mostraron un aumento de 2.5% con respecto al año anterior. Garza (2006) muestra que la zona metropolitana de la ciudad de México ha pasado por un proceso de terciarización que ha ocasionado que la manufactura migre a otras ciudades. En esta zona, que es el centro económico de la región, ha disminuido la participación de la manufactura para dar paso a los servicios. La movilización de la manufactura tiene como destino las ciudades que rodean a la ciudad de México, principalmente el Bajío, y la zona fronteriza norte del país, tal como se muestra en los hechos estilizados de la especialización económica de las ciudades (Duranton y Puga, 2000).

El análisis económico funcional de la región centro permitirá entender mejor la estructura de la región y cómo esta arquitectura es importante e incide en el crecimiento de los sectores económicos asociados a la ciencia y la tecnología.

#### **4.3.1. Regionalización económico – funcional.**

La metodología de la regionalización funcional arroja que la región centro de México se compone de trece áreas funcionales, cada una con un centro económico, el cual corresponde con una zona metropolitana a excepción del municipio de San Juan del Río, Querétaro. Este es el primer acercamiento a la región pues da cuenta de la composición de la región en términos del centro económico y los subcentros. El centro económico y los subcentros están compuestos por una zona metropolitana (un municipio en el caso del área funcional de San Juan del Río) como área central y un conjunto de municipios que conforman su área de influencia o periferia.

El centro económico de la región es la zona metropolitana de la Ciudad de México, mientras que los subcentros son las zonas metropolitanas de Puebla – Tlaxcala, Toluca, Querétaro,

Cuernavaca, Pachuca, Tlaxcala – Apizaco, Cuautla, Tehuacán, San Juan del Rio, Tulancingo, Tula y Tianguistenco.

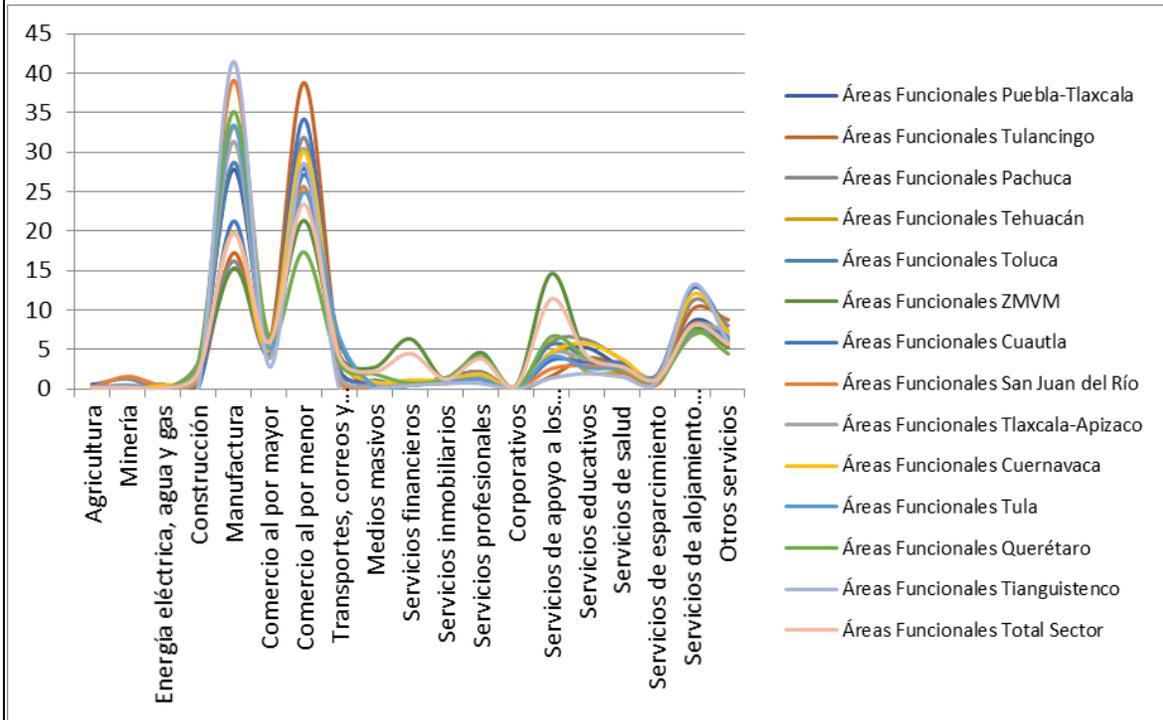
En el siguiente mapa se muestra la división de la región en áreas funcionales. Cada área funcional es una subregión que muestra funcionalidad en su estructura interna. Por ejemplo, el área funcional de Querétaro se define por la especialización en manufactura y construcción, a diferencia del área funcional de Tulancingo que está muy especializada en agricultura. De esta forma cada área funcional muestra un grado mayor de homogeneidad en comparación con la región completa. Para mostrar lo anterior véase la gráfica 1.

**Mapa 5. Áreas funcionales de la región centro de México.**



Elaboración propia con base en la regionalización funcional.

**Gráfica 1. Participación de los sectores económicos en las áreas funcionales de la región centro de México.**



Elaboración propia con datos del censo económico 2014 del INEGI.

Con la información anterior se puede constatar que el área funcional donde se concentran los sectores de interés de la investigación es en la ZMVM y su área de influencia. Sólo en la Ciudad de México se cuenta con 5 parques industriales y/o tecnológicos: Prosoftware Red de Innovación (Clúster Vallejo), Tecnoparque "Azcapotzalco", Parque Tecnológico y Educativo Milenio-Ferrería, Parque Industrial de Alta Tecnología "Cabeza de Juárez", Parque Industrial de Alta Tecnología Zapotitlán. Estos parques se han denominado como de alta tecnología y tecnología especializada por lo que, se considera que la población ocupada en estas actividades tiene un alto grado de especialización y capital humano. La localización de este tipo de actividades está en concordancia con la infraestructura educativa y de investigación y desarrollo con el que cuenta la ciudad.

#### 4.3.2. Estructura y dinámica económica.

En el apartado anterior se mostró un poco de la estructura económica de las áreas funcionales de la región centro de México. Se puede considerar que la estructura económica de cada área es bastante homogénea o que, por lo menos, muestra similitudes económico – funcionales importantes. A continuación, se procede a analizar la estructura

económica de las áreas funcionales poniendo énfasis en los sectores importantes para la presente investigación.

#### 4.3.2.1. Especialización y diversificación económica.

El análisis regional comienza con la evaluación de la estructura económica de la región. Para este fin se analiza la estructura económica de la región en función de la composición en sectores económicos según la clasificación del SCIAN. En el siguiente cuadro se puede observar los índices de especialización y el coeficiente de diversificación por área funcional.

Sector/Región	Cuadro 2. Índices de especialización, diversificación, producción básica exportable y multiplicador de la región centro de México.					
	Áreas Funcionales					
	Puebla-Tlaxcala	Tulancingo	Pachuca	Tehuacán	Toluca	ZMVM
Agricultura	1.306	8.179	8.384	1.789	2.906	0.108
Minería	0.881	1.727	8.324	1.838	0.758	0.507
Energía eléctrica, agua y gas	0.347	0.991	0.198	4.653	4.34	0.116
Construcción	1.094	0.346	1.519	0.631	0.563	1.022
Manufactura	1.415	0.875	0.82	1.685	1.454	0.779
Comercio al por mayor	0.928	0.974	0.883	1.123	0.994	1.027
Comercio al por menor	1.197	1.657	1.359	1.298	1.158	0.915
Transportes, correos y almacenamiento	0.633	1.113	0.356	0.287	1.563	1.087
Medios masivos	0.393	0.169	0.373	0.13	0.22	1.312
Servicios financieros	0.134	0.138	0.127	0.139	0.105	1.435
Servicios inmobiliarios	1.191	0.789	1.134	0.543	0.88	1.002
Servicios profesionales	0.564	0.524	0.553	0.302	0.396	1.229
Corporativos	0	0	0	0	0.207	1.469
Servicios de apoyo a los negocios	0.404	0.148	0.518	0.512	0.498	1.287
Servicios educativos	1.26	0.966	1.484	0.522	0.939	0.972
Servicios de salud	0.988	1.049	1.323	0.725	0.808	1.004
Servicios de esparcimiento	0.979	0.995	1.081	0.987	0.937	1.016
Servicios de alojamiento temporal	1.07	1.266	1.385	0.842	1.029	0.946
Otros servicios	1.172	1.561	1.408	1.123	1.093	0.932
Sectores especializados	8	7	10	7	7	11
<b>Diversificación</b>	<b>0.158</b>	<b>0.217</b>	<b>0.195</b>	<b>0.222</b>	<b>0.158</b>	<b>0.074</b>
<b>Producción básica exportable</b>	<b>110,809</b>	<b>17,028</b>	<b>31,262</b>	<b>28,122</b>	<b>73,597</b>	<b>375,730</b>
<b>Multiplicador</b>	<b>6.322</b>	<b>4.600</b>	<b>5.141</b>	<b>4.501</b>	<b>6.318</b>	<b>13.434</b>

Elaboración propia con datos del censo económico 2014 del INEGI.

<b>Cuadro 2. Índices de especialización, diversificación, producción básica exportable y multiplicador de la región centro de México (continuación).</b>							
Sector/Región	Áreas Funcionales						
	Cuautila	San Juan del Río	Tlaxcala-Apizaco	Cuernavaca	Tula	Querétaro	Tianguistenco
Agricultura	11.882	1.021	2.68	3.499	1.896	0	3.14
Minería	0.878	10.759	0.368	0.755	3.085	1.335	0
Energía eléctrica, agua y gas	11.865	7.868	0	8.2	0	0	0
Construcción	0.049	0.644	0.832	0.895	1.42	1.609	0.092
Manufactura	1.079	1.984	1.591	1.003	1.698	1.787	2.106
Comercio al por mayor	0.768	0.991	0.649	0.819	0.875	1.138	0.495
Comercio al por menor	1.461	1.093	1.298	1.282	1.066	0.742	1.221
Transportes, correos y almacenamiento	0.587	0.276	0.424	0.965	1.672	0.826	0
Medios masivos	0.538	0.132	0.176	0.396	0.117	0.906	0.016
Servicios financieros	0.116	0.175	0.129	0.236	0.087	0.167	0.099
Servicios inmobiliarios	0.968	0.765	1.028	0.889	0.704	1.135	0.6
Servicios profesionales	0.332	0.359	0.403	0.474	0.313	1.083	0.184
Corporativos	0	0	0	0	0	0.262	0
Servicios de apoyo a los negocios	0.322	0.221	0.395	0.402	0.355	0.584	0.122
Servicios educativos	0.819	0.699	0.901	1.38	0.628	0.963	0.47
Servicios de salud	1.223	0.834	0.978	1.352	0.912	0.983	0.561
Servicios de esparcimiento	1.557	0.44	1.101	1.237	1.098	0.732	0.836
Servicios de alojamiento temporal	1.597	1.019	0.991	1.484	0.864	0.91	1.645
Otros servicios	1.291	0.981	1.271	1.264	1.167	0.793	1.036
Sectores especializados	8	6	6	9	8	6	5
<b>Diversificación</b>	<b>0.212</b>	<b>0.234</b>	<b>0.204</b>	<b>0.153</b>	<b>0.202</b>	<b>0.181</b>	<b>0.324</b>
<b>Producción básica exportable</b>	<b>19,799</b>	<b>30,395</b>	<b>23,650</b>	<b>36,160</b>	<b>12,138</b>	<b>65,969</b>	<b>9,502</b>
<b>Multiplicador</b>	<b>4.719</b>	<b>4.269</b>	<b>4.909</b>	<b>6.517</b>	<b>4.960</b>	<b>5.531</b>	<b>3.085</b>

Elaboración propia con datos del censo económico 2014 del INEGI.

Estos resultados son relevantes y aportan elementos para comprobar algunas de las hipótesis planteadas en los apartados teóricos de la tesis. De esta información se puede concluir lo siguiente:

1. Existe un centro económico regional correspondiente con el área funcional de la Ciudad de México.
2. La especialización y la diversificación coexisten en la región (Duranton y Puga, 200).
3. Los sectores de interés se concentran en el área funcional de Ciudad de México, la cual muestra la estructura urbana más desarrollada de la región. En concordancia con Christaller (1933) los sectores con concentración de conocimiento y tecnología se localizan en el centro económico con mayor jerarquía.
4. El empleo en los sectores de medios masivos, servicios profesionales científicos y técnicos y servicios de apoyo a los negocios se concentran en el área funcional de la ZMVM, y Querétaro, mientras que los servicios educativos están especializados

en las áreas funcionales de la ZMVM, Puebla -Tlaxcala, Tulancingo, Pachuca, Cuernavaca y Querétaro. Estos resultados constatan que las actividades científicas y tecnológicas se concentran geográficamente en territorios con economías de urbanización, mientras que la formación de capital humano (servicios educativos) tienden a tener una dispersión menos concentrada.

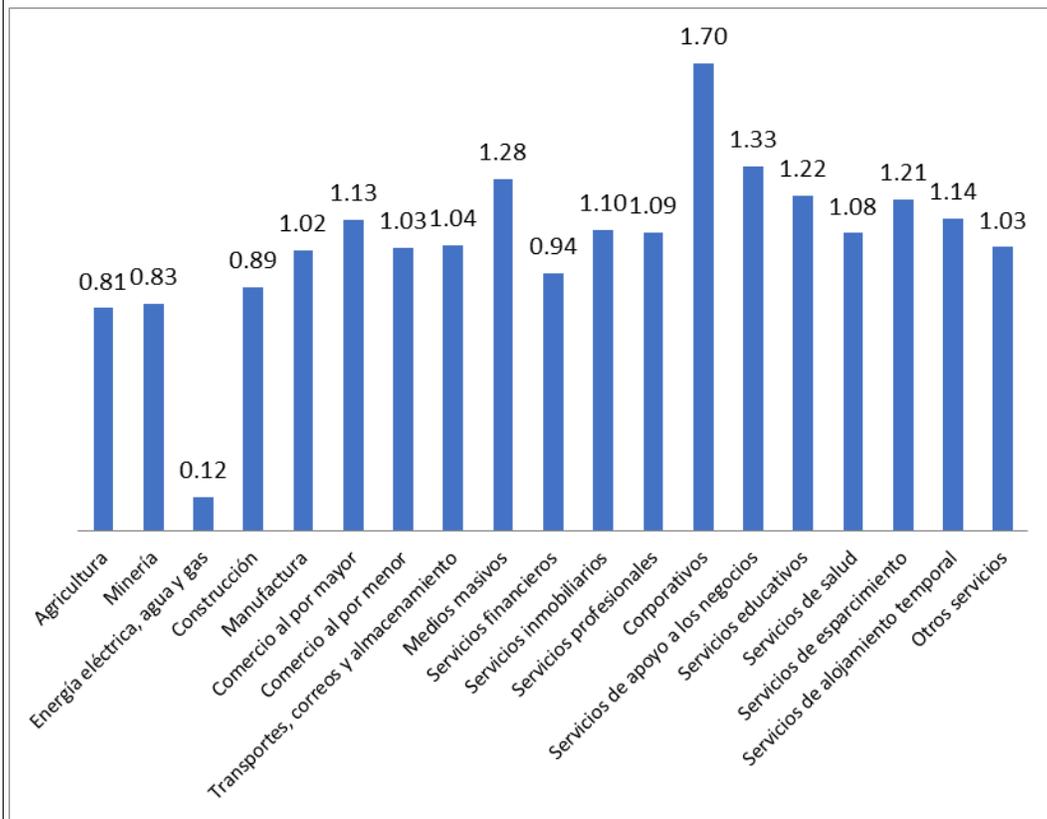
5. La producción básica exportable más alta se localiza en el área funcional de la ZMVM y de Puebla – Tlaxcala. Esto debido a los niveles de empleo en la producción del sector secundario (bienes exportables).
6. Dado el punto anterior el multiplicador más alto se encuentra en las mismas áreas funcionales, lo que indica que estos son los territorios más competitivos para atraer inversiones y la creación de nuevas unidades económicas.

Con los resultados obtenidos se confirman que los sectores CyT se aglomeran en el centro regional, por lo que además de medir los impactos de las economías del conocimiento de los sectores CyT en la región debe considerarse otra escala de análisis, como el área funcional y la zona metropolitana de la Ciudad de México.

#### **4.3.2.2. Dinámica y transformación regional.**

En este subapartado se muestran las transformaciones más importantes que han acontecido en la región, esta es una forma de incorporar la dimensión temporal y la evolución de la estructura económica de la región.

**Gráfica 2. Variación por sector en la región centro de México, 2004 - 2014.**



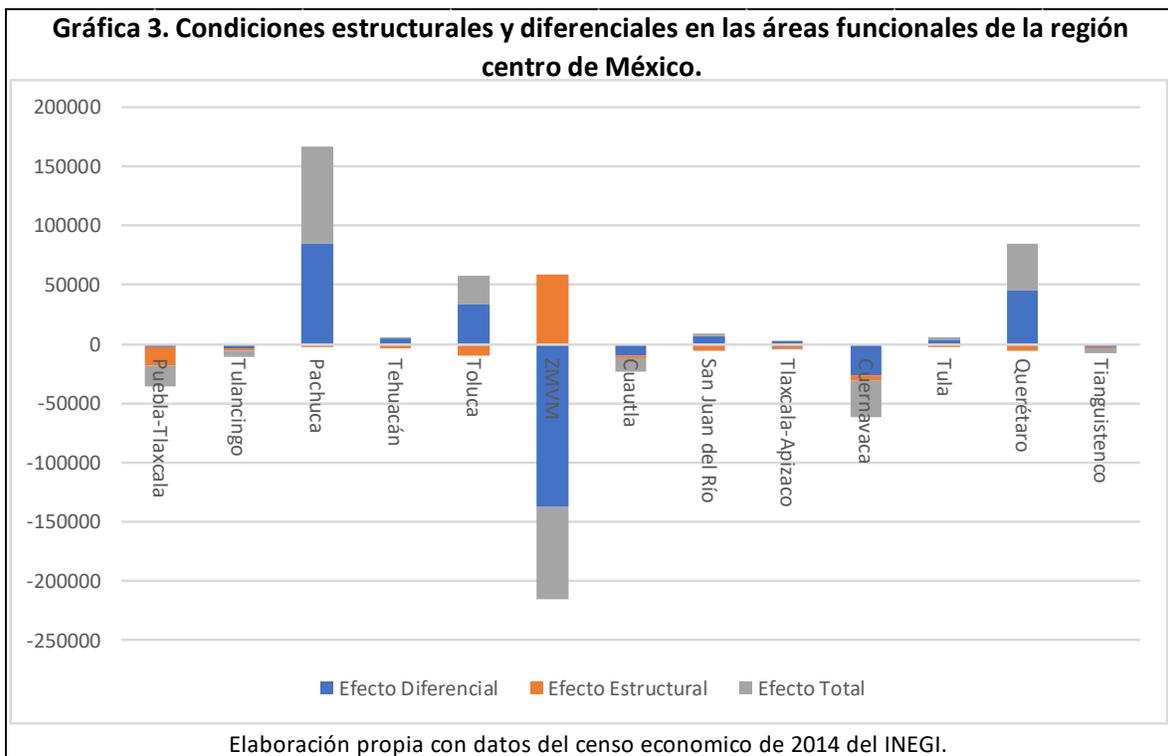
Elaboración propia con datos de los censos económicos de 2004 y 2014 del INEGI.

los tres sectores con mayor variación son servicios corporativos, de apoyo a los negocios y medios masivos debido al crecimiento de los subcentros económicos de la región centro. Las áreas funcionales con mayor índice de variación son: Pachuca, Querétaro, Tula y San Juan del Río, las primeras dos son ciudades medias mientras que las siguientes son ciudades pequeñas, pero todas en proceso de crecimiento y constante desarrollo de sus economías de urbanización. También se puede observar que los sectores primarios crecen menos, mientras que los sectores de interés muestran niveles de variación más cercanos a los sectores más dinámicos.

En particular, los sectores que muestran mayor dinamismo en la región son los servicios financieros (.010), servicios profesionales (.016) y servicios de apoyo a los negocios (.017). Tal como se observó, los servicios profesionales se encuentran especializados en la ZMVM y en Querétaro. Esto debido a la tercerización de la ZMVM, al crecimiento de las ciudades pequeñas y medias y al aprovechamiento de las economías de urbanización del centro económico y los subcentros de la región.

### 4.3.2.3. Participación y cambio regional.

En esta parte del capítulo se incorpora el análisis de las condiciones estructurales y dinámicas de las áreas funcionales. Como ya se vio en la parte metodológica, el desempeño económico de las áreas funcionales está determinado por su estructura y dinámica económica. Esta información se captura con el efecto total, el cual está compuesto por efecto estructural y efecto diferencial; el efecto estructural mide el efecto que causa la infraestructura económica en el desempeño del área funcional, mientras que el efecto diferencial mide los efectos que tiene la dinámica de cada sector en el desempeño de la economía del área funcional.



En la gráfica se pueden observar valores positivos y negativos, lo que implica que las áreas funcionales con valores positivos en el efecto total son áreas ganadoras pues su desempeño económico se ha visto favorecido por condiciones estructurales y dinámicas positivas. El caso de los valores negativos es interesante porque muestra en qué rubros de la economía de los territorios se debe intervenir para mejorar el desempeño económico; por ejemplo, el área de Toluca tiene un efecto estructural negativo por lo que se debe intervenir con política pública de largo plazo para desarrollar la estructura económica del área y mejorar, con eso, su desempeño económico. Las áreas que muestran efectos totales negativos se consideran áreas perdedoras pues no han sido favorecidas por la evolución

económica de la región y deben hacer esfuerzos de largo y corto plazo para mejorar su desempeño económico. En concordancia con lo anterior, los efectos estructurales negativos se combaten con políticas económicas de largo plazo, como puede ser infraestructura carretera, portuaria, o con política educativa o de salud. Por otra parte, las deficiencias de efecto diferencial se remedian con política pública de corto plazo, como programas de aliento al empleo, incentivos fiscales para atraer inversión, política urbana para atraer capital humano etc.

El efecto estructural más grande lo tiene la ZMVM por tratarse del centro económico regional y nacional. En esta área se muestra un efecto diferencial negativo y amplio resultado del proceso de tercerización y expulsión de empresas manufactureras al norte y bajo, además de la disminución de las tasas de crecimiento de la ciudad. En concordancia con lo anterior, las áreas que crecen tanto estructuralmente como dinámicamente son Pachuca y Querétaro, estas se podrían catalogar como subregiones ganadoras, mientras que las áreas de Cuernavaca, Puebla – Tlaxcala, Cuautla, Tlaxcala - Apizaco Tulancingo y Tianguistenco se pueden definir como áreas perdedoras.

Para impulsar las economías del conocimiento en la región se debe hacer esfuerzos en política pública que estimule la infraestructura y dinámica económica. Las economías del conocimiento en la región pueden verse estimuladas con políticas de largo plazo como el desarrollo del capital humano, sistemas de innovación, infraestructura de tecnologías de la información y comunicaciones, además del desarrollo de vías de comunicación, estructura urbana, etc. Las acciones que estimulan la dinámica económica y benefician a las economías del conocimiento en la región pueden orientarse en políticas de impulso al empleo en los sectores CyT, incentivos fiscales a empresas de los sectores CyT, promoción del uso de las tecnologías de la información, política urbana orientada a amenidades para captar migración calificada (Florida, 2012), creación y difusión de tecnologías y educación, mejora de los sistemas locales de innovación etc.

Con la información del presente apartado se tiene una visión clara y amplia de la estructura económica de la región en 2014 y sus transformaciones entre 2004 y 2014. Algunas de las conclusiones obtenidas contribuyen a dar elementos para desarrollar los sectores económicos asociados a la ciencia y la tecnología y con esto identificar si pueden o no aportar al crecimiento económico de la región. Si bien el nivel de análisis fue hecho a nivel de región y área funcional aporta elementos importantes para estudiar los sectores CyT en

la región a un nivel más significativo, como es el nivel municipal, lo cual se desarrolla en los siguientes apartados.

#### **4.4. Derramas de empleo.**

Tal como muestra el marco teórico referenciado en esta investigación, el desarrollo de sectores CyT debe producir impactos positivos en la región. Uno de esos impactos económicos es la producción de derramas en el empleo. Este tipo de derramas corresponde con la definición de derramas no pecuniarias, tecnológicas, intra -sector, ocasionadas por proximidad espacial (Arrow – Marshall - Romer)<sup>40</sup>. Aunque en el capítulo dos se trató el tema de las derramas pecuniarias del capital humano (Moretti, 2004) y las derramas pecuniarias asociadas a la aglomeración espacial (Moretti, 2004 y Krugman, 1991) en este trabajo se demuestra la existencia de derramas de empleo, no pecuniarias y espaciales producidas por los sectores CyT en la región centro de México para el periodo de 1999 a 2014.

En esta parte de la investigación se busca comprobar la hipótesis que señala que los sectores CyT producen efectos económicos positivos en la región centro, concretamente se producen derramas en la creación de empleo dentro de los sectores CyT. Lo cual es un rasgo positivo de los sectores CyT, porque a medida que incrementa la presencia de algún sector CyT el resto de los sectores se ven beneficiados por la creación de más empleo. Las derramas en el sector son causadas tanto por el capital humano como por la aglomeración de los sectores CyT (clúster horizontal). El impacto económico se mide a nivel de la región centro, área de influencia de la Ciudad de México y zona metropolitana de la Ciudad de México. Además, se abordan distintos tipos de modelación econométrica, desde los modelos de sección cruzada convencional hasta los modelos tipo panel espaciales.

---

<sup>40</sup> La definición de este tipo de derramas se hizo a lo largo del capítulo uno, pues se fueron recogiendo cada uno de los aspectos de esta definición hasta conformar un concepto compuesto por tres elementos: derramas producidas por proximidad de empresas de un solo sector (Marshall); derramas generadas por el carácter abundante y acumulativo del conocimiento (Arrow); y derramas tecnológicas producto de rendimientos crecientes de la función de producción de los modelos de crecimiento endógeno y rendimientos constantes de la tecnología.

### 4.3.1. Derramas de empleo de los sectores CyT en la región centro de México.

En el presente subapartado el primer acercamiento se realiza tomando en cuenta la región en su conjunto y analizando datos de empleo en los sectores de interés y de capital humano a nivel municipal con modelación econométrica estándar y espacial.

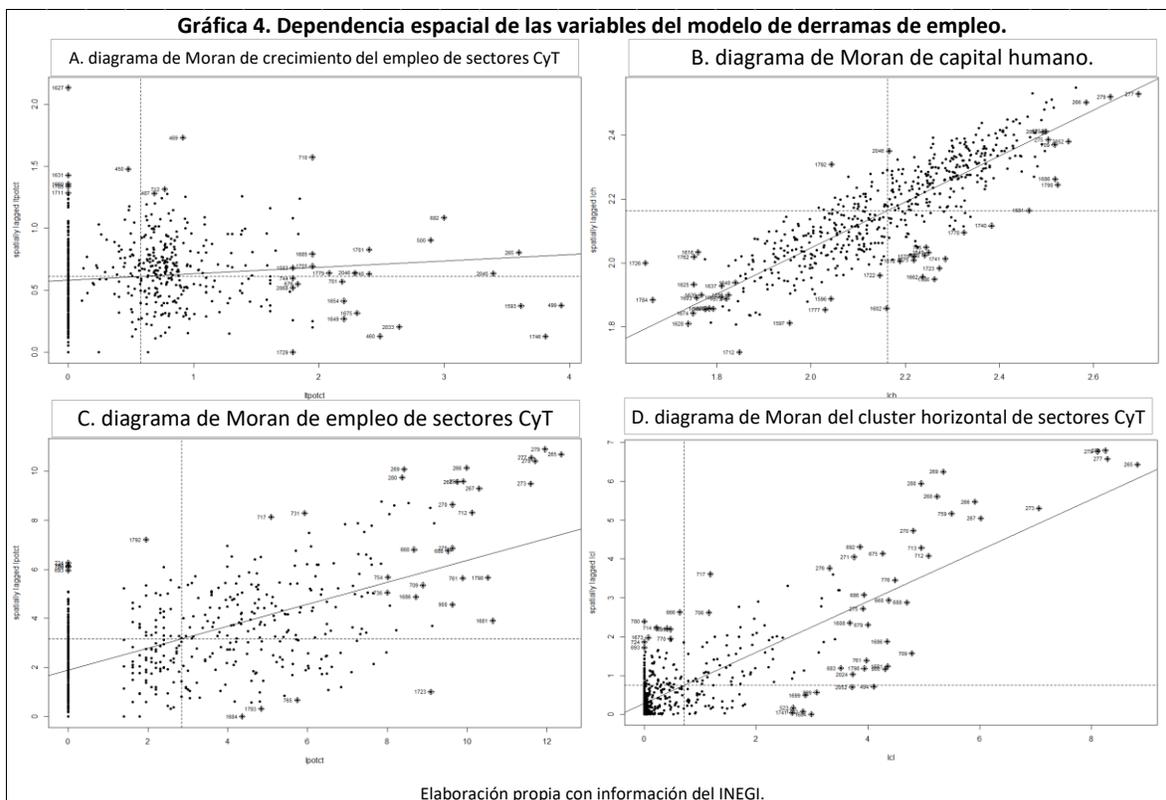
#### 4.3.1.1. Dependencia espacial.

En el capítulo dos se planteó la idea de dependencia espacial como la prueba de que la localización de las actividades económicas es un factor de importancia en la producción de impactos de los sectores CyT en la región de estudio. Un primer acercamiento con la comprobación o refutación de esta idea se logra con el índice de Morán. A continuación, se muestran los resultados de este indicador para cada variable del modelo.

<b>Cuadro 3. Estadísticos de Moran. Modelo de derramas de empleo, región centro, 2014.</b>		
	Moran I statistic standard deviate	P - Value
Capital Humano	27.49	< 2.2e-16 (***)
Empleo C - T	17.097	< 2.2e-16 (***)
Crecimiento del empleo en C - T	2.055	0.03988 (***)

Fuente: Elaboracion propia.

En el cuadro se evalúa la dependencia espacial del crecimiento y el nivel de empleo de los sectores CyT y del capital humano en la región centro. Las tres variables muestran dependencia espacial. Lo que representa que el nivel de una variable en un municipio está relacionado con el nivel de la misma variable en los municipios vecinos.



En el panel de anterior se observa la dependencia espacial gráficamente. El eje vertical de cada gráfica muestra el nivel de asociación espacial de cada variable, el eje horizontal muestra el nivel de cada variable. De esta manera, los elementos que estén en el primer cuadrante de las gráficas tendrán niveles menores al promedio (bajo) en la variable en cuestión y niveles mayores al promedio (alto) en cuanto a dependencia espacial. El cuadrante número tres es inverso al uno. Los elementos que estén en el cuadrante dos tendrán niveles altos tanto en la variable, como en dependencia espacial. Por lo tanto, los elementos que estén en el cuadrante cuatro tendrán niveles bajos en la variable y en dependencia espacial. La línea de tendencia con pendiente positiva muestra patrones de segregación, pues indica que los elementos con nivel bajo en la variable están dispersos en el territorio, sin dependencia espacial, mientras que las observaciones que tienen niveles altos en la variable en cuestión presentan niveles altos de dependencia espacial, es decir, comparten características con sus vecinos.

La dinámica que se describe es que cuando un elemento, por ejemplo, pasa de un nivel bajo de capital humano a niveles altos influye en sus vecinos, y es más probable que cuando ese elemento tenga niveles altos de la variable sus vecinos muestran niveles similares. Esta característica se muestra con mayor fuerza en las gráficas B, C y D, correspondientes a

capital humano, empleo en los sectores CyT y en el nivel de clúster de los sectores CyT respectivamente.

#### 4.3.1.2. Modelos de sección cruzada.

Para confirmar la creación de derramas de empleo intra-sector se hace uso de la siguiente especificación econométrica:

$$\partial Emp_{CT} = \alpha + \beta CL + \theta CL^2 + \delta CH + \mu$$

Donde:

- $\partial Emp_{CT}$  es el crecimiento del empleo en los sectores asociados a la ciencia y tecnología de la región centro.
- $\alpha$ ; es un intercepto.
- $CL$ ; es la aglomeración horizontal o efectos de aglomeración.
- $CL^2$ ; son efectos de congestión o efectos negativos de la aglomeración.
- $CH$ , es el capital humano del municipio.
- $\mu$ ; son las innovaciones.
- $CL$  = Nivel de empleo de los sectores de ciencia y tecnología / la extensión territorial del municipio en  $KM^2$ .
- $CL^2$ ; es el cuadrado de CL.

Las hipótesis del modelo son:

- Sí el coeficiente de la intensidad de clúster de los sectores CyT ( $\beta$ ) es positivo existen derramas en la creación de empleo en la región.
- Sí el coeficiente efectos de congestión ( $\theta$ ) es cero o positivo no existen efectos de congestión que impidan la creación de derramas de empleo en el sector en la región, de lo contrario, hay efectos de congestión o saturación de los sectores CyT que limitan la creación de derramas de empleo en la región.
- El parámetro del capital humano ( $\delta$ ) muestra la incidencia del capital humano en la creación de derramas de empleo de los sectores CyT en la región.
- El parámetro Rho positivo indica que la localización de los sectores CyT participa en la generación de derramas de empleo del sector CyT en la región.
- El parámetro Lambda indica que la asociación espacial en los errores (parte no explicada del modelo) contribuye a la formación de derramas de empleo de los sectores CyT en la región.

<b>Cuadro 4. Resultados de las estimaciones econométricas. Modelos de sección cruzada para medir derramas de empleo.</b>										
Modelo:	Estático		Rezago espacial		Error espacial		Rezago y error		Durbin	
	Estimate	P - Value	Estimate	P - Value	Estimate	P - Value	Estimate	P - Value	Estimate	P - Value
(Intercept)	0.38	0.32	0.34	0.38	0.35	0.34	0.37	0.34		
lcl	2.45	0.00	2.45	0.00	2.44	0.00	2.43	0.00	2.47	0.00
lcl2	-1.17	0.00	-1.17	0.00	-1.16	0.00	-1.16	0.00	-1.16	0.00
lch	-0.05	0.79	-0.02	0.94	-0.03	0.85	-0.05	0.81	-0.44	0.14
R squared	0.56									
Ajusted R sq	0.24									
Rho			-0.047	0.467			0.029	0.851	-0.073	0.296
Lamda					-0.063	0.368	-0.092	0.595		
					Elaboración propia.					

En el cuadro anterior se presentan los resultados de las estimaciones econométricas del modelo de derramas. Se presenta un modelo estático de sección cruzada, sección cruzada con rezago espacial, modelo de sección cruzada con error espacial, modelo mixto y un modelo Durbin. Las conclusiones son las siguientes:

1. El modelo estático de sección cruzada con datos de 2014 confirma que los sectores CyT agrupados en clúster producen derramas de empleo en la región. Dado el tamaño de los sectores CyT en la región centro se encuentran efectos de saturación que limitan la creación de derramas en el empleo. El capital humano resulta no ser significativo, lo que indica que el capital humano no está explicando la formación de derramas de empleo en la región.
2. En cuanto a los modelos espaciales de sección cruzada no son buenas opciones de modelación pues, aunque arrojan resultados similares en las variables no es significativo el factor espacial, tanto en el rezago como en el término de error. Es decir, la localización de los sectores CyT no está participando en la formación de derramas de empleo.
3. Los sectores CyT producen derramas de empleo y efectos de saturación que impiden la creación de derramas de empleo, pero los efectos de congestión son significativamente menores que la creación de derramas por los sectores CyT.

#### **4.3.1.3. Modelos panel y panel espaciales.**

En el siguiente cuadro se presentan los resultados de los modelos panel con datos de los censos económicos 1999, 2004, 2009 y 2014, del censo de población 2010 y las encuestas intercensales de 2005 y 2015 del INEGI. Los modelos presentados en el cuadro 5 son: modelo estático, modelo pool, modelo panel con efectos fijos y modelo panel con efectos aleatorios. Por su parte en el cuadro 6 se presentan los modelos pool espacial, panel con

rezago espacial con efectos fijos y aleatorios, panel con error espacial con efectos fijos y aleatorios y panel con rezago y error (mixto) con efectos fijos y aleatorios.

Modelo:	Estático		Pool		Panel efectos fijos		Panel efectos aleatorios	
	Estimate	P - Value	Estimate	P - Value	Estimate	P - Value	Estimate	P - Value
(Intercept)	0.008	0.969	0.008	0.969			0.656	0.039
lcl	2.895	0.000	2.895	0.000	6.514	0.000	5.250	0.000
lcl2	-1.396	0.000	-1.396	0.000	-2.822	0.000	-2.464	0.000
lch	0.128	0.187	0.128	0.187	-0.149	0.471	-0.337	0.032
R squared	0.279		0.279		0.360		0.275	
Ajusted R squared	0.278		0.278		0.038		0.273	

Elaboración propia.

A continuación, se muestran los resultados de los modelos con especificación panel espacial:

Modelo:	Pool espacial		Rezago espacial EF		Rezago espacial EA		Error espacial EF		Error espacial EA		Mixto EF		Mixto EA	
	Estimate	P - Value	Estimate	P - Value	Estimate	P - Value	Estimate	P - Value	Estimate	P - Value	Estimate	P - Value	Estimate	P - Value
(Intercept)	0.008	0.969			0.276	0.172			0.224	0.315			0.265	0.198
lcl	2.895	0.000	2.955	0.000	3.025	0.000	2.957	0.000	3.067	0.000	2.937	0.000	3.037	0.000
lcl2	-1.396	0.000	-1.422	0.000	-1.456	0.000	-1.423	0.000	-1.473	0.000	-1.414	0.000	-1.461	0.000
lch	0.128	0.187	0.078	0.633	-0.054	0.594	0.103	0.273	0.012	0.911	0.044	0.638	-0.042	0.686
Rho			0.070	0.055	0.158	0.000					-0.155	0.047	0.035	0.712
Lambda							0.030	0.439	0.179	0.000	0.172	0.004	0.130	0.114

Elaboración propia.

Al incorporar los datos de los censos económicos de los años 1999, 2004, 2009 y 2014 se obtienen resultados importantes.

1. El parámetro del capital humano es positivo en la mayoría de los casos. Este resultado es coherente con la teoría del crecimiento endógeno, economía de la innovación y las economías basadas en el conocimiento. Al capturar la heterogeneidad en el tiempo y en el espacio se da sentido al aporte positivo del capital humano en la generación de derramas de empleo por los sectores CyT en la región centro.
2. En factor espacial (Rho o Lambda) es significativo y positivo, con excepción del modelo panel con error espacial de efectos fijos y el modelo mixto con efectos aleatorios. Lo que quiere decir que, según el tipo de modelación, la localización de los sectores CyT impacta de manera positiva en la formación de derramas de empleo por los sectores CyT en la región centro. Entonces es positivo el desarrollo

de los sectores CyT, pero, también es importante la localización de estos para causar efectos de derrama de empleo en la región.

3. Para explicar las derramas de empleo de los sectores CyT en la región centro se opta por el modelo panel de rezago espacial con efectos aleatorios y panel de error espacial con efectos aleatorios. Ambos modelos presentan buenos resultados por separado, pero no juntos, es decir los resultados de la especificación del modelo mixto no son convincentes. Los resultados concuerdan con las conclusiones de los grupos de modelos anteriores. Creación de derramas positivas notablemente mayores que la creación de efectos de congestión. En el caso del modelo panel de errores espaciales con efectos aleatorios muestra que el factor espacial es importante y significativo en la creación de derramas de empleo. Según este modelo, el factor espacial influye en la generación de derramas positivas de empleo incluso más que el nivel de capital humano.

Con el modelo de panel error – espacial con efectos aleatorios se confirma la existencia de derramas de empleo (Marshall – Arrow – Romer) en la región centro por los sectores CyT y el capital humano. La derrama en el empleo es mayor que el efecto de saturación y la localización espacial de los sectores CyT resulta más impactante que el nivel de capital humano. El hecho de que sea un modelo de error llama la atención porque da cuenta que la asociación espacial tiene que ver con la parte no explicada del modelo, esto puede ser un indicativo de formación de derramas tipo Jacobs (1969), lamentablemente este objetivo está fuera de los límites de la investigación presente.

#### 4.3.2. Área funcional de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México.

Para analizar la creación de derramas a nivel del área funcional de la Ciudad de México sólo se presenta la modelación de panel espacial pues los modelos de sección cruzada y panel convencional son considerablemente similares a los modelos realizados para la región completa. El siguiente cuadro muestra los resultados de los modelos panes espaciales aplicados a nivel área funcional.

Modelo:	Pool espacial		Panel rezago espacial EF		Panel rezago espacial EA		Panel error espacial EF		Panel error espacial EA		Mixto EF		Mixto EA	
(Intercept)	Estimate	P - Value	Estimate	P - Value	Estimate	P - Value	Estimate	P - Value	Estimate	P - Value	Estimate	P - Value	Estimate	P - Value
lcl	2.895	0.000	2.955	0.000	3.025	0.000	2.957	0.000	3.067	0.000	2.937	0.000	3.037	0.000
lcl2	-1.396	0.000	-1.422	0.000	-1.456	0.000	-1.423	0.000	-1.473	0.000	-1.414	0.000	-1.461	0.000
lch	0.128	0.187	0.078	0.633	-0.054	0.594	0.103	0.273	0.012	0.911	0.044	0.638	-0.042	0.686
Rho			0.070	0.055	0.158	0.000					-0.155	0.047	0.035	0.712
Lambda							0.030	0.439	0.179	0.000	0.172	0.004	0.130	0.114

Elaboración propia

Los resultados que destacan se relacionan con los coeficientes de rho y lambda, es decir, las externalidades espaciales mostradas en los modelos panel – rezago espacial de efectos fijos, panel – rezago espacial con efectos aleatorios y panel – error espacial con efectos aleatorios modelo panel con rezago y error espacial de efectos fijos. Con estas modelaciones se demuestra que, además de las derramas de empleo y los efectos de saturación, existen derramas producidas por la localización del empleo en CyT, es decir, que el efecto de economías de aglomeración juega un papel positivo considerablemente mayor a nivel área funcional que a nivel región, lo cual guarda coherencia con la interacción de centros económicos y periferias (Christaller, 1935 y Krugman, 1991). Otra forma de interpretar los resultados es con la incorporación de la teoría del cambio tecnológico localizado, la cual propone que el conocimiento y el cambio tecnológico son localizados en el espacio, además de localizarse en las isocuantas etc.<sup>41</sup>. Si el desarrollo de las actividades asociadas a la tecnología y el conocimiento están determinadas por el contexto espacial es razonable que las derramas de empleo de estos sectores tengan una distribución espacial localizada.

Esta conclusión concuerda con las hipótesis de la regionalización funcional, las cuales establecen que las áreas funcionales son territorios considerablemente más homogéneos que las regiones; además mantienen la idea de que las áreas funcionales están compuestas por un centro económico y un área de influencia o periferia. En este sentido se confirman los postulados de la nueva geografía económica sobre los efectos positivos de la aglomeración. Finalmente se puede decir que el factor espacial se muestra más importante a este nivel porque se trata de una zona con un centro económico aglomerado y una periferia con niveles bajos en cuanto a economías de aglomeración.

#### **4.3.3. Zona metropolitana de la Ciudad de México.**

El análisis del impacto en forma de derramas de empleo de los sectores CyT en el espacio concluye con la evaluación a nivel zona metropolitana. Este nivel de análisis muestra peculiaridades interesantes dignas de exposición. En primer lugar, en el siguiente cuadro se muestran los resultados de la dependencia espacial de las variables analizadas. Todas las variables independientes muestran dependencia espacial importante. La variable dependiente, crecimiento del empleo en CyT. muestra un índice de dependencia espacial

---

<sup>41</sup> Véase capítulo 2. Apartado 2.1.

bajo y no significativo, probablemente porque la zona metropolitana de la Ciudad de México constituye una economía de urbanización en su conjunto.

	ch	CL	CL2	Empleo C-T	Crecimiento del empleo en C-T
Moran I statistic standard deviate	8.281	9.992	10.008	7.655	0.983
Moran I statistic	0.587	0.714	0.716	0.546	-0.079
p-value	0.000	0.000	0.000	0.000	0.326

Elabpración propia

En contraste con lo mostrado por lo indicadores de dependencia espacial se muestran los resultados de los modelos panel espaciales estimados al nivel de zona metropolitana. Lo que se expone, en el cuadro siguiente, es que el peso del factor espacial pierde significancia en todas las especificaciones. Esto sucede porque la zona metropolitana es una economía de urbanización donde, si bien, existe concentración, no hay una diferencia notable en la distribución espacial de las actividades económicas de interés.

Modelo:	Pool espacial		Rezago espacial EF		Rezago espacial EA		Error espacial EF		Error espacial EA		Mixto EF		Mixto EA	
	Estimate	P - Value	Estimate	P - Value	Estimate	P - Value	Estimate	P - Value	Estimate	P - Value	Estimate	P - Value	Estimate	P - Value
(Intercept)	2.463	0.010			2.458	0.010			2.523	0.009			2.160	0.018
lcl	1.901	0.000	1.726	0.003	1.901	0.000	1.729	0.000	1.902	0.000	1.730	0.000	1.879	0.000
lcl2	-0.894	0.000	-0.810	0.004	-0.894	0.000	-0.811	0.000	-0.894	0.000	-0.812	0.000	-0.886	0.000
lch	-0.909	0.036	-0.901	0.239	-0.917	0.034	-0.897	0.042	-0.936	0.032	-0.893	0.044	-0.829	0.044
Rho			-0.011	0.913	0.029	0.768					-0.039	0.921	-0.140	0.795
Lamda							-0.017	0.868	0.028	0.784				

Elaboración propia.

Con lo expuesto en este apartado se concluye que los sectores CyT producen derramas de empleo intra – sector (Marshall – Arrow – Romer) en la región centro de México, en el área funcional de la Ciudad de México y en la zona metropolitana de la Ciudad de México. La aglomeración espacial de los sectores CyT contribuye a la generación de derramas a nivel regional y se enfatiza a nivel de área funciona, aunque desaparece a nivel de zona metropolitana porque se trata de una región donde solo está presente el centro económico sin periferia. El desarrollo de los sectores de CyT en la región es lo suficientemente grande como para producir efectos de congestión que afecta en el crecimiento de empleo de los sectores CyT. En general se puede afirmar que el desarrollo de los sectores CyT es positivo para la región, pues produce derramas de empleo, además de esto, es importante considerar que la localización de los sectores contribuye de manera positiva, por lo que la promoción y desarrollo de estos sectores debe hacerse considerando aspectos espaciales y del territorio.

#### 4.4. Convergencia en el crecimiento de la productividad.

Una de las hipótesis centrales de esta investigación consiste en que las y las economías del conocimiento producen crecimiento económico con convergencia en la región centro de México. En varios estudios se cuestiona la idea de convergencia del crecimiento económico. Los estudios empíricos espaciales en México han demostrado patrones de divergencia en el crecimiento económico (Aroca, Bosch y Maloney ,2005; Esquivel, 1999; Valdivia, 2010 y 2014; Mendoza, 2016 y 2017), sobre todo cuando se hacen a nivel estatal o zonas metropolitanas y en los periodos entre 1985 y 2010. Los resultados empíricos los modelos de convergencia (Barro y Sala i – Martin, 1992) o *catching up* (Baumol, 1986) son puestos en duda sobre el poder explicativo de los procesos de crecimiento económico (Ortiz, 2010). La pertinencia del uso de este tipo de modelado para probar las hipótesis planteadas en la presente investigación radica en demostrar que el crecimiento económico con convergencia de la región está condicionado por la presencia de la economía del conocimiento, incorporando técnicas espaciales y detectando el peso de cada variable de la economía del conocimiento en el impacto económico regional.

##### 4.4.1. Macro – región Centro de México.

Como en el caso del análisis de las derramas de empleo, se parte del nivel regional en su conjunto para explorar el proceso del crecimiento económico con convergencia. A este nivel se incorporan todas las técnicas usadas en el apartado anterior; análisis de dependencia espacial, modelos de sección cruzada, panel y panel espaciales.

##### 4.4.1.1. Dependencia espacial.

Dada la importancia del aspecto regional en la investigación es fundamental determinar que existen factores espaciales que influyen en el proceso que se busca demostrar. En esta parte se explora si existe dependencia espacial de las variables de la economía del conocimiento en la región centro en un momento determinado en el tiempo, en este caso 2014.

<b>Cuadro 10. Estadísticos de Moran de variables del modelo de crecimiento con convergencia, región centro, 2014</b>		
Variable	Moran I statistic standard deviate	P - Value
Crecimiento de la productividad total	0.44	0.66
Grado de especialización	8.49	0.00
Capital humano	27.49	0.00
Uso de TICs	17.25	0.00
Empleo en sectores de C -T	17.10	0.00

Elaboración propia

Como en el caso de las variables del modelo de derramas se muestra dependencia espacial positiva y significativa en todas las variables independientes. Estos resultados indican que es pertinente incorporar el análisis espacial a la investigación con el fin de encontrar mejores resultados y conclusiones. A continuación, se presenta el modelo econométrico y sus resultados en los distintos niveles.

#### 4.4.1.2. Modelos de sección cruzada, 2014.

En términos formales el modelo econométrico empleado es el siguiente:

$$ltprtt = \alpha \ln Pr_{i,0} + \beta \ln SI_{i,t} + \gamma \ln EP_{i,t} + \delta CH_{i,t} + \theta TIC_{i,t} + m + \varepsilon$$

Donde:

- $lntprtt$  = logaritmo del crecimiento de la productividad total de cada municipio.
- $\ln Pr_{i,0}$  = logaritmo de la productividad en el año 2009 ( $lprt0$ ).
- $\ln SI_{i,t}$  = logaritmo del índice del sistema de innovación de cada municipio ( $lpat$ ).
- $\ln EP_{i,t}$  = logaritmo del índice de la estructura productiva de cada municipio ( $lgesp$ ).
- $lCH_{i,t}$  = logaritmo del capital humano medido como promedio de años de escolaridad ( $lch$ ).
- $lTIC_{i,t}$  = logaritmo del índice de tecnologías de la información y comunicación de cada municipio ( $ltic$ ).
- $m$  es una constante y  $\varepsilon$  es el término de perturbación estocástica. Además:
  - $ltprtt = \ln\left(\frac{Pr_{i,t}}{Pr_{i,0}}\right)$
  - $SI_{i,t} = pat$  = patentes estatales como proxy del sistema de innovación.
  - $EP_{i,t}$  = Grado de especialización dado por:  $\frac{\sum_{i=1}^n \text{Sectores especializados}}{\text{número de sectores especializados}}$  como proxy de la estructura productiva de la región.
  - $TIC_{i,t}$  = Nivel de conectividad total como proxy del uso de tecnologías de la información y la comunicación.

Retomando las hipótesis del modelo planteadas en el capítulo anterior, se tiene que:

- Se obtiene convergencia absoluta cuando el parámetro del sistema de innovación, estructura productiva, capital humano y tecnologías de la información y comunicación es igual a cero y el parámetro de la productividad inicial es menor a cero y estadísticamente significativo.

- Por otra parte, se muestra convergencia condicional (el nivel de convergencia se determina por las condiciones iniciales y la participación de cada variable en el proceso de crecimiento económico) cuando el parámetro de la productividad del periodo anterior es menor a cero y el parámetro de las variables independientes son distintos a cero y estadísticamente significativos.

En el cuadro 11 se muestran los resultados del modelo estándar y espacial de convergencia de sección cruzada para el año 2014.

<b>Cuadro 11. Resultados de las estimaciones econométricas. Modelos de corte transversal, región centro, 2014.</b>				
Modelo:	Estático		Rezago-error espacial	
	Estimate	P - Value	Estimate	P - Value
(Intercept)	-0.317	0.458	0.382	0.314
lprt0	-0.250	0.000	-0.301	0.000
lpat	0.005	0.506	0.026	0.088
lgesp	0.107	0.014	0.077	0.002
lch	0.758	0.001	0.810	0.000
ltic	0.030	0.003	0.011	0.099
R squared	0.529			
Ajusted R sq	0.5047			
Rho			-0.384	0.003
Lamda			0.386	0.000
Elaboración propia.				

Tanto en la especificación estándar como en la especificación espacial se obtiene crecimiento con convergencia condicional dada por el signo negativo del logaritmo de la productividad inicial y parámetros positivos de las variables independientes, sólo la variable correspondiente al sistema de innovación no alcanza significancia estadística. En ambos modelos se muestra convergencia condicional del crecimiento determinada por las variables de la economía del conocimiento. La no significancia de las patentes se puede deber a que se usaron datos de patente a nivel estatal, mientras que el resto de las variables se usaron a nivel municipal. Otro aspecto por resaltar es que cuando se usa la especificación espacial la participación de las variables de la economía del conocimiento en el crecimiento se incrementa. En el modelo espacial se muestra un indicador Rho (que muestra economías de aglomeración) significativo y positivo, aunque débil. Lo que indica que, si bien el factor espacial no influye mucho en el crecimiento, lo hace reforzando el impacto que las variables independientes causan sobre variable dependiente.

#### 4.4.1.3. Modelos Panel.

Como en el caso anterior, para esta propuesta se usa una especificación de panel que captura las heterogeneidades en el tiempo. A diferencia del caso de las derramas, en este modelo se usaron datos del censo económico del INEGI de los años 2004, 2009 y 2014; CONACYT de los años 2004 a 2014 y IFT de 2008 a 2014. Por lo que el resultado obtenido fue un panel de 553 municipios y 2 cortes temporales.

<b>Cuadro 12. Resultados de las estimaciones econométricas. Modelos panel de crecimiento con convergencia, región centro, 2009 - 2014</b>								
Modelo:	Estático		Pool		Efectos fijos		Efectos aleatorios	
	Estimate	P - Value	Estimate	P - Value	Estimate	P - Value	Estimate	P - Value
(Intercept)	0.126	0.486	0.126	0.486			-0.886	0.005
lp <sub>prt0</sub>	-0.230	0.000	-0.230	0.000	-0.793	0.000	-0.577	0.000
lp <sub>pat</sub>	0.013	0.097	0.013	0.097	0.072	0.036	0.007	0.627
lgesp	0.063	0.000	0.063	0.000	0.139	0.000	0.102	0.000
lch	0.648	0.000	0.648	0.000	0.597	0.236	1.731	0.000
ltic	0.013	0.000	0.013	0.000	0.006	0.209	0.006	0.062
R squared	0.218		0.218		0.658		0.501	
Ajusted R squared		0.215	0.215		0.310		0.499	

Elaboración propia.

Como bien se observa en el recuadro anterior, la mejor especificación es la del modelo panel con efectos aleatorios, pues arroja significancia en todas las variables a excepción del indicador del sistema de innovación y muestra el mayor grado de explicación del modelo ( $R^2 = .5$ ). también se puede observar que las variables que más aportan al crecimiento son el capital humano y la estructura económica, dada por el nivel de especialización de cada municipio. El impacto del uso de las tecnologías de la información es menor pero positivo. Con esto se obtiene la conclusión de que las economías del conocimiento contribuyen significativamente al crecimiento económico regional con convergencia.

#### 4.4.1.4. Modelos Panel espacial.

Para probar crecimiento económico con convergencia causado por las economías del conocimiento en la región centro se corrieron distintos modelos espaciales los cuales se presentan en el cuadro 13.

**Cuadro 13. Resultados de las estimaciones econométricas. Modelos panel espaciales de crecimiento con convergencia, región centro, 2009 - 2014.**

Modelo:	Pool espacial		Rezago espacial EF		Rezago espacial EA		Error espacial EF		Error espacial EA		Mixto EF		Mixto EA	
	Estimate	P - Value	Estimate	P - Value	Estimate	P - Value	Estimate	P - Value	Estimate	P - Value	Estimate	P - Value	Estimate	P - Value
(Intercept)	0.126	0.485			0.090	0.618			0.081	0.665			0.155	0.466
lprt0	-0.230	0.000	-0.223	0.000	-0.229	0.000	-0.223	0.000	-0.232	0.000	-0.222	0.000	-0.235	0.000
lpat	0.013	0.096	0.021	0.032	0.012	0.121	0.024	0.001	0.014	0.096	0.026	0.001	0.022	0.034
lgesp	0.063	0.000	0.046	0.027	0.063	0.000	0.048	0.001	0.064	0.000	0.049	0.001	0.064	0.000
lch	0.648	0.000	0.544	0.000	0.645	0.000	0.550	0.000	0.673	0.000	0.550	0.000	0.748	0.000
ltic	0.013	0.000	0.017	0.000	0.013	0.000	0.017	0.000	0.012	0.000	0.016	0.000	0.010	0.008
Rho							0.110	0.018	0.087	0.073	0.206	0.067	0.344	0.004
Lambda			0.068	0.133	0.050	0.260					-0.105	0.366	-0.282	0.043

Elaboración propia.

Si se incorpora la dimensión espacial al modelado panel se confirma la importancia de las economías de aglomeración en el impacto de las economías del conocimiento en el crecimiento económico de la región centro de México. Para sostener lo anterior se muestra un parámetro rho o lambda que indican en qué medida el crecimiento económico del municipio  $i$  se encuentra explicado por el crecimiento económico de municipios vecinos o cercanos (dependencia espacial). Tanto el modelo mixto (panel - rezago y error de efectos aleatorio) de efectos aleatorios como el modelo de error (panel – error espacial de efectos fijos) de efectos fijos muestran el peso del factor espacial. Dadas las pruebas de Hausman el mejor modelo es el de panel – error espacial de efectos fijos con importancia espacial positiva y significativa. Las proporciones de impacto de las variables independientes guardan las proporciones del conjunto de modelos anteriores, siendo la más importante el capital humano, seguido de la estructura económica y el uso de tecnologías de la información.

En este nivel se confirma el impacto de las economías del conocimiento en el crecimiento económico con convergencia en la región centro de México, debe destacarse el papel de las economías de aglomeración en el crecimiento económico. Como en el caso de las derramas se analizan los impactos a nivel área funcional y zona metropolitana.

#### 4.4.2. Área funcional y Zona Metropolitana de la Ciudad de México.

El área funcional de la ciudad de México es el territorio más importante de la región por contener el centro económico regional. Este nivel muestra un centro económico poderoso rodeado de una periferia con menores niveles de desarrollo en las distintas variables económicas. Por lo que se puede adelantar niveles de dependencia espacial importantes.

**Cuadro 14. Estadísticos de Moran. Variables del modelo de crecimiento con convergencia, (Área funcional de la Ciudad de México) 2014.**

Variable	Moran I statistic standard deviate	P - Value
Crecimiento de la productividad total	1.0853	0.28
Grado de especialización	2.6694	0.01
Capital humano	11.656	0.00
Uso de TICs	9.8784	0.00
Empleo en sectores de C -T	10.213	0.00

Elaboración propia

La dependencia espacial más fuerte la muestran las variables de capital humano y el empleo en sectores de CyT, seguido del uso de las tecnologías de la información y el grado de especialización económica. A este nivel parece que se conserva la importancia del factor espacial. Como en el modelo a nivel región se conservan las tendencias al usar un modelo de corte transversal y modelo panel con efectos aleatorios. Los resultados se aprecian a continuación.

**Cuadro 15. Resultados del modelo de crecimiento con convergencia, corte transversal, área funcional de la Ciudad de México 2014.**

Modelo:	Modelo estático	
	Estimate	P - Value
(Intercept)	-0.317	0.458
lpert0	-0.250	0.000
lpert	0.005	0.506
lgesp	0.107	0.014
lch	0.758	0.001
ltic	0.030	0.003
R squared	0.529	
Ajusted R squared	0.5047	

Elaboración propia.

Los resultados de los modelos panel para el área funcional de la Ciudad de México se encuentran en el siguiente cuadro.

<b>Cuadro 16. Resultados de las estimaciones econométricas. Modelos panel, crecimiento con convergencia, área funcional de la Ciudad de México, 2009 - 2014</b>								
Modelo:	Estático		Pool		Panel con efectos fijos		Panel con efectos aleatorios	
	Estimate	P - Value	Estimate	P - Value	Estimate	P - Value	Estimate	P - Value
(Intercept)	-0.519	0.191	-0.519	0.191			-3.235	0.000
lprt0	-0.194	0.000	-0.194	0.000	-0.803	0.000	-0.640	0.000
lpat	0.003	0.725	0.003	0.725	0.020	0.715	0.011	0.614
lgesp	0.009	0.816	0.009	0.816	0.119	0.120	0.058	0.315
lch	0.916	0.000	0.916	0.000	1.718	0.062	2.915	0.000
ltic	0.003	0.497	0.003	0.497	0.003	0.625	-0.005	0.237
R squared	0.243		0.243		0.780		0.650	
Ajusted R squared	0.224		0.224		0.539		0.641	

Elaboración propia.

En este nivel de análisis, se confirma que los efectos de las economías del conocimiento en el área funcional de la Ciudad de México muestran bastante similitud con la región en conjunto. Por otra parte, debe mencionarse que tras realizar las pruebas robustas para modelos espaciales (cuadro 17) se encontró que ninguna especificación espacial es adecuada para explicar el crecimiento económico con convergencia en la región centro determinado por las economías del conocimiento. Esto se debe al grado de homogeneidad del área funcional y en este sentido, el factor espacial pierde poder explicativo. En el siguiente cuadro se muestran las pruebas de Lagrange que determinan si es pertinente el uso de modelos con autocorrelación espacial en la variable o en el error.

<b>Cuadro 17. Pruebas de Lagrange (robustas) para modelos especiales, área funcional de la Ciudad de México, 2014.</b>	
LMerr	= 0.54365, df = 1, p-value = 0.4609
RLMerr	= 0.94, df = 1, p-value = 0.3323
LMIag	= 0.044171, df = 1, p-value = 0.8335
RLMIag	= 0.44052, df = 1, p-value = 0.5069
SARMA	= 0.98417, df = 2, p-value = 0.6114
elaboración propia.	

El cuadro anterior confirma que ninguna especificación espacial tiene sentido en este nivel de análisis. Lo que lleva a concluir que la distribución espacial de las economías del conocimiento sólo tiene sentido a nivel región, a un nivel más bajo desaparece el peso locacional de las variables independientes. Finalmente, el modelo panel con efectos fijos muestra las mejores estimaciones. El grado de explicación más alto lo tiene este modelo donde la variable con más impacto es el capital humano seguido del grado de especialización y el uso de las tecnologías de la información.

Continuando con la ruta analítica del apartado anterior se presentan los resultados de las estimaciones a nivel zona metropolitana. En este nivel se confirma que la dimensión espacial deja de influir en el proceso analizado. Los resultados de la significancia de los modelos espaciales se confirman en el siguiente cuadro.

Cuadro 18. Pruebas de Lagrange (robustas) para modelos especiales, zona metropolitana de la Ciudad de México, 2014.	
LMerr	= 1.5376, df = 1, p-value = 0.215
RLMerr	= 2.0875, df = 1, p-value = 0.1485
LMlag	= 0.25102, df = 1, p-value = 0.6164
RLMlag	= 0.80091, df = 1, p-value = 0.3708
SARMA	= 2.3385, df = 2, p-value = 0.3106

Tras descartar los modelos espaciales, la mejor especificación dentro del conjunto de los modelos panel empleado en la investigación corresponde con el modelo pool para la zona metropolitana de la Ciudad de México. Los resultados se presentan a continuación.

Cuadro 20. Resultados del modelo pool de crecimiento con convergencia, zona metropolitana de la Ciudad de México, 2009 - 2014.		
	Estimate	P - Value
(Intercept)	-4.061	0.000
lpert0	-0.623	0.000
lgesp	0.039	0.577
lch	3.271	0.000
ltic	-0.009	0.040
R squared	0.684	
Ajusted R squared	0.676	

Elaboración propia.

Las conclusiones de este último análisis son las siguientes:

1. El grado de explicación del modelo es considerable ( $R^2 = .68$ ), por lo que se piensa que las variables de la economía del conocimiento explican en buena proporción el crecimiento económico de la región centro de México.
2. Se destaca el papel del capital humano en la participación en el crecimiento económico como la variable que más aporta a dicho proceso.
3. La estructura productiva media por el grado de especialización económica es positiva pero no significativa, pues a este nivel de análisis se observa que la ciudad presenta un coeficiente de diversificación importante.

4. El parámetro del uso de las tecnologías de la información resulta negativo, lo que puede ser indicativo de que la alta concentración del uso de tecnologías de la información en la región puede resultar en un proceso de divergencia.
5. En general se observa convergencia condicionada del crecimiento económico de la zona metropolitana de la ciudad de México impulsado fundamentalmente por el nivel del capital humano. El desarrollo del capital humano contribuye de manera positiva e importante en el crecimiento económico convergente de la ciudad.

#### **4.5. Conclusiones.**

A lo largo del capítulo se dio respuesta a las preguntas de investigación planteadas: ¿cómo se explica la localización de los sectores científico – tecnológicos en México, en particular del sector biotecnológico? y ¿Cuál es el efecto de los sectores científico – tecnológicos en la economía de la región centro de México?

En los apartados 4.1 y 4.2 se dio respuesta a los patrones de localización de los sectores CyT en general y del sector biotecnológico en particular. En el 4.4 y 4.5 se demostró el efecto económico de los sectores CyT y de las economías del conocimiento en la región centro de México.

Con la exploración espacial de la presencia de los sectores CyT en México se pudo definir la región centro como espacio ideal para detectar los impactos causados por el grupo de sectores CyT. También, se pudo observar, de forma intuitiva, que la localización de los sectores CyT es mayor en las ciudades grandes y medianas del país, de donde se explotan economías de aglomeración formadas por un pool de trabajadores y derramas de conocimiento. En cuanto al sector biotecnológico se obtuvieron resultados que vale la pena mencionar. El sector biotecnológico es un sector no desarrollado del todo (Amaro y Morales, 2016a), la parte más sólida corresponde con los actores dedicados a la investigación y desarrollo, tanto las empresas como las instituciones del gobierno aún no muestran un grado de desarrollo considerable para impulsar el sector. Sin embargo, la exploración de los centros de investigación y los recursos existentes del sector permitió analizar y dar cuenta de que el sector está localizado en función de la estructura productiva del territorio. Se propusieron tres regiones del sector biotecnológico (centro, bajo – occidente y golfo de California), donde el sector está funcionalmente integrado con la economía de la región. Se destacó que el modelo de economías de aglomeración por insumos intermedios explica, de buena forma, a la región biotecnológica del golfo de California y bajo – occidente.

Posterior al análisis exploratorio se profundizó en el análisis regional para poder formar indicadores que ayudarán a explicar los efectos del desarrollo de las economías del conocimiento y los sectores CyT. Con este análisis se delimitó la región en centros económicos, subcentros, áreas funcionales etc. se obtuvieron los patrones de economías de localización y urbanización que juegan papeles importantes en el crecimiento económico de las regiones.

La hipótesis del impacto económico de los sectores CyT y las economías del conocimiento en la región centro se comprobó con buenos resultados. En este nivel analítico se obtuvieron resultados muy importantes. Las derramas de empleo aparecen en el nivel regional, área funcional y zona metropolitana, pero, solo es el nivel regional y área funcional tiene una incidencia importante el factor espacial en la producción de las derramas. Este resultado se mantiene en concordancia con otros estudios regionales sobre derramas de empleo en zonas metropolitanas de México. Por ejemplo, en Valdivia (2014) que estudia las derramas de empleo de las clases creativas en las zonas metropolitanas del país se demuestra que el 46% del empleo total se encuentra en un radio de 5 km a partir del centro de la ciudad; a 10 km se concentra el 72% y a 20 km el 93% del empleo. Mientras que la población se concentra en 31%, 57% y 86% respectivamente.

También se demostró la hipótesis del impacto de las economías del conocimiento en el crecimiento económico con convergencia de la región centro. En contraste con la producción de derramas de empleo, la convergencia condicional sucede en la región, área funcional y zona metropolitana de la Ciudad de México, pero el factor espacial solo tiene significancia en el nivel de la región. Lo que sugiere que el desarrollo de las economías del conocimiento y las actividades de ciencia, tecnología, conocimiento, etc. causan beneficios en la región centro, convergencia condicional y derramas de empleo, pero los efectos de la localización de los sectores CyT y economías del conocimiento son relativamente poco variables en distancias cortas, su efecto se hace visible a nivel región para el caso de las economías del conocimiento y en área funcional para los sectores CyT.

En esta investigación se comprobó la localización funcional de los sectores CyT en general y del sector biotecnológico en particular, la generación de derramas de empleo por parte de los sectores CyT en la región centro y el impacto en el crecimiento económico con convergencia de la región centro por parte de las economías del conocimiento. Con esto se aportó evidencia de los aspectos positivos para desarrollar las economías del conocimiento en las regiones en México, y la importancia de la distribución espacial. Si se incorporan los

resultados del análisis regional se puede orientar la política económica a nivel de área funcional, identificando las subregiones que deben ser estimuladas con mecanismos de corto, mediano o largo plazo para desarrollar las economías del conocimiento y sectores de CyT que han de incidir en el crecimiento económico local endógeno y convergente.

## **Conclusiones generales.**

Esta investigación consistió en un estudio sectorial con una perspectiva espacial. Se buscó entender los efectos que causa el conocimiento, la ciencia y la tecnología en la economía regional. De manera concreta se orientó el estudio a la economía del conocimiento y a las actividades económicas basadas en el conocimiento, ciencia y tecnología y la relación con el territorio. Para abarcar el tema se formuló una pregunta dividida en dos partes: ¿cómo se explica la localización de los sectores científico – tecnológicos en México, en particular del sector biotecnológico? y ¿Cuál es el efecto de los sectores científico – tecnológicos en la economía de la región centro de México? de esta manera se dio respuesta al comportamiento de los sectores CyT y del sector biotecnológico en el espacio. En otro nivel de análisis se respondió a los efectos que causan los sectores CyT y las economías del conocimiento en la región centro de México.

La hipótesis que sustentó la investigación es que el desarrollo de las economías del conocimiento y de los sectores CyT son positivos para el desempeño económico de la región centro de México. En cuanto al comportamiento de los sectores CyT y del sector biotecnológico se sostuvo que estos responden a un patrón de localización determinado por economías de aglomeración que también permiten la integración funcional de los sectores en el territorio. De manera específica se comprobó que la localización del sector biotecnológico responde a economías de aglomeración y se integra funcionalmente en el territorio. Por otra parte, se comprobó que la presencia y desarrollo de los sectores de ciencia y tecnología en la región centro de México impactan en la economía regional con derramas en el empleo de los sectores CyT y con crecimiento económico con convergencia de la región. Para realizar esta tarea el trabajo fue dividido en cuatro capítulos, dos capítulos teóricos, uno metodológico y un capítulo final donde se expusieron los resultados empíricos de la investigación.

El capítulo uno permitió entender el tema del crecimiento económico y sus determinantes. Se encontró que el conocimiento es el insumo principal para la innovación, ciencia, tecnología, investigación desarrollo y formación de capital humano. A través de las innovaciones se produce cambio tecnológico, y el cambio tecnológico es el proceso con el que se da explicación al crecimiento económico endógeno. la teoría del crecimiento endógeno funciona como base teórica, pero es sólo con la incorporación de la economía de la innovación que se puede dar respuesta al problema del crecimiento económico.

Otro punto importante del capítulo uno es que permitió adoptar un modelo de crecimiento sustentado en las economías basadas en el conocimiento. Con este modelo surgió la posibilidad de observar que, en la economía actual, la configuración de la estructura económica, propiamente urbana, cobra significativa importancia en el proceso de crecimiento económico. Un tercer resultado tuvo que ver con la definición del corte sectorial, pues permitió delimitar las variables de estudio en la investigación.

Con el capítulo uno se dio cuenta de la importancia del conocimiento para el crecimiento económico, el modelo de economías basadas en el conocimiento planteó la importancia que tiene considerar la estructura económica, sobre todo cuando se trata de estructuras urbanas. En el capítulo dos se avanzó en esta idea y se estableció como punto de partida la teoría del cambio tecnológico localizado. Dicha teoría dio fundamento microeconómico a la localización del cambio tecnológico, producción de conocimiento y desarrollo de los sectores CyT y de las economías del conocimiento. De la economía de la innovación se resaltó la importancia del concepto de dependencia de la trayectoria, y como el análisis regional puede servir como herramienta que muestre de manera clara los rasgos de la dependencia de la trayectoria sistémica. En este punto se resaltó la importancia de la economía regional y urbana para la explicación del crecimiento y de los propios temas de la economía de la innovación. En este nivel se pudo explicar cómo es que los sectores CyT y las economías del conocimiento se comportan en el territorio. Con la idea de dependencia espacial se destacó que la configuración espacial de la economía influye en los procesos de crecimiento y en el desarrollo de las variables de la economía del conocimiento y de los sectores CyT. Finalmente, se pudo proponer una síntesis entre la teoría del crecimiento endógeno, la economía de la innovación y la economía urbana y regional con la propuesta del modelo territorial de innovación. El planteamiento teórico permitió entender la relación de la economía basada en el conocimiento y los sectores CyT con el territorio y viceversa.

En el tercer capítulo se diseñó una metodología que permitiera comprobar un conjunto de hipótesis que se basaban en teorías distintas, pero no opuestas, al contrario, la relación entre las teorías abrió la posibilidad a tener un mejor entendimiento de la pregunta de investigación y plantear hipótesis que dieran una explicación correcta y pertinente. Se ocuparon metodologías de la economía regional y urbana para el estudio del territorio y la explicación de la localización de los sectores CyT. Para la modelación econométrica se tomó como base propuestas neoclásicas, pero se adaptaron en función de la economía de la innovación y economías basadas en el conocimiento. Además, se incorporaron versiones

con herramientas de la econometría espacial que incluyen el factor espacial en las modelaciones econométricas. Se aplicó esta metodología y los resultados fueron expuestos en el capítulo cuatro.

En el capítulo cuatro se presentaron los resultados empíricos que confirman las hipótesis que dan respuesta a la pregunta de investigación planteada en el presente documento. En este capítulo se confirmó que los sectores CyT en México se localizan en función del modelo de pool de trabajadores y derramas de conocimiento. El análisis del sector biotecnológico dio la posibilidad de explicar la localización por el modelo de insumos intermedios y recursos naturales. Otra conclusión importante en este nivel fue que la biotecnología se localiza en regiones de manera funcional con la estructura económica del territorio. Con esto se dio respuesta a la pregunta de investigación sobre la localización de los sectores CyT en México y se comprobó la hipótesis que explica su localización.

La pregunta de los impactos económicos de los sectores CyT en la región centro se pudo responder con buenos resultados. Se confirmó la hipótesis que plantea que los sectores CyT producen derramas en el empleo de la región centro y que la economía basada en el conocimiento contribuye al crecimiento económico con convergencia de la región centro.

Con la presente investigación se aportó evidencia de los aspectos positivos para desarrollar las economías del conocimiento en las regiones en México, y la importancia de la distribución espacial. Con el análisis de participación y cambio se pudo evaluar la estructura y la dinámica de las áreas funcionales para poder identificar deficiencias y orientar política económica que impulse el desempeño económico de la región. Esta identificación mostró aspectos que se pueden aprovechar para desarrollar las economías basadas en el conocimiento y los sectores CyT. Por ejemplo, el desarrollo del capital humano y la infraestructura de las tecnologías de la información y comunicaciones debe desarrollarse en casi toda la región con excepción del área funcional de la Ciudad de México. En cuanto a políticas públicas que impulsen la dinámica de las áreas funcionales se puede proponer el incremento de amenidades en las zonas urbanas para atraer capital humano o la mejora de los sistemas locales de innovación.

## **Bibliografía.**

Acemoglu Daron (1996) A Microfoundation for Social Increasing Returns in Human Capital Accumulation, *The Quarterly Journal of Economics*, Volume 111, Issue 3, 1 August 1996, Pages 779–804.

Aguilar, Adrián Guillermo, & Vázquez, María Isabel. (2000). Crecimiento urbano y especialización económica en México: Una caracterización regional de las funciones dominantes. *Investigaciones geográficas*, (42), 87-108.

Alonso William (1964), *Location and land use. Toward general theory of land rent*, Cambridge, Harvard University Press.

Amaro Marcela y Morales Mario (2016), Sistema sectorial de innovación biotecnológica en México: análisis y caracterización de sus principales componentes, *Redes*, Vol. 22, núm. 42, Bernal, junio 2016 pp. 13 - 40

Anselin Luc (1988), *Spatial econometrics in practice: A review of software options*, *Regional Science and Urban Economics* Volume 22, Issue 3, September 1992, Pages 509-536

Anselin luc (2005), *Spatial econometrics, summer course*, University of Illinois, Urbana - Champaign.

Antonelli Christiano (1989). A Failure Inducement Model of Research and Development Expenditure: Italian Evidence from the Early 1980's. En: *Journal of Economic Behavior and Organization* 12, pp. 159-80.

Antonelli Christiano (2014). La economía de la innovación: del legado de los clásicos a la economía de la complejidad. *Apuntes 58/59*, *Revista de ciencias sociales*.

Arrow Kenneth (1962). The Economic Implications of Learning by Doing. *The Review of Economic Studies* Vol. 29, No. 3 (Jun., 1962), pp. 155-173

Arrow KJ. (1962), *Economic Welfare and the Allocation of Resources to Invention*, in R.R. Nelson (ed.), *The Rate and Direction of Inventive Activity: Economic and Social Factors*. Princeton University Press, Princeton.

Asuad Norman (2014), *Pensamiento económico y espacio*, Facultad de Economía UNAM. México.

Asuad Norman (2016), Desarrollo regional y urbano tópicos selectos, Facultad de Economía UNAM. México.

Atkinson A.B. and J.E. Stiglitz (1969), A New View of Technological Change. *Economic Journal* (79) pp. 573-578.

Aydalot P. (1986) *Milieux innovateurs en europe*, Paris, GREMI.

Bagnasco, A. (1977), *Tre Italia: la problemática territoriale dello sviluppo economico italiano*, Bologna, Il mulino.

Baumol William (1986), Productivity Growth, Convergence, and Welfare: What the Long-Run Data Show, *The American Economic Review* Vol. 76, No. 5 (Dec., 1986), pp. 1072-1085.

Behrens Kristian (2007), *Economía regional: una perspectiva de la nueva geografía económica*. En: Valdivia Marcos y Delgadillo Javier (2013), *La geografía y la economía en sus vínculos actuales, una antología comentada del debate contemporáneo*. CRIM, UNAM.

Benoit Godin (2008). *The knowledge economy: Fritz Matchlup's construction of synthetic concept*. Project on the History and Sociology of S&T Statics Working Paper No.37.

Bergua José y Pac David (2012) *la teoría de las clases creativas. Una aproximación a la realidad española*.

Berliant Marcus y Fujita Masahita (2009), Dynamics of knoweladge creation and transfer: the two person case. *International journal of economics theory* 5 (2): 155 - 209.

Blair J. M. (1972), *Economic Concentration Structure Behavior and Public Policy*. Harcourt Brace Jovanovich, New York.

Bresnahan y Trajtenberg (1995). *General Purpose Technologies: Engines of growth?*. En: *Journal of Econometrics* 65, pp. 83-108.

Camagni Roberto (2009). *Modelling futures of regional development and concept of territorial capital*. Colloquium on sustainability, disparities and polycentricity. Praha, October 19, 2009.

Capello Roberta (2007), *The economic approach: Losch's model*, *Regional economics*, rouledge 70 - 75.

Capello Roberta, Caragliu Andrea y Nijkamp peter (2009). Territorial capital and regional growth: increasing returns in cognitive knowledge use. Tinbergen Institute Discussion Paper. TI 2009-059/3

Chandler Alfred (1977). *The Visible Hand: The Managerial Revolution in American Business*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Chandler Alfred (1990). *Scale and Scope: The Dynamics of Industrial Capitalism*. Cambridge, MA: The Belknap Press of Harvard University Press.

Christaller Walter (1933), *Central places in Germany*, New Jersey: Prentice Hall.

Cobb, C.W. y P.H. Douglas, A Theory of Production, *American Economic Review*, vol. 18, suplemento de marzo, *Papers and Proceedings of the Fortieth Annual Meeting of the American Economic Association*, diciembre de 1928, pp. 139-165.

CONACYT (2016) Informe general del estado de la ciencia, la tecnología y la innovación 2018.

CONAPO (2018), *Delimitación de las zonas metropolitanas de México 2015*. Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano, Consejo Nacional de Población Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

Dasgupta, P y David P (1994). *Towards a New Economics of Science*. En: *Research Policy* 23, pp. 487-521.

David P.A. (1975), *Technical Choice Innovation and Economic Growth*. Cambridge University Press, Cambridge.

David P.A. (1987), *Some New Standards for the Economics of Standardization in the Information Age*, in P. Dasgupta and P. Stoneman (eds.), *Economic Policy and Technological Performance*. Cambridge University Press, Cambridge.

David y Foray (2002). *Fundamentos económicos de la sociedad del conocimiento*. *Comercio exterior*, vol. 52, núm. 6, junio de 2002.

Dopfer, K y Potts, J (2008). *The general theory of economic evolution*.

Dosi G. (1982), *Technical Paradigms and Technological Trajectories : Suggested Interpretation of the Determinants and Directions of Technical Change*. *Research Policy* (11) pp. 147-162.

Dosi Giovanni (1988). Sources, Procedures, and Microeconomic Effects of Innovation. *Journal of Economic Literature*, Vol. 26, No. 3 (Sep., 1988), pp. 1120-1171

Duranton Gilles y Puga Diego (2004). From sectorial to functional urban specialisation.

Duranton, G., & Puga, D. (2000). Diversity and Specialisation in Cities: Why, Where and When Does it Matter? *Urban Studies*, 37(3), 533–555.

Durlauf S. N. (2005), Complexity and Empirical Economics. *Economic Journal* 115, pp. 225 - 43.

Ellison, Glenn, and Edward L. Glaeser. 1999. "The Geographic Concentration of Industry: Does Natural Advantage Explain Agglomeration?" *American Economic Review*, 89 (2): 311-316.

Esquivel Gerardo (1999). Convergencia regional en México. *El Trimestre Económico* Vol. 66, No. 264(4) (octubre-diciembre de 1999), pp. 725-761

Feldman, M. and Audrecht, D. (1999) Innovation in cities: science-based diversity, specialization and localized competition, *European Economic Review*, 43, pp. 409–429.

Felipe, Jesús, & McCombie, J.S.L. (2005). La función de producción agregada en retrospectiva. *Investigación económica*, 64(253), 43-88.

Fingleton, B., Iglioni, D., Moore, B. y Odedra, R. (2007). Employment growth and cluster dynamics. En K. Polenske (Ed.), *The Economic Geography of Innovation* (pp. 60-84). Cambridge: Cambridge University Press.

Florida Richard (2012), *The Rise of Creative Class-Revisited: 10th» Anniversary Edition-Revised and Expanded*, New York: Basic Books.

Frantzen, D. (2000). Innovation, international technological diffusion and changing influence of R&D on productivity. *Cambridge Journal of Economics* 24: 193-210.

Freeman C. and L. Soete (1987), Factor Substitution and Technical Change, in C. Freeman and L. Soete (eds.), *Technical Change and Full Employment*. Basil Blackwell, London, pp. 36--48.

Garza, G. (Coord.). (2006). *La organización espacial del sector servicios en México: El Colegio de México*.

Griffith, R., S. Redding y J. van Reenen (2001). Mapping the two faces of R&D: productivity growth in a panel of OECD industries. CEPR Discussion Paper 2457.

Guy Dumais, Glenn Ellison and Edward L. Glaeser (2002), Geographic Concentration as a Dynamic Process. *The Review of Economics and Statistics* 2002 Vol. 84, 193-204

Henderson, J. V. (1997b) Medium size cities, *Regional Science and Urban Economics*, 27, pp. 583–612.

Howells, Jeremy (1999), Regional systems of innovation?, en D. Archibugi, J. Howells and J., Michie, *Innovation Policy in a Global Economy*, Cambridge University Press, Cambridge, New York, Melbourne.

IMPI (2015) Informe anual 2015

INEGI (2018), Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte, México 2018, SCIAN México 2018- Clasificación Industrial Internacional Uniforme Rev. 4, CIIU Rev. 4.

Instituto Federal de Telecomunicaciones (2016) Anuario estadístico 2018. IFT, México.

Instituto Federal de Telecomunicaciones (2018) Anuario estadístico 2018. IFT, México.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (1999). Censos Económicos, 1999. Aguascalientes, México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2004). Censos Económicos, 2004. Aguascalientes, México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2009). Censos Económicos, 2009. Aguascalientes, México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2014). Censos Económicos, 2014. Aguascalientes, México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

Jacobs Jane (1969) *La economía de las ciudades*. Barcelona, España.

Joseph Shumpeter (1942). *Capitalism, Socialism and Democracy*. Nueva York: Harper and Brothers.

Joseph Shumpeter (1947). The Creative Response in Economic History. En: *Journal of Economic History* 7, pp. 149-59.

Kaldor N. (1957), A Model of Economic Growth. *Economic Journal* (67) pp. 591-624.

Kaldor N. and J. Mirrlees (1962), A New Model of Economic Growth. *Review of Economic Studies* (29) pp. 174-192.

Keen Steve (2015). *Desenmascarando a la economía. El emperador desnudo de las ciencias sociales*. Mexico.

Keynes J.M. (1936) *Teoría general de la ocupación el interés y el dinero*. FCE. México.

Krugman Paul (1991), Increasing returns and economic geography, *Journal of Political Economy*, vol. 99 num. 3, The university of Chicago press, pp. 483 - 499.

Llanos-Hernandez Luis. (2010). El concepto de territorio y la investigación en las ciencias sociales. *Agric. Soc. desarrollo* vol 7. Texcoco sep/dic.

Lösch August (1954), *The economics of location*, Yale University Press.

Lucas Robert (1988). On the mechanics of economic development. *Journal of Monetary Economics* Volume 22, Issue 1, July 1988, Pages 3-42

Luisa Montuschi, 2001. "La economía basada en el conocimiento: Importancia del conocimiento tácito y del conocimiento codificado," *CEMA Working Papers: Serie Documentos de Trabajo*. 204, Universidad del CEMA.

Lundvall, Bengt-Åke (1992). User-Producer Relationships, *National Systems of Innovation and Internationalisation. National Systems of Innovation : Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*, 1992, p. 45-67

Malerba Franco (1992). Learning by Firms and Incremental Technical Change. *En: Economic Journal* 102, pp. 845-59.

Mankiw Gregory (2004), *Principios de economía*, México, McGrawHill.

Mankiw, Romer y Weil (1992). A contribution to the empirics of economic growth. *The Quarterly Journal of Economics*, Volume 107, Issue 2, 1 May 1992, Pages 407–437, <https://doi.org/10.2307/2118477>

Marshall Alfred (1890). *Principios de economía*.

Mendoza Miguel Ángel (2013), Externalidades del capital humano y espaciales su influencia en el crecimiento económico de las ciudades de México, *En: Valdivia Marcos y Delgadillo Javier (2013), La geografía y la economía en sus vínculos actuales, una antología comentada del debate contemporáneo*. CRIM, UNAM.

Morales Mario y Amaro Marcela (2016), Panorama general de la biotecnología en México y el mundo, En: Villavicencio Daniel

Moretti Enrico (2004), Human capital externalities in cities. Handbook of regional and urban economics, cities and geography, vol. 4, Amsterdam, Elsevier, pp. 2244-2291.

Moulaert Frank y Farid Sekia (2003), Territorial innovations models: a critical survey, regional studies, vol. 37, num. 3, pp 289 - 302.

Nelson R.R. (1990), Capitalism as an Engine of Progress. Research Policy (19) pp. 193-214.

Nelson R.R. and S.G. Winter (1982), An Evolutionary Theory of Economic Change. Harvard University Press, Cambridge.

OCDE (2005), A framework for biotechnology statics, OCDE, Paris.

OECD (1996). The Knowledge-Based Economy, Paris, 1996.

Ortiz Etelberto (2010), Modelos de desarrollo heterodoxos y ortodoxos, Economíaunam, 19, enero abril 2010.

Patricio Aroca, Mariano Bosch, William F. Maloney; Spatial Dimensions of Trade Liberalization and Economic Convergence: Mexico 1985–2002, The World Bank Economic Review, Volume 19, Issue 3, 1 January 2005, Pages 345–378

Pavitt K. (1984), Sectoral Patterns of Technological Change: Towards a Taxonomy and a Theory. Research Policy (13) pp. 343-374.

Penrose Edth (1959). The Theory of the Growth of the Firm. Oxford: Oxford University Press.

Porter Michael (1990). ¿Dónde radica la ventaja competitiva de las naciones? Harvard Deusto business review, ISSN 0210-900X, Nº 44, 1990, págs. 3-26

Porter, M. y S. Stern (2000). Measuring the 'ideas' production function: Evidence from International Patent Output. NBER Working Paper 7891.

ProMéxico (2016), Biotecnología diagnóstico sectorial, ProMéxico, México.

Rebollar Rebollar, Alfredo, Rebollar Rebollar, Samuel, Gómez Tenorio, Germán, Hernández Martínez, Juvencio, & González Razo, Felipe de Jesús. (2016). Crecimiento y

especialización regional del sector pecuario en México, 1994 a 2013. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 7(3), 391-403.

Ricardo Méndez, Juan J. Michelini, José Prada, Jesús Tébar (2012). *Economía creativa y desarrollo urbano en España: una aproximación a sus lógicas espaciales*.

Ríos Humberto y Marroquín Juan (2012). *Innovación tecnológica como mecanismo para impulsar el crecimiento económico, evidencia regional para México*. *Contaduría y administración* 58(3) Julio-septiembre 2013: 11-37.

Robert J. Barro y Sala - i - Martin (1992), *Convergence*, *Journal of Political Economy* 1992 100:2, 223-251.

Robert W.Helsle y William C.Strange (1990), *Matching and agglomeration economies in a system of cities*. *Regional Science and Urban Economics* Volume 20, Issue 2, September 1990, Pages 189-212."

Romeiro Patricia y Mendez Ricardo (2008). *Las ciudades del conocimiento: revisión crítica y posibilidades de aplicación a las ciudades intermedias*. *Scripta nova*, revista electrónica de geografía y ciencias sociales. Universidad de Barcelona. Vol. XII, núm 270 (50) 1 de agosto de 2008.

Romer Paul (1986). *Increasing Returns and Long-Run Growth*. *Journal of Political Economy* Volume 94, Number 5 | Oct., 1986

Romer Paul (1990). *Endogenous Technological Change*. *Journal of Political Economy* 1990 98:5, Part 2, S71-S102

Romer Paul (1991). *El cambio tecnológico endógeno*. *El Trimestre Económico* Vol. 58, No. 231(3) (Julio-Septiembre de 1991), pp. 441-480

Ros Jaime (2004). *La teoría del desarrollo y la economía del crecimiento*, FCE-CIDE, México.

Rozga Ryszard (2013), *Comentarios al trabajo de Frank Moulaert y Seyka Farid, "Modelos territoriales de innovación: una revisión crítica"*. En: Valdivia Marcos y Delgadillo Javier (2013), *La geografía y la economía en sus vínculos actuales, una antología comentada del debate contemporáneo*. CRIM, UNAM.

Sánchez, Carlos; Ríos, Humberto (2011). La economía del conocimiento como base del crecimiento económico en México Enl@ce: Revista Venezolana de Información, Tecnología y Conocimiento, vol. 8, núm. 2, mayo-agosto, 2011, pp. 43-60.

Saxenian A. (1994), regional advantage: culture and competition in silicon valley and route 128, Massachussets, Harvard university press.

Schmookler J. (1966), Invention and Economic Growth. Harvard University Press, Cambridge.

Simon H.A. (1951), Effects of Technological Change in a Leontieff Model, in T.C. Koopmans (ed.), Activity Analysis of Production and Allocation. Wiley, New York, pp. 260-281.

Simon Herbert (1979). Rational Decision Making in Business Organizations. The American Economic Review Vol. 69, No. 4 (Sep., 1979), pp. 493-513

Solow Robert (1957). Technical Change and the Aggregate Production Function. The Review of Economics and Statistics Vol. 39, No. 3 (Aug., 1957), pp. 312-320

Stiglits Joseph (1987). Learning to Learn Localized Learning and Technological Progress. En: DASGUPTA, P. et al. (eds). Economic Policy and Technological performance. Cambridge: Cambridge University Press, pp. 125-44.

Stuart S.Rosenthal y William C.Strange (2001), The Determinants of Agglomeration. Journal of Urban Economics Volume 50, Issue 2, September 2001, Pages 191-229.

Sullivan Arthur (2003), Urban Economics. Boston : McGraw-Hill/Irwin.

Teece (1986), Profiting from Technological Innovation. Research Policy (15) pp. 285-305.

Trejo, S. (2010) La biotecnología en México: situación de la biotecnología en el mundo y situación de la biotecnología en el México y su factibilidad de desarrollo. CIBATlaxcala, IPN México.

Trullén, Joan; Lladós, Josep; Boix, Rafael (2002). Economía del conocimiento, ciudad y competitividad Investigaciones Regionales, núm. 1, otoño, 2002, pp. 139-161

Valdivia Marcos, Delgadillo Javier y Galindo Carlos (2010). Nuevos patrones espaciales en las derramas de empleo en la zona metropolitana de la ciudad de México. Revista Problemas del Desarrollo, 163 (41), octubre-diciembre 2010.

Valdivia Marcos (2014). Presencia e impacto espacial de los sectores creativos en las zonas metropolitanas de México. Estudios fronterizos, nueva época, vol. 15, núm. 14, julio – diciembre de 2014, pp 215 – 259.

Valdivia Marcos (2017), Creación y difusión del conocimiento de las actividades creativas: el caso de las zonas metropolitanas de España y México, En: Valdivia Marcos y Cuadrado-Roura Juan (2017), La economía de las clases creativas, UNAM, Universidad de Alcalá, Cuernavaca.

Vernon R. (1966), International Investment and International Trade in the Product Cycle. Quarterly Journal of Economics (80) pp. 190-207.

Von Thünen J, (1966), Isolated state, London, pergamon press.

Weber Alfred (1929), Theory of the location industries. Chicago. University of Chicago Press.

World Bank Institute Development Studies (2007). Building knowledge economies: Advanced strategies for development. World Bank

Zachariadis, M. (2003). R&D, Innovation and technological progress: a test of the schumpeterian framework without scale effects. Canadian Journal of Economics 36 (3): 566-686.