



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ACATLÁN**

**MODELOS BASADOS EN AGENTES: ESPECIALIZACIÓN Y  
DIVERSIFICACIÓN EN LA ZONA METROPOLITANA DEL  
VALLE DE MÉXICO**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**LICENCIADO EN ECONOMÍA**

**P R E S E N T A:**

**HECTOR MIRANDA RICARDO**

**ASESOR: DR. LUIS QUINTANA ROMERO**



SANTA CRUZ ACATLÁN, ESTADO DE MÉXICO

2022



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**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

### *Primera parte*

Introducción.....	3
1.1-Justificacion de La Investigación.....	3
1.2- Hipótesis.....	6
1.3-Objetivos.....	7
1.3.1 Objetivos Generales.....	7
1.3.2 Objetivos Específicos.....	7
1.4- Marco Teórico.....	8

### *Segunda Parte*

2.1-Desindustrialización en la Zona Mexicana del Valle de México.....	23
2.1.1-Contexto Mundial: Especialización y Diversificación.....	29
2.2- Aglomeración en la Zona Metropolitana del Valle de México.....	36
2.2.1- Principales resultados de la especialización y diversificación de los municipios.....	40
2.3- ZMVM: Efectos del TLCAN en la especialización y diversificación.....	51

### *Tercera Parte*

3.1- Modelos basados en agentes .....	57
3.2- Modelo basado en agentes: Especialización y Diversificación.....	67
3.2.1 Metodología.....	68
3.2.2 Experimentos.....	78
3.3- Conclusión.....	85
4.1- Bibliografía.....	88
4.2- Anexo metodológico.....	88

# INTRODUCCIÓN

Esta Tesis presenta una perspectiva de análisis epistemológico para la comprensión de los procesos de aglomeración y las formaciones humanas de organización modernas productivas y de servicios y, examina desde un fundamento teórico, la validez de éstos para mejorar la acción que sus miembros llevan a cabo para alcanzar sus metas y fines. A su vez, cuestiona la forma actual de las políticas regionales centradas en la lógica técnico instrumental fundamentada en la reducción de la complejidad dejando fuera del sistema al agente en la toma de decisiones. Tratándose de una propuesta de diseño de un modelo con una mayor complejidad al momento de representar al agente y su ambiente, necesariamente se introduce en el desarrollo de las conversaciones en torno al conocimiento y las formas de adquirirlo, tema que en el desarrollo teórico actual de la economía al referirse a la acción comunicativa y las ciencias cognitivas, (Habermas 1987, Maturana 1993, Varela 2000) son materia de discrepancias y controversias en los debates de especialización y diversificación.

Por ello, la justificación del diseño de un modelo basado en agentes nos lleva inevitablemente a introducirnos en la perspectiva epistemológica que le da su fundamento. De este modo, el marco teórico será un intento por dejar establecido cuál es la postura epistemológica que desarrollaremos en la comprensión de los procesos de aglomeración, para situar la Tesis en el contexto de una investigación económica. Finalmente se plantea una propuesta metodológica y un procedimiento de investigación derivado del enfoque epistemológico constructivista y construccionista social presentado, mostrando el resultado práctico de su aplicación.

## 1.1 JUSTIFICACION DE LA INVESTIGACION

Se propone plantear una investigación para fundamentar y diseñar un modelo económico-computacional desde un enfoque constructivista, para su aplicación en el desarrollo regional, particularmente en la organización de las empresas productivas y de servicios. Existen, a nuestro entender, dos grandes ordenes de problemas que se plantean hoy en los debates de aglomeración que justifican el investigar como impactan éstos en los procesos de especialización o diversificación que se dan en su interior.

El primero dice relación con el proceso de globalización de la economía mundial y el segundo, se vincula con los cambios epistemológicos que la ciencia en general y, las ciencias sociales en particular han venido manifestando de manera cada vez más acentuada en los últimos años. Lo que importa destacar es que estos cambios que se deberían traducir en cambios de metodologías se han manifestado de forma más lenta en las ciencias sociales y, en particular no se traducen de manera igualmente rápida en el desarrollo de técnicas que apoyen a los procesos de políticas.

Los procesos de desarrollo regional son afectados por la enorme complejidad que generan al mundo moderno los cambios de paradigma en la ciencia y los cambios en las formas de integración de la economía mundial. Quizás si sean estos factores determinantes en la crisis que viven los sistemas de especialización y diversificación en muchos de los países. Esta crisis se expresa, entre otros aspectos, en el hecho que la gama de conocimientos y practicas sociales que ellos demandan no se adquieren en plenitud al momento de desarrollar políticas de crecimiento.

Es por ello por lo que los desarrollos que tienen lugar en otras ciencias como es el caso de la programación deben ser tenidos en cuenta a la hora de proponer diseños de modelos de desarrollo regional. Esto es particularmente relevante cuando ellos se aplican en el espacio de capacitación en organizaciones de servicios o productivas.

Los teóricos del comportamiento humano han transformado en una consigna la afirmación muy usada hoy en el mundo de la empresa, en cuanto a que las organizaciones que perduraran en el tiempo son aquellas que aprenden. Pero esta afirmación no va acompañada de las precisiones conceptuales previas que hagan comprensible, tanto el diseño de un modelo de aglomeración, como su desarrollo y aplicación práctica como metodología.

Un proceso de aprendizaje en una organización se produce a través de la interacción entre varias personas. De este modo resulta casi obvio que una organización aprende solo si sus miembros aprenden: sin aprendizaje individual no hay aprendizaje organizacional. Pero en una organización el aprendizaje no se expresa de manera automática cuando sus miembros aprenden, esta aprende no solo porque algunos de sus integrantes realizan mejor sus tareas, sino cuando a propósito del resultado de ese mejoramiento se observan efectos de ello en otros miembros de la organización. En suma, el aprendizaje es un proceso de interacción social, se da en un contexto intersubjetivo.

Por otra parte, para que un modelo basado en agentes aporte y sea efectivo es necesario precisar los procesos del sistema productivo o de servicio ya que de esa forma podemos centrar el interés en el desarrollo de habilidades y competencias de los agentes para desarrollar las condiciones de aprendizaje y luego definir los parámetros que lo definirán en términos teóricos y metodológicos.

¿En qué proceso se puede centrar la modelación de un modelo basado en agentes al interior de una organización? Cuando hablamos de aglomeración en nuestra cultura se entiende que hacemos referencia a una entidad integrada por personas y el ambiente, como factores de la producción y dedicada a actividades industriales, mercantiles o de prestación de servicios. Ésta es un complejo social que ha evolucionado en el tiempo histórico hasta adquirir una connotación que requiere un análisis de sus alcances y dimensiones en el mundo actual. Por eso me parece necesario precisar de qué concepto de aglomeración hablamos para situar el intento de formular modelos de intervención en ella.

Desde sus orígenes, que se remontan a la etapa del desarrollo del sistema capitalista que se inaugura con la llamada revolución industrial, la aglomeración se ha concebido como un sistema productivo. Entendida así, los procesos que la definen y que le dan sentido son aquellos que procuran alcanzar eficiencia y eficacia como parámetros de éxito del esfuerzo productivo. La eficiencia hace referencia al cruce de dos variables del proceso de producción: el producto que se quiere obtener y la energía o materia prima necesaria para producirlo. En tanto que la eficacia alude a la estructura u organización que debe darse en la aglomeración, para darle el soporte orgánico a los procesos que procuran darle eficiencia. Esto corresponde al llamado sistema técnico en las aglomeraciones y que comprende tanto a las materias primas, como a los flujos de trabajo, tecnologías usadas y los roles requeridos para realizar las tareas.

Básicamente la eficiencia se centra en la consideración de los costos del proceso productivo y hoy día articula también los sistemas financieros en la fase de transnacionalización de éste, a nivel de la economía mundial. Esto en tanto las masas de capital se movilizan en el mercado mundial tras las

empresas capaces de producir valor agregado, esto es, mayor valor que el que proporciona el dinero que se invierte en el sistema financiero. Por esto el tema de la eficiencia, esto es, del costo de la operación productiva ha sido y seguirá siendo la preocupación central de los gestores de políticas regionales.

Esto explica por qué durante un largo periodo los teóricos de la organización centraron su preocupación en el desarrollo de políticas regionales enfocándose solamente en el aspecto económico dejando de lado social. Es sólo al aproximarnos a la mitad de siglo XX y debido al estado de las condiciones humanas al interior de ella, que surgieron voces que llamaron a considerar como aspectos importantes que constituyen el llamado, por algunos teóricos (P. Senge, 1992), "sistema social o humano o personal-cultural", dentro de la organización en una aglomeración. Se alude con esto, a los valores, normas y preocupación por la satisfacción de las necesidades de las personas como la motivación de sus integrantes y las actitudes individuales.

Si bien es cierto se observan valiosos avances en considerar a la aglomeración como un fenómeno único que involucra ambos aspectos, en ningún caso esta es una perspectiva que en los hechos los economistas o los hacedores de políticas asuman unánimemente.

No obstante, en lo anterior, se observan notables progresos en la búsqueda de una nueva concepción de la organización en el mundo de hoy. En la concepción más tradicional la aglomeración se entiende solo como un acuerdo productivo. En ese entendido las relaciones en su interior son solo de tipo laboral productivo y se considera que una aglomeración cumple bien su función si el capital remunera de manera adecuada a su "mano de obra", para lo cual el punto de referencia es el llamado "mercado laboral". En esta perspectiva se desea que este mercado se atenga o se comporte ajustándose solo a un principio de "justicia", entendida esta como un mero equilibrio de valores de intercambio dado por un referente admitido como neutro, imparcial y justo por principio, como sería la naturaleza o el rol que se le asigna y algunos le reconocen al mercado como sistema en la sociedad actual. Es a propósito de esta concepción que al mercado se le asigna un carácter de mecanismo autorregulador del quehacer económico y social.

En el trasfondo de esta concepción se encuentra la consideración de lo que Habermas (1987), llama la razón técnica instrumental, según su perspectiva se ha privilegiado la modernidad en desmedro de la razón práctica o comunicativa. Es comprensible sostener que en el contexto de una concepción de la aglomeración como la analizada, no hay espacio para plantear una reflexión que vaya más allá de los valores que nos dicta y establece el mercado autorregulador. Particularmente porque la razón instrumental sería la que sustentaría la argumentación en torno a lo que es ético en el ámbito de la organización.

Pero hoy día hay quienes, en el campo de las reflexiones sobre la naturaleza de la organización moderna, cuestionan la lógica de la eficacia y de la eficiencia otorgándole el rango de afirmaciones ideológicas, es más, hablan de que en estos tiempos del llamado ocaso de las ideologías, surgen con más fuerzas nuevas ideologías según J. Le Mouel (1992). ¿Cómo se concibe en el marco de estas orientaciones las organizaciones del futuro? Los contradictores de la aglomeración entendida como un mero acuerdo productivo se fundamentan en los desarrollos de teóricos de la economía regional que proponen que la aglomeración que va a sobrevivir en el futuro es aquella que es concebida como un sistema social y no meramente productivo. Afirman estos autores que el desarrollo tecnológico ha elevado las posibilidades de alcanzar altos grados de eficiencia y eficacia, por lo

tanto, la lógica técnica-instrumental por sí sola no garantiza la sobrevivencia de la organización en un entorno complejo, cambiante y dinámico. Para ello agregan, se requiere que la aglomeración desarrolle lo que llaman "unidad", entendiendo que los componentes principales de ésta son la confianza y el compromiso de los miembros para alcanzar con las metas y objetivos de ella. Estos serían los factores que posibilitarán la efectividad en un determinado ambiente.

Para alcanzar efectividad se debe motivar a sus miembros, de modo que estos se comprometan y confíen en los objetivos, esto significa que debe desarrollar en su interior aspectos ligados, según las distinciones habermasianas, a la lógica de la acción comunicativa. En este contexto es interesante la atención a las afirmaciones de destacados teóricos de la organización, como en el caso de Peter Senge (1995), quien se pregunta si la aglomeración debe centrar su quehacer sólo en lograr resultados financieros. Lo que parece claro es que, entendida así, la aglomeración es propuesta como un modelo social. Otros destacados teóricos de la organización, Bennis y Nanus (1994), cuando afirman en una de sus más recientes obras: "una aglomeración no es solo una entidad económica también debe verse como un sistema social, quizá la comunidad principal de nuestra época...". Sin duda esta afirmación obliga necesariamente a entender y concebir a la aglomeración moderna como un modelo social.

Si nos detenemos en este análisis a considerar tal propuesta, nos aparece que en el trasfondo de estas afirmaciones se perfilan dos formas de concebir los sistemas sociales. Es en el campo de la filosofía de la biología en donde se libra una polémica que tiene enorme resonancia en el tema que analizamos. Quizá la expresión más notable de esta controversia en nuestro tiempo la han sostenido Habermas y Lumhan. (1971). Donde sostienen que la integración sistémica de los sistemas sociales ocurre por cauces de la integración social, esto es, la sociedad se forma a través de las tradiciones culturales, cosmovisiones religiosas, normas y valoraciones morales, instituciones jurídicas y políticas, etc., en tanto que, para el campo de la economía, sólo sigue cauces de articulación y equilibrio sistémico.

## **1.2 HIPOTESIS**

Como hipótesis de trabajo de la presente investigación se pretende demostrar que los sistemas basados en agentes son capaces de permitir la modelación de los procesos de desarrollo en la aglomeración y constituyen una herramienta útil para el análisis económico. Este tipo de modelos permiten la simulación de acciones e interacciones de individuos autónomos dentro de un entorno, y a su vez permite determinar qué efectos producen en el conjunto del sistema.

En cuanto a la practicidad de los instrumentos teóricos, existe también una diferencia crucial a tomar en cuenta: la teoría de economía tradicional fue desarrollada mucho antes de la invención de la computadora y de los instrumentos modernos de cálculo. Las simulaciones asistidas por computadoras han hecho posible la demostración de reglas de nivel macro utilizando solamente comportamientos de nivel micro sin asumir los factores ideales de mercado.

La reducción de la complejidad en la economía era esencial por la dificultad de poder desarrollar simulaciones debido a las complicaciones que esto conllevaba como es el caso de las matemáticas y en consecuencia se tomaron supuestos al hablar de los agentes dentro de una aglomeración. Actualmente dentro de las aglomeraciones existen dos factores de suma importancia que usualmente quedan relegados del análisis, la tecnología y el sistema social. Ambos factores son

determinantes por la capacidad que tienen de establecer relaciones de interacción tanto entre agentes como con el ambiente en que interactúan. Los cambios que se producen en los sistemas técnicos afectan a la satisfacción de los trabajadores de una organización y, por ende, inciden en el desarrollo de la aglomeración.

Es por esto, que, al investigar en los diversos campos de interés para el desarrollo de la organización moderna, se hace inevitable y necesario investigar este cambio que se está produciendo en la visión del trabajo humano, que desde una perspectiva instrumental solamente lo concibe como un medio para un fin, la teoría actual está pasando a una visión que le confiere centralidad a la búsqueda de los beneficios intrínsecos del trabajo. Hay teóricos (A. Gorz, 1995) que llaman la atención acerca de este hecho situándolo como un cambio histórico de magnitud que se relaciona con el hecho de que cada vez más el desarrollo tecnológico del mundo moderno está alejando el trabajo de la productividad. Por tanto, el trabajo es cada vez más un agente socializador más que meramente productivo, lo que a mi juicio hace necesario el investigar acerca del diseño de modelos basados en agentes que se hacen cargo de esta nueva realidad y que hacen posible su aplicación a través de la simulación apoyándose de la computación.

### **1.3 OBJETIVOS**

Para avanzar en la investigación de los aspectos señalados, se planteó un proyecto que considera dos fases.

- a) Una fase de investigación básica para un acopio de información inicial.
- b) Una fase de investigación aplicada a una región como es el caso de la Zona Metropolitana del Valle de México, la finalidad es poder observar los cambios sociales y productivos en la ZMVM y como estos afectaron a la región y sobre todo a las organizaciones productivas y sociales. La información que se recopile servirá en la creación del modelo basado en agentes para poder programar tanto al ambiente como al agente.

Para este propósito se plantean los siguientes objetivos.

Objetivo General: Fundamentar y desarrollar un modelo socio económico desde una perspectiva de la economía regional apoyándose de los planteamientos en los modelos basados en agentes, con el fin de poder aplicarlo en las organizaciones productivas y describir sus resultados, los cuales nos ayudaran en la comprensión de la situación actual que atraviesa la ZMVM.

Objetivos Específicos:

- 1.- Desarrollar un marco conceptual para entender la aglomeración como un espacio de aprendizaje e interacción social.
- 2.- Investigar los paradigmas subyacentes en los procesos de aprendizaje que se desarrollan en las organizaciones productivas y realizar un análisis crítico de éstos.
- 3.- Plantear el desarrollo de una visión epistemológica de los procesos de aprendizaje desde una perspectiva regional basado en el enfoque de la biología cognitiva.
- 4.- Diseñar un modelo basado en agentes que pueda reproducir los patrones de aglomeración expuestos en la parte teórica.

6.- Aplicar y evaluar el modelo propuesto en distintos escenarios.

## 1.4 MARCO TEORICO

### A. Determinación de la especialización y la diversificación

Los debates sobre crecimiento y cambio urbano a menudo se centran en el papel de la especialización, sin embargo, los argumentos que vinculan la especialización al desarrollo económico metropolitano contienen diversas, y en ocasiones declaraciones conflictivas, ya que siempre se llega a la pregunta. ¿Es mejor ser altamente especializado o diversificado?

La política de innovación puede definirse generalmente como un medio a través del cual los gobiernos establecen diferentes niveles de prioridades y definen enfoques para fomentar la innovación y el crecimiento de la economía (Howells, 2005). Una iteración reciente dentro de los estudios de políticas de innovación es la de una "política de innovación de base amplia" (Edquist, Luukkonen, y Sotarauta, 2009) como un fenómeno sistemático (Smith, 2000).

Esta política de innovación de base amplia en primera mejora los enfoques basados en la I + D tradicional al incorporar las innovaciones no tecnológicas como objetivos de políticas (Arnkil, Järvensivu, Koski y Piirainen, 2010). Esto, a su vez, ha llevado a una inclinación reciente a la comprensión de la política de innovación como una 'combinación de políticas', lo que implica 'un enfoque en las interacciones e interdependencias entre las diferentes políticas, ya que afectan la medida en que se logran los resultados de las políticas previstas (Flanagan, Uyarra y Laranja, 2011, p. 702). En las últimas décadas, se ha dado cuenta de que las políticas nacionales de innovación deben complementarse con políticas regionales de innovación. Las políticas de innovación regional están dirigidas específicamente a crear trayectorias de desarrollo basadas en las capacidades, características y necesidades específicas de las industrias regionales y locales (Asheim et al., 2006; Tödtling & Trippel, 2005).

Las regiones también pueden tener diferentes configuraciones de sistemas de innovación regional que difieren en su capacidad para iniciar nuevos caminos de crecimiento industrial (Isaksen y Trippel, 2016). Por ejemplo, políticas de especialización inteligente como en el caso de Europa (Foray, 2015; Foray, David, & Hall, 2011) pueden considerarse como una estrategia política de innovación dirigida a las regiones en desarrollo basadas en la transformación de las estructuras económicas existentes a través de la I + D y la innovación a través de la priorización específica de determinadas tecnologías o industrias basadas en evaluaciones de necesidades y oportunidades regionales. Reconociendo las características mencionadas anteriormente, podemos ampliar la definición de las políticas de innovación "como aquellas políticas y programas gubernamentales, en varios niveles y en diferentes campos, que podrían, intencionalmente o por coincidencia, mejorar las condiciones de los sistemas de innovación de la región", (Cai et al. ., 2017, p. 240).

Al investigar el diseño de políticas de innovación, distinguimos entre dos enfoques estratégicos más amplios. Uno de los enfoques se centra en el equilibrio entre la "especialización" y la "diversificación", y el otro en la interacción entre "exploración" y "explotación". Cuando se combinan, constituyen

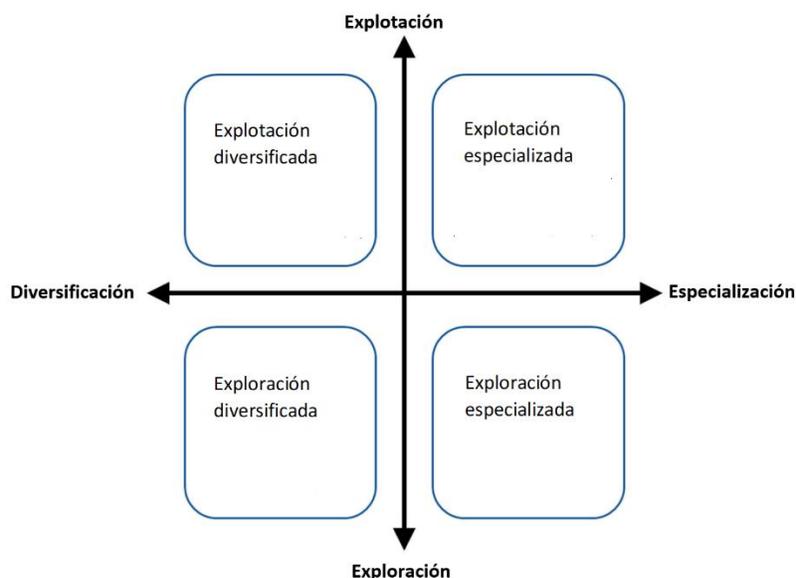
cuatro cuadrantes que representan cuatro lógicas distintas de la política de innovación, cada una con su propia justificación y efectos intencionales y no deseados.

Las estrategias de exploración y explotación se basan en James G. March (1991), quien destaca la importancia de lograr un equilibrio entre la exploración de nuevas posibilidades, a través de la toma de riesgos, el juego, el descubrimiento, la innovación, etc., y la explotación de las antiguas certezas es decir en forma de refinamiento, elección, selección, implementación, etc., cuando se analiza el aspecto crítico de la adaptación organizativa a las realidades cambiantes en el contexto del aprendizaje. Si bien el enfoque de March (1991) está en el nivel organizativo, las dos lógicas de exploración y explotación reflejan, respectivamente, diferentes aspectos de la "adaptabilidad" y el "aprendizaje". Lo cual se encuentra en la naturaleza del diseño de políticas de innovación (Edquist, 2011). Según James G. March (1991, p. 71). "Es probable que los sistemas adaptativos que se dedican a la exploración a excluir la explotación encuentren que sufren los costos de la experimentación sin obtener muchos de sus beneficios" (marzo de 1991, pág. 71). Exhiben demasiadas ideas nuevas sin desarrollar y muy poca competencia distintiva. A la inversa, es probable que los sistemas que se dedican a la explotación con exclusión de la exploración se encuentren atrapados en equilibrios estables subóptimos. Como resultado, mantener un equilibrio adecuado entre exploración y explotación es un factor primario en la supervivencia y prosperidad del sistema.

Las estrategias de especialización y diversificación reflejan diferentes concepciones del nivel óptimo para aprovechar los recursos e impulsar el crecimiento económico (Imbs y Wacziarg, 2003; Kaulich, 2012a; Neffke, Henning y Boschma, 2011).

El fundamento de la especialización industrial se basa principalmente en la teoría de Ricardo (1971), que considera que cuando un condado o región se especializa en ciertos bienes y servicios en los que tienen ventajas comparativas por medio de dotaciones de recursos y / o técnicas de valor agregado superiores, la asignación de los recursos se vuelve más eficiente, lo que permite mejoras en el bienestar general (Kaulich, 2012a; Krugman, Obstfeld y Melitz, 2015). El supuesto que sustenta la diversificación (industrial) se basa principalmente en el trabajo del premio Nobel Simon Kuznets (1971, pág. 87), quien afirma que: "el crecimiento económico de un país puede ser definido como un aumento a largo plazo de la capacidad para suministrar bienes económicos cada vez más diversos a su población". Los cuatro tipos de lógica de la política de innovación están permeados en fundamentos específicos (racionalidad del sentido del medio) y resultan en múltiples efectos en las prácticas de innovación, tanto intencionadas como no intencionadas.

Cuadro 1. Tipos de lógicas institucionales en políticas de innovación



Fuente: (Kaulich, 2012b; March, 1991; Ricardo, 1971).

Dentro de cada tipo de política de innovación existe una logística que dicta en primera los fundamentos y los efectos de cada acción que se toma, se podría decir que en realidad al planear el desarrollo de una región solamente existen dos grandes caminos a tomar (especialización y diversificación) sin embargo aun decidiendo el enfoque se debe tomar otra decisión en cuanto al alcance de cada una de las estrategias (explotación y exploración).

Cuadro 2. Fundamentos y efectos de las políticas de innovación

Tipo de política de innovación	Fundamentos	Efectos
Explotación especializada	Sobresalir en el uso de los recursos existentes, el conocimiento y la tecnología.	Destinado: Continuidad. Involuntario: bloqueo (concentración)
Exploración especializada	Sobresalir con la introducción de nuevos conocimientos y tecnología en áreas seleccionadas	Destinado: Niveles de cambio de moderados a altos (elementos nuevos y antiguos combinados). Involuntario: hibridación
Explotación diversificada	Sobresalir en el uso de una multiplicidad de recursos relacionados, conocimiento y tecnología	Destinado: Niveles moderados de cambio (gradual). Involuntario: reducción de la capacidad de recuperación
Exploración diversificada	Sobresalir debido a la introducción de nuevos elementos en una multiplicidad de áreas de conocimiento y tecnología	Destinado: Cambio radical (disrupción con el pasado). Involuntario: falta de enfoque (dispersión)

Fuente: Elaboración propia

La investigación empírica sobre el debate especialización/diversificación ha sido diversa y conflictiva ya que algunos trabajos apuntan a una política de especialización para promover la innovación, mientras que otros sugieren que la adopción de medidas de diversificación puede fomentar las

actividades de innovación en el futuro. Feldman and Audrestch (1999) señalan que la diversidad en actividades económicas complementarias que comparten una base científica común es más propicia para la actividad innovadora que la especialización. Kelly and Hageman (1999) concluyen que los clústeres de innovación son independientes de la distribución del empleo. Moreno et al. (2006) sostienen, para las regiones europeas, que la innovación de una industria dada está influenciada por el grado de especialización en la misma industria, pero no está influenciada por el grado de diversificación del sistema de innovación regional. Otros estudios relevantes en favor de una u otra estrategia son los de Baptista y Swann (1998); Beaudry y Breschi (2003); Paci y Usai (1999); Shefer y Frenkel (1998); Greunz (2003); Ó Huallacháin y Lee (2011). Beaudry and Schiffauerova (2009) en su revisión de la literatura empírica proporcionan una amplia lista de estudios que favorecen una u otra o ambas tesis. Como señalan los autores, los resultados son a menudo contradictorios lo que podría explicarse por las diferencias en la intensidad de las fuerzas de aglomeración y por cuestiones metodológicas tales como el nivel de agregación, tipo de industrias y los indicadores utilizados para recoger los diferentes tipos de externalidades.

Hoy en día, las ciudades y las áreas urbanas son generalmente consideradas como las principales ubicaciones para las actividades industriales, para los procesos de innovación y para el crecimiento económico dentro de una economía. Por un lado, existe un acuerdo generalizado en la economía urbana de que las economías de aglomeración tienen un impacto importante para el desarrollo de este patrón espacial. Pero, por otro lado, a pesar de una vasta discusión teórica y empírica (por ejemplo, Rosenthal y Strange, 2004; de Groot et al., 2007 y Beaudry y Schiffauerova 2009), todavía hay una falta significativa de conocimiento en economía urbana sobre la "anatomía" de las economías de aglomeración y sobre la importancia de sus categorías principales (economías de localización, economías de urbanización y tamaño de la ciudad en general). Y todavía no sabemos mucho acerca de los factores determinantes de estas diferentes categorías y la pregunta de qué "ingredientes" dentro de un área urbana (por ejemplo, la existencia de incubadoras de empresas, sedes, escuelas y universidades, una "clase creativa") pueden estimular las economías de aglomeración (por ejemplo, Florida 2002, Blum 2008, Franz 2008, Schwartz y Hornych 2008).

En función de si la externalidad de la aglomeración se origina en el mismo tipo de industria, la aglomeración industrial se puede dividir en dos modos: aglomeración especializada y aglomeración diversificada. Un debate académico en el campo de la literatura sobre aglomeración está relacionado con la cuestión de si la especialización regional dentro de un conjunto limitado de actividades económicas, o la diversidad y variedad de competencias y actividades complementarias fomentan la innovación y el crecimiento industrial. Este tema que es especialmente relevante en el sector de alta tecnología ya que ha sido estudiado para comprender hasta qué punto tienen lugar los efectos secundarios del conocimiento dentro y entre las industrias.

Como se indicó anteriormente, hay dos dimensiones generales de las economías de aglomeración que reciben una gran atención en el mundo académico y por la política gubernamental. Primero, está el concepto de las economías de urbanización que parte de la idea de la aglomeración diversificada. Este concepto destaca la variedad de beneficios de una economía diversificada para el intercambio de conocimiento complementario entre actores económicos (Isard 1956; Jacobs 1969). Las ideas y la innovación se consideran el resultado de un proceso de intercambio entre diferentes campos de conocimiento. Como lo señaló Jacobs (1969), las fuentes relevantes de conocimiento a menudo no se encuentran necesariamente dentro del propio entorno industrial,

sino más bien fuera de él, pero interno a unidades geográficas como las ciudades. Según este punto de vista, la fuente más importante de la difusión de conocimientos es externa a la industria en la que opera la empresa y, por lo tanto, las ciudades (con muchos tipos diferentes de industrias) son las fuentes de innovación porque la diversidad de estas fuentes es mayor en ellas (Acs, 2002), una estructura industrial más diversificada puede proporcionar acceso a conocimiento tecnológico diferente y complementario y, por lo tanto, favorecer actividades innovadoras.

Los partidarios de esta visión enfatizan los beneficios que resultan de una estructura industrial diversificada fuerte. Sin embargo, las economías de urbanización también describen los beneficios de la extensión y la densidad de una región en general y, por lo tanto, subrayan la importancia del tamaño de una región aglomerada. Ambas subcategorías de economías de urbanización, es decir, tamaño y diversificación, están fuertemente interconectadas. Los patrones diversificados de actividad económica regional tienen más probabilidades de ocurrir en regiones densamente pobladas. Las grandes áreas urbanas también proporcionan mercados a gran escala con un gran número de clientes y proveedores potenciales, así como infraestructura de transporte y comunicaciones a la vanguardia tecnológica. La aglomeración de industrias y la red de proveedores especializados aumentan las oportunidades innovadoras al reunir actividades complementarias y reducir los costos de búsqueda. En general, los hallazgos de la literatura empírica, proporcionados por Batisse (2002) y Cheng (2014), por ejemplo, muestran en sus estudios de externalidades que surgen puramente del tamaño urbano y la densidad de la región (población, establecimiento, etc.) y son consistentes con la presencia de externalidades de tipo Jacobs.

Otra dimensión de las economías que resultan de la aglomeración especializada son las economías de localización en donde se enfatiza la importancia de una (o pocas industrias estrechamente relacionadas) concentradas en el espacio para la difusión de conocimientos regionales, la competitividad de las empresas y la innovación (Marshall, 1920; Arrow, 1962; Romer, 1986). Según una teoría de Marshall-Arrow-Romer, los efectos secundarios del conocimiento, es decir, las externalidades dinámicas, tienen lugar dentro de las industrias. El modelo Marshall-Arrow-Romer formaliza la idea de que la concentración de una industria, es decir, la especialización en una ciudad o región facilita la difusión de conocimientos entre empresas y, por lo tanto, la innovación y el crecimiento en esa industria (Feldman et al., 1999). El supuesto general detrás de este flujo de investigación es que los efectos secundarios más importantes del conocimiento pueden ocurrir entre empresas geográficamente cercanas de la misma industria. Teniendo en cuenta que las derramas (spillovers) de conocimiento parecen estar geográficamente limitadas (por ejemplo, Jaffe, Trajtenberg y Henderson 1993; Anselin et al., 1997; Zucker, Darby y Brewer 1998), la ubicación cercana a las fuentes de derramas (spillovers) se vuelve crucial para su explotación (Audretsch y Feldman 1996).

Las industrias especializadas a nivel regional crecen más rápido porque las empresas vecinas pueden aprender unas de otras mucho mejor que las empresas geográficamente aisladas. La aglomeración de la industria local también puede aumentar la innovación directamente al proporcionar activos y actividades complementarias específicas de la industria que pueden reducir el costo de los suministros para la empresa o crear una mayor especialización en los mercados de insumos y productos (Feldman, 1999). Los hallazgos de Feldman y Audretsch (1999) respaldan la existencia de este tipo de externalidades (Beaudry, 2009; Fan, 2014; Zhu, 2017). Por lo tanto, una distribución

más homogénea de los conocimientos y habilidades de las empresas dentro de las aglomeraciones industriales crea una base sólida para procesos intensos de comunicación y cooperación.

Siguiendo a Marshall, un mercado laboral especializado, proveedores especializados y empresas de servicios que permiten vínculos dentro de la industria son factores clave que determinan las ventajas de esas economías de localización (también llamadas externalidades Marshall-Arrow-Romer (MAR), Glaeser et al., 1992). Además, Porter (1990) enfatiza los efectos positivos de la intensificación de la competencia local, que podría ser propicio para el crecimiento y la innovación. Teniendo en cuenta los esfuerzos de innovación en particular, una industria espacialmente concentrada actúa como un catalizador para el intercambio de experiencias y la transferencia de información y conocimientos valiosos, en particular el conocimiento tácito no modificado (Baptista y Swann, 1998). La transferencia de este tipo de conocimiento requiere interacciones personales frecuentes entre los actores y es difícil de realizar a grandes distancias (Malmberg y Maskell, 1997). Otro canal importante para la transferencia de conocimiento relacionado con la innovación dentro de las aglomeraciones industriales es el efecto resultante de una mayor movilidad de trabajadores calificados (Marshall 1920; Krugman 1991). Los costos de búsqueda para empleadores y trabajadores también disminuyen en las aglomeraciones industriales. Por lo tanto, los efectos secundarios se generan a través de la transmisión y difusión de conocimientos y habilidades incorporados en individuos (por ejemplo, ingenieros o investigadores).

Estos conceptos teóricos de las economías de aglomeración no deben entenderse como mutuamente excluyentes, ya que, así como existen las economías de localización pura presentes en una región y las economías de urbanización pura en otra región. Las áreas urbanas particularmente grandes proporcionan terrenos fértiles para la presencia de ambas alternativas, tal vez una reforzando la otra. Una ciudad en particular con una alta especialización en una industria específica puede generar economías de MAR en este campo, mientras que al mismo tiempo una mezcla bien equilibrada de las otras industrias puede generar economías de Jacobs. Simonen (2015) señaló que tanto la especialización moderada como la diversificación desempeñan un papel positivo en el impulso del crecimiento económico regional; sin embargo, están sujetos a la influencia de la escala de la ciudad, la estructura de aglomeración y otras condiciones. Yuan (2017) muestra que las externalidades de MAR mejoran la eficiencia técnica al aumentar la eficiencia técnica pura y acelerar el progreso de la tecnología. Las externalidades de Jacobs aumentan la eficiencia de escala y el progreso técnico, pero disminuyen la eficiencia técnica pura.

Las ciudades se especializan en un conjunto limitado de actividades económicas, o se generalizan, produciendo una mezcla diversa de productos. La región típica contiene una gran variedad de ciudades, desde ciudades altamente especializadas hasta las que son muy diversas. Las ciudades especializadas se desarrollan debido a las economías de localización, mientras que las diversas se desarrollan debido a las economías de urbanización. De hecho, las ciudades especializadas y diversas son en realidad complementarias, y cumplen diferentes roles en una economía de mercado. Muchas empresas comienzan su vida en una ciudad diversa y eventualmente se mudan a una ciudad especializada. Las ciudades diversas fomentan las nuevas ideas y la experimentación ya que sirven como laboratorios para las empresas innovadoras. Una vez que una empresa se asienta en un proceso de diseño y producción de un producto, es probable que la producción sea más eficiente en una ciudad especializada que explota plenamente las economías de localización. En

otras palabras, las ciudades diversas fomentan la innovación, mientras que las ciudades especializadas facilitan la producción eficiente.

En el modelo desarrollado por Duranton y Puga (2001) se puede explorar el papel de las ciudades en la innovación y la producción. La idea principal de este modelo considera a una empresa que está buscando el proceso de producción ideal para un nuevo producto. Al experimentar con diferentes procesos, la empresa eventualmente encontrará el ideal. En ese momento, la empresa cambiará a la producción en masa y comenzará a obtener una ganancia. La pregunta que surge de este proceso es ¿Dónde debería experimentar la empresa, en una ciudad diversa o en una ciudad especializada?

Tenemos que considerar dos distintos escenarios, primero consideremos una empresa que experimenta en una ciudad diversa hasta que descubre el proceso ideal y luego se traslada a una ciudad especializada. Experimentar implica producir un prototipo del nuevo producto de la empresa con un proceso de producción particular. Supongamos que ya se consideró que hay seis procesos de producción potenciales, y la empresa que experimenta puede observar en una ciudad diversa a otras empresas que utilizan estos procesos potenciales y luego podrá imitar el proceso que más le convenga para producir el prototipo. Además, supongamos que, en promedio, demoran tres años en descubrir el proceso ideal. Una vez que el empresario descubre el proceso ideal, la empresa se trasladará a una ciudad especializada y comenzará a obtener un beneficio.

El escenario alternativo es experimentar y buscar el proceso ideal en una ciudad especializada de la región. En este escenario existen algunas compensaciones a tomar en cuenta:

- Ventaja: menor costo de construcción del prototipo. El costo de producir un prototipo determinado será menor en una ciudad especializada porque cada ciudad tiene los insumos especializados para ese proceso de producción.
- Desventajas: mayor costo de mudanza. La búsqueda del proceso ideal requiere que la empresa se mueva de una ciudad especializada a otra. En promedio, una empresa que adopte esta estrategia tendrá que realizar tres movimientos, en comparación con un solo movimiento para la empresa que experimenta en la ciudad diversa. Si los costos de mudanza son grandes en relación con los ahorros en los costos de prototipo, el beneficio será menor cuando la empresa experimente en ciudades especializadas.

Este modelo de ciudades laboratorio sirve para mostrar los roles de las ciudades diversas y especializadas en el ciclo del producto. Una ciudad diversa tiene una rica variedad de productos y procesos de producción que proporciona un terreno fértil para nuevas ideas sobre cómo producir nuevos productos, una vez que una empresa encuentra su proceso de producción ideal, los beneficios de estar en un entorno diverso disminuyen, por lo que la empresa se traslada a una ciudad especializada, donde las economías de localización generan un menor costo de producción. Duranton y Puga (2000) declaran que “parece haber una necesidad tanto de grandes ciudades para ser diversificadas y ciudades más pequeñas para ser especializadas”. Su modelo teórico muestra que, si bien las ciudades diversificadas juegan un papel crucial en el desarrollo de la innovación, las ciudades especializadas son más propicio para un mayor crecimiento.

Una de las mayores ventajas de las ciudades es que ayudan a generar economías de aglomeración, es decir, la producción es más fácil porque hay más actividad en las cercanías. Este fenómeno generalmente se explica por los efectos indirectos o la generación de externalidades positivas en

contextos de gran proximidad que a menudo se encuentran en las ciudades. “La innovación y la mejora que se producen en una empresa aumentan la productividad de la otra empresa sin competencia total”, ocurre más dramáticamente en áreas urbanas debido a la presencia de actividades económicas que tienen un mayor valor y principalmente debido a la interdependencia de las actividades económicas.

Sin embargo, los economistas han diferido sobre qué tipo de estructura económica de las ciudades y, por lo tanto, qué forma de externalidades positivas son cruciales para el crecimiento de las ciudades, medido por el crecimiento de las industrias y el crecimiento del empleo.

Desde un punto de vista económico, los procesos de aglomeración plantean dos preguntas principales: ¿Por qué se produce la aglomeración? ¿Y cuál es el efecto de los patrones de aglomeración en el rendimiento económico agregado?

Estas son de las preguntas más fundamentales planteadas por los geógrafos económicos. También es un tema central en un programa de investigación teórica que surgió a fines de la década de 1990 al unir modelos de las "nuevas" teorías del crecimiento económico y la geografía.

El estudio de las economías de aglomeración se remonta a Marshall (1890), quien introdujo el concepto de las economías de aglomeración especificando las ventajas externas que tienen las empresas cuando se ubican juntas, por lo tanto, las economías de aglomeración están más allá del control de la empresa individual y típicamente son resultado de la existencia de interacciones entre empresas.

La aglomeración es el resultado de la tendencia natural del comportamiento humano a concentrarse en el espacio cuando existe un beneficio, en la actualidad este beneficio se traduce a una necesidad de minimizar los costos de transporte y transacción, el intercambio de conocimientos, acceso más fácil a las materias primas y a una gran cantidad de mano de obra calificada, a nivel urbano se busca una comunicación conjunta con una infraestructura de transporte y finalmente se busca que tanto las personas como las empresas tengan un espacio para el intercambio de conocimiento tácito.

Cuadro 3. aglomeración

Aglomeracion como	Medio	Escuela	Mayores contribuidores
Determinante del crecimiento	Ventajas de localizacion	Externalidades estaticas y dinamicas	Marshall (1920)
	Ventajas de la urbanizacion		Romer (1986, 1990)
	Ventajas del conocimiento		Arrow (1962)
	Ventajas de la diversidad	Diversidad sectorial	Jacobs (1969)
	Ventajas de la competitividad	Gestión de la ciencia	Porter (1990)
	Facil flujo de:	Derramas del conocimiento	Jaffe (1993)
	Cruza del conocimiento		Anselin (1997, 2000)
	Conocimiento cara a cara (interaccion social)		
	Menos costos de transporte + histéresis	Nueva geografia economica	Krugman (1991)
	Variedad relacionada	Geografia economica evolutiva	Boschma (2005)

Fuente: Economic Geography, 2016

En particular, la tabla muestra el papel de los procesos de aglomeración como generadores de las externalidades espaciales; es decir, se inspecciona en cada uno de estos rubros a la aglomeración asociada con un mejor desempeño económico. Dando un repaso en la historia de la economía espacial se podría decir que esta comenzó a partir de la contribución del "Estado aislado" de Thünen (1826). El modelo clásico de Thünen se basó en la determinación de los patrones de uso de la tierra

(y renta) en el interior agrícola que rodea a una ciudad. Además, Thünen también exploró el análisis profundo de la aglomeración industrial, que se conoce como la teoría económica espacial. Sin embargo, su teoría no consideró las fuentes de concentración de las actividades industriales. En este contexto, Marshall (1890) explica las razones detrás de la concentración de industrias especializadas en localidades particulares, conocidas como las "externalidades marshallianas" basadas en el resultado de una mayor diversidad de actividades y un mayor grado de especialización sin considerar los mecanismos microeconómicos detrás de tales externalidades (Fujita 2010). Weber (1909) desarrolló una teoría de ubicación industrial al considerar la ubicación óptima de la planta, que minimiza el costo total de transporte por unidad de producción sin considerar la determinación endógena de los precios de los insumos y productos.

Mientras tanto, Hotelling (1929), Robinson (1933), Chamberlin (1933) y Kaldor (1935) desarrollaron modelos de empresas no competitivas. Hotelling (1929) explicó que la competencia por las áreas de mercado es una fuerza que llevaría a los vendedores a congregarse (es decir, el principio de diferenciación mínima). Sin embargo, el principio de diferenciación mínima ya no se aplica una vez que los vendedores pueden competir en precios. Lösch (1940) desarrolló una teoría de ubicación general al considerar el equilibrio general completo de todas las ubicaciones y precios sin considerar la interdependencia entre mercados de diferentes bienes en términos de microeconomía.

Myrdal (1957) desarrolló la teoría de la causalidad circular donde la ubicación de la industria a veces puede explicarse como resultado de un accidente histórico. Sin embargo, Koopmans y Beckmann (1957) presentan primero la limitación del paradigma competitivo en la economía espacial. La teoría establece que, bajo cualquier conjunto de precios competitivos, cualquier asignación factible está muy lejos del equilibrio siempre que los costos de transporte sean positivos. Finalmente, Starrett (1978), en su famoso teorema de imposibilidad espacial, modela la limitación del paradigma competitivo en las economías espaciales.

Las teorías modernas de la economía urbana central se basan principalmente en el trabajo de Thünen (1826). La generalización del concepto central de las curvas de alquiler de ofertas de Thünen en un contexto urbano fue pionera en el trabajo de Isard (1956), Beckmann (1957) y Wingo (1961). El modelo de ciudad mono-céntrica de Alonso (1964) reemplazó "ciudad aislada" con el distrito central de negocios (CBD). Solow y Vickrey (1971) desarrollaron un modelo en el que el patrón de uso de la tierra en un área urbana se determina sin la suposición a priori de ningún centro. Beckmann (1976) desarrolló el primer modelo de ubicación general del uso del suelo residencial. Sin embargo, todos estos modelos consideran la aglomeración de los consumidores o las empresas al descuidar las posibles externalidades negativas, como la degradación ambiental y la congestión del tráfico. Ogawa y Fujita (1980) e Imani (1982) consideran que las fuerzas de aglomeración surgen de la interacción comercial entre las empresas, y las fuerzas de dispersión surgen de los costos de desplazamiento de los trabajadores. Sin embargo, Fujita (1988) representa el primer modelo de ubicación general de la clase C1 (es decir, basado en el supuesto de la competencia monopolística) considerando solo las interacciones puras del mercado, que pueden generar aglomeración espacial de actividades económicas.

Modelos NEG, iniciados por Krugman (1991) y Fujita (1999), encerraron esas ideas dentro de un modelo de equilibrio general de teoría de la ubicación basado en el modelo Dixit-Stiglitz de competencia monopolística y explicaron las razones detrás de la formación de una gran variedad de

aglomeración económica en un espacio geográfico. Las fuerzas de aglomeración provienen principalmente de externalidades pecuniarias al interactuar con los retornos crecientes, costos de transporte y movimiento de factores de producción. Para explicar la economía de la aglomeración, implica una tensión entre las fuerzas "centrípetas" (economía externa pura, variedad de efectos a escala de mercado y efectos secundarios de conocimiento) que tienden a atraer a la población y el proceso de producción hacia las aglomeraciones y las fuerzas "centrífugas" (congestión y contaminación, alquileres de terrenos urbanos, mayores costos de transporte y competencia) que tienden a romper tales aglomeraciones (Overman & Ioannides 2001; Tabuchi 1998). La economía terminará con un patrón centro-periferia en el que toda la manufactura se concentra en una región, solo si es hacia adelante es decir el incentivo de los trabajadores para estar cerca de los productores de bienes de consumo y hacia atrás que se refiere al incentivo para que los productores se concentren donde el mercado es más grande y los vínculos son lo suficientemente fuertes como para superar la fuerza centrífuga generada por los agricultores inmóviles. Aunque los modelos NEG son importantes para el análisis de políticas, estos modelos son estáticos y están dedicados a tratar la asignación de la actividad económica en el espacio.

En el contexto de la identificación de factores relevantes detrás de la aglomeración urbana, la geografía de primera naturaleza (FNG), que se basa en teorías de ubicación anteriores, da importancia a los recursos naturales, como el clima, la presencia de puertos naturales y los ríos navegables. Para analizar el papel de los modelos NEG con otros factores relevantes en la explicación de la aglomeración urbana, Ades y Glaeser (1995) encuentran que, como predijeron Krugman y Elizondo (1996), países con altas cuotas de comercio en el PIB o barreras arancelarias bajas (incluso manteniendo niveles comerciales constantes), rara vez la población se concentra en una sola ciudad, pero se muestran escépticos sobre la existencia de un vínculo casual directo. En el contexto de otros factores relevantes, Da Mata (2005) observan que los aumentos en el suministro de la población rural, las mejoras en la conectividad del transporte interregional y el logro educativo de la fuerza laboral tienen un fuerte impacto en el crecimiento de la ciudad en Brasil. Henderson (1986) y Wheaton y Shishido (1981) muestran que, en una pequeña muestra de países, el aumento del gasto público, incluidos los gobiernos no federalistas, conduce a la concentración urbana.

En un hallazgo de los determinantes relevantes del crecimiento económico urbano, un extenso estudio de Glaeser et al. (1995) en ciudades de EE. UU. Descubrieron que la escolarización inicial tiene un efecto positivo en el crecimiento de los ingresos de la ciudad. Chen y col. (2011) descubrieron que, en el caso de China, la distancia a una gran ciudad y un puerto importante tiene un efecto negativo en el crecimiento económico urbano. También encontraron que la densidad de la ciudad, el tamaño de la gran ciudad y el nivel inicial del PIB per cápita tienen un efecto estadísticamente insignificante en el crecimiento económico urbano.

La literatura empírica, como Glaeser et al. (1995), Crozet y Koeing (2007), Leitão (2013) y Vogel (2012) encuentran el vínculo positivo entre la aglomeración y el crecimiento. Pero, un análisis entre países de Henderson (2003) sigue siendo el primer análisis riguroso en la evaluación del impacto de la urbanización en el crecimiento con la validación de la hipótesis de Williamson (1965), que explica que, en la primera etapa del desarrollo, la aglomeración urbana promueve el crecimiento económico. Brülhart y Sbergami (2009) han vuelto a validar la hipótesis de Williamson al considerar una muestra mundial de unos 100 países y una muestra de 16 países de Europa occidental desde 1960 mediante el uso de cuadrados mínimos ordinarios (MCO) de sección transversal y métodos

generalizados de sistema de paneles en momentos (siglas en inglés GMM). Además, Henderson (2010) encuentra que el nivel de urbanización y el ingreso per cápita están altamente correlacionados. Finalmente, en el caso de los países en desarrollo, Henderson (2005) también encontró un efecto positivo de la aglomeración urbana en la productividad y el crecimiento de la ciudad.

Dada la revisión anterior de los estudios, los determinantes de la aglomeración urbana, el crecimiento económico urbano y el impacto de la aglomeración urbana en el crecimiento económico urbano forman los temas clave de investigación en el contexto de la ZMVM. Estos temas son el enfoque clave y el objetivo de este trabajo. El estudio actual es una exploración empírica de factores que nos ayudan a comprender qué impulsa el tamaño y el crecimiento económico de la aglomeración urbana en la ZMVM. Además, también establece los efectos positivos de la aglomeración urbana en el crecimiento económico urbano en la ZMVM.

La teoría convencional ve a la aglomeración como un determinante del crecimiento económico, es decir el proceso que puede tomar las empresas y los agentes cuando deciden ubicarse en regiones y se enfrentan a la elección de si unirse a esas regiones de acuerdo con las características que buscan, y en última instancia la elección la hacen al buscar maximizar el beneficio neto actual de esta elección, que incluye el acceso a los efectos positivos de las externalidades derivadas de la aglomeración. Estas externalidades se pueden clasificar en tres categorías principales, siguiendo a Marshall (1920):

- Economías de escala, lo que significa que las empresas más grandes alcanzan un cierto umbral de eficiencia en la producción.
- Economías de localización, lo que implica que las empresas ubicadas en regiones aglomeradas y con producción en líneas similares en la misma industria disfrutan de una transferencia de conocimientos más fácil, mano de obra calificada puesta en común, etc.
- Economías de urbanización, que se refieren a la medida en que las empresas en una región densa cosechan beneficios de otras empresas aglomeradas que no pertenecen a la misma industria.

La concentración otorga ventajas a las empresas cuando se agrupan como consecuencia de la presencia de externalidades, entre otras, con la propagación del conocimiento o trabajo. Estas externalidades son una fuente de mayor productividad en las empresas y, por lo tanto, de mayores ganancias.

Un punto importante al discutir el desarrollo regional es la utilidad del conocimiento ya que este es un factor determinante en el desarrollo de la economía debido a que la I + D influye en la innovación y el cambio tecnológico de una región. Las externalidades que usualmente se reconocen que desempeñan un papel importante en la economía en su proceso tienen la característica de creación y difusión del conocimiento (Glaeser, 1992) a lo que se conoce como derramas del conocimiento.

Las derramas surgen como una externalidad en la dinámica económica, en la producción se pueden generar derramas de conocimientos producidos por las empresas. Por ejemplo, una empresa decide invertir en la creación de innovaciones, para eso hace un gasto en investigación y desarrollo y produce un nuevo producto que cuenta con innovaciones, pero en el proceso de generar este producto se originan conocimientos que la empresa no puede retener al cien por ciento.

Es decir, tienen su nuevo producto con los avances que se desarrollaron y a partir de eso alguien más puede ver y puede copiar, imitar o aprender cómo funcionan los avances de este nuevo producto, la empresa que originó la innovación no puede evitar que se utilice ese conocimiento que se escapa de las manos de las empresas y se derrama sobre la economía a partir de la investigación y desarrollo de las empresas, este proceso es algo que se conoce como derramas de conocimiento.

Uno de los principales temas que se han reconsiderado en el campo de la economía regional dentro de los últimos años son las características de las derramas de conocimiento y su impacto en el desarrollo económico de una región, Krugman (2011) menciona, por ejemplo, que "un enfoque en economías avanzadas podría sugerir que es hora de minimizar el énfasis en factores tangibles como los costos de transporte a favor de los factores intangibles como la diseminación de la información".

Las externalidades del conocimiento pueden afectar positivamente la capacidad de innovación de una empresa. La empresa usualmente no puede apropiarse completamente del nuevo conocimiento que crea, y este conocimiento de esta forma se deriva a otras empresas u organizaciones. Al "trabajar en cosas similares y por lo tanto beneficiarse de la investigación de los demás" (Griliches, 1992), los efectos secundarios del conocimiento aumentan el stock de conocimiento disponible para cada firma individual.

La acumulación de conocimiento es aquí un factor crucial para generar un crecimiento económico regional sostenido. En las diferentes regiones la dinámica que promueve el conocimiento se reconoce como generadoras de procesos de cambio que involucran la ubicación y la migración de empresas y hogares. Por lo tanto, una parte significativa del crecimiento económico regional se puede modelar como inducido por cambios en el conocimiento, la tecnología, la organización y la ubicación, que están relacionados con los efectos a escala regional y duraderos, es decir, las características regionales que cambian lentamente.

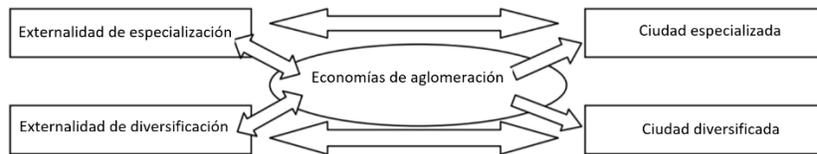
El conocimiento puede fluir entre agentes económicos en la forma de una transacción de conocimiento donde los agentes económicos, por ejemplo, compran una patente, como un subproducto en conexión con compras normales de bienes y servicios y / o a través de otra interacción entre los agentes económicos o sus empleados es decir el conocimiento tácito que solamente puede adquirirse a través del proceso de interacción social. En consecuencia, los derrames de conocimiento están geográficamente limitados a la región en la que se encuentra el nuevo conocimiento económico creado (Anselin et al., 1997; Autant-Bernard, 2001; Feldman y Audretsch, 1999).

Esto introduce la necesidad de proximidad geográfica y crea un ímpetu para que las empresas se concentren en las regiones, donde se localizan otras firmas que "emiten" conocimiento (Feldman, 1994). Bathelt et al. (2004) examinan el proceso de creación de conocimiento dentro de grupos (rumores locales) además de la parte interpretada por difusión y generación de conocimiento inter-cluster.

Las dos principales hipótesis sobre la naturaleza de estas externalidades y la consiguiente composición de la actividad industrial son las externalidades de especialización y diversificación, estos dos conceptos contradictorios que prevalecen para poder explicar el papel de la especialización y la diversificación en la economía cuentan con modelos que los representan, por un lado, tenemos el modelo de Marshall-Arrow-Romer (MAR) que se enfoca en el papel de la especialización mientras que las externalidades de Jacobs se enfocan en el papel de la diversidad como impulsor de la innovación.

Cuadro 4. Especialización y diversificación: Externalidades

<i>Externalidad</i>	<i>Tipo</i>	<i>Efectos</i>
<i>Especialización</i>	Externalidad pecuniaria	El efecto de un individuo o un grupo de individuos tiene impactos en el costo o las ganancias de los productores por medio de los mecanismos del sistema de precios.
	Externalidad tecnológica de MAR	Las derramas del conocimiento, la difusión de la tecnología y la competencia monopolística dentro de una industria
	Externalidad de un mercado de trabajo especializado	Mejora la calidad y la probabilidad de encontrar trabajo especializado de acuerdo a las necesidades de las empresas
	Externalidad de los recursos	Recursos naturales que surgen al estar cerca de fuentes especializadas
<i>Diversificación</i>	Externalidad pecuniaria	Impacto en el costo, ganancia y utilidades de los productores y consumidores por mecanismos de precios
	Externalidad tecnológica de Jacobs	Derramas del conocimiento, difusión de la tecnología y completa competencia dentro de las industrias
	Externalidad de los bienes públicos	Resultado de los servicios e instalaciones públicas con las que cuenta al instalarse en la urbe
	Externalidad de la comunicación	Interacción entre los consumidores, lo cual afecta su función de utilidad



Fuente: Elaboración propia con datos de la International Conference on Information Management, Innovation and Industrial Engineering, 2013

De acuerdo con Marshall (1890), las economías de localización corresponden a la parte especializada ya que los ahorros de costos por parte de las empresas son dependiendo del tamaño de la industria a la que pertenecen, por lo tanto, las economías de localización son externas a la empresa e internas a la industria. Es decir, las economías de localización generan beneficios debido a la localización cercana de las empresas que pertenecen a la misma industria en un área determinada, lo que conlleva ahorros basados en una mayor cooperación en investigación, menores tasas de transporte y consumo de insumos o servicios especiales. Alfred Marshall (1920) introdujo la idea de que la localización de la industria puede aumentar la productividad en su libro Principios de economía y posteriormente esta teoría fue recogida nuevamente por Arrow (1962) y Romer (1986), que es la razón por la que Glaeser (1992) se refiere a esto como externalidades MAR. Un ejemplo, la industria de alta tecnología que está altamente concentrada en Silicon Valley ejemplifica la localización industrial. Aunque el costo de la mano de obra y la tierra en Silicon Valley es muy alto, las empresas de alta tecnología continúan ubicándose allí debido al beneficio adicional que reciben

de su proximidad a un grupo de trabajadores altamente calificados. El tamaño de la industria de alta tecnología crea externalidades positivas para cada empresa ubicada en Silicon Valley.

Las economías de urbanización se basan en el tamaño o la presencia de empresas de otras industrias y / o el tamaño y la diversidad de la ciudad, lo que les permite compartir insumos especializados, pero también compartir servicios públicos, servicios de transporte e infraestructura. De hecho, la ciudad puede ofrecer acceso a grandes mercados de productos y mano de obra y brindar a las empresas ubicadas en grandes ciudades la ventaja de la provisión de servicios e infraestructura públicos, lo que sugiere que hay rendimientos crecientes a escala, según el tamaño de la ciudad, es decir cuando el tamaño de la ciudad lleva a un aumento de la productividad. Los Ángeles ejemplifica las economías de urbanización en el sentido de que no tiene una sola industria dominante, pero sigue creciendo. Las empresas que se ubican en Los Ángeles se benefician de los recursos comunes y la gran cantidad de mano de obra que se encuentra en la ciudad. Los recursos comunes, como carreteras, edificios y suministro de energía benefician a las empresas en las ciudades, independientemente de su industria. Además, las empresas tienen mejor acceso al trabajo al ubicarse en ciudades. El entorno urbano crea externalidades positivas que benefician a varias industrias diferentes. Esta opinión opuesta fue presentada por Jacobs (1970), ella rechaza la concepción de que los flujos de conocimiento solo ocurren dentro de la misma industria. Según ella, las empresas se benefician de enfrentar un entorno diverso que consiste en diferentes tipos de industrias porque las nuevas las ideas no vendrán desde dentro, sino desde fuera de la industria respectiva.

Marshall (1890) observó que las industrias se especializan geográficamente porque la proximidad favorece la transmisión del conocimiento dentro de la industria, reduce costos de transporte tanto de entrada como de salida, y permite a las empresas beneficiarse de un mercado laboral más eficiente. Por un lado, Marshall (1890), Arrow (1962) y Romer (1986) presentaron este concepto, que posteriormente sería formalizado por el trabajo seminal de Glaeser (1992) y sería conocido como el Modelo Marshall – Arrow – Romer (MAR). Este modelo afirma que la concentración de una industria en una región promueve el conocimiento debido a que la difusión entre empresas facilita la innovación en esa industria en particular dentro de esa región. Esta especialización fomenta la transmisión e intercambio de conocimiento, de ideas e información, ya sea tácita o codificada, de productos y procesos a través de la imitación, interacciones comerciales, circulación interempresarial de personal cualificado.

Las externalidades de conocimiento entre empresas, sin embargo, solo ocurren entre empresas de la misma industria o similar, y por lo tanto solo puede ser apoyado por concentraciones regionales de industrias iguales o similares. En consecuencia, también asumió que no puede haber ninguna transmisión de la derrama de conocimiento a través de otras industrias. Es probable que surjan estas externalidades de localización cuando la industria a la que pertenece una empresa, es decir la actividad a la que pertenece es relativamente grande. Los trabajadores en consecuencia están mejor protegidos de la incertidumbre empresarial y choques de demanda si están ubicados en una región con una gran base local de la propia industria (Mukkala, 2004). Glaeser et al. (1992, p. 1127) además argumentan que "el monopolio local es mejor para el crecimiento que la competencia local, porque el monopolio local restringe el flujo de ideas a otros" y así permite que el innovador internalice las externalidades ". Por lo tanto, el modelo MAR percibe el monopolio mejor que la competencia, ya que protege las ideas y permite que las rentas de la innovación sean apropiadas. Dichas interacciones pueden influir positivamente en la productividad y el crecimiento de las empresas.

Estas derramas intraindustriales se conocen como externalidades de localización (especialización), Marshall o externalidades del MAR. En este trabajo utilizaremos Marshall o MAR indistintamente Marshall como ya se mencionó antes también otros dos beneficios de la concentración geográfica son la agrupación en el mercado laboral y el ahorro en los costos de transporte.

Economías de escala que emanan de insumos compartidos en forma de equipo de trabajo e infraestructura entre grandes concentraciones de empresas de la misma industria son otra fuente importante de economías de localización (Krugman, 1991). Las empresas generalmente se ubican cerca de sus proveedores para reducir los costos de transporte y cerca de sus clientes reducirán los costos de distribución (Le Blanc, 2000). El argumento de la puesta en común del mercado laboral surge del hecho de que, en muchas industrias, los trabajadores son a menudo víctimas de la fluctuación de la demanda (esto es particularmente cierto para los contratos aeroespaciales, por ejemplo). La concentración local de empresas dentro de la misma industria da lugar a un mayor número de oportunidades de empleo para los trabajadores despedidos y la migración de estos trabajadores de una empresa a otra también contribuye a la derrama de conocimiento.

Jacobs (1969) cree en la diversidad como el principal motor de las innovaciones fructíferas, porque cuanto mayor es el número y la variedad de división de trabajo, mayor es la capacidad inherente de la economía para añadir aún más tipos de bienes y servicios. Jacobs hace referencia a la gran cantidad y la división del trabajo que se relacionan al desarrollo económico a través de la diversificación, pero en algunos estudios se consideran diferentes, lo que generalmente se conoce como economías de urbanización que son medidas por el tamaño y la densidad urbana. Dado que las grandes ciudades son probablemente las que tienen mayor variedad también se incluirán universidades y otras instituciones públicas de investigación, Harrison et al. (1997) sostienen que su densa presencia apoya la producción y absorción de conocimiento tácito que estimula la innovación y contribuye al crecimiento. En este trabajo, sin embargo, las externalidades de urbanización se asociarán con Jacobs en oposición a la especialización (MAR) externalidades.

Por otro lado, también sostiene que las fuentes más importantes de derrama de conocimiento son externas a la industria dentro de la cual opera la firma. Dado que la diversidad de estas fuentes de conocimiento es mayor en las ciudades, también afirma que las ciudades son fuente de innovación ya que en su teoría subraya que la variedad de las industrias dentro de una región geográfica promueve las externalidades del conocimiento y, en última instancia, la actividad innovadora y el crecimiento económico.

Un tejido industrial más diverso en estrecha proximidad fomenta oportunidades para imitar, compartir y combinar ideas y prácticas a través de industrias. Una base científica, que facilita el intercambio y la fertilización cruzada de ideas existentes y la generación de nuevas ideas a través de industrias dispares pero complementarias, representa la base común para la interacción. El intercambio de conocimientos complementarios a través de diversas empresas y agentes económicos facilita así la búsqueda y la experimentación en innovación.

Una economía más diversa es propicia para el intercambio de habilidades necesarias para el surgimiento de nuevos campos (Harrison et al., 1996). Combes (2000) especifica que esto presupone que los sectores están cercanos tecnológicamente, en otras palabras, que las invenciones en un sector pueden incorporarse a la producción de otra industria. Además, una infraestructura de buen funcionamiento de transporte y comunicación, la proximidad de los mercados, y un mejor acceso a los servicios especializados son fuentes adicionales de externalidades de urbanización que facilitan el funcionamiento de las empresas. Jacobs ve la diversidad en lugar de la especialización como un mecanismo que conduce al crecimiento económico.

Por lo tanto, una estructura de producción local diversificada da lugar a la urbanización (diversificación) de las externalidades o las externalidades de Jacobs. Otro argumento en su tesis

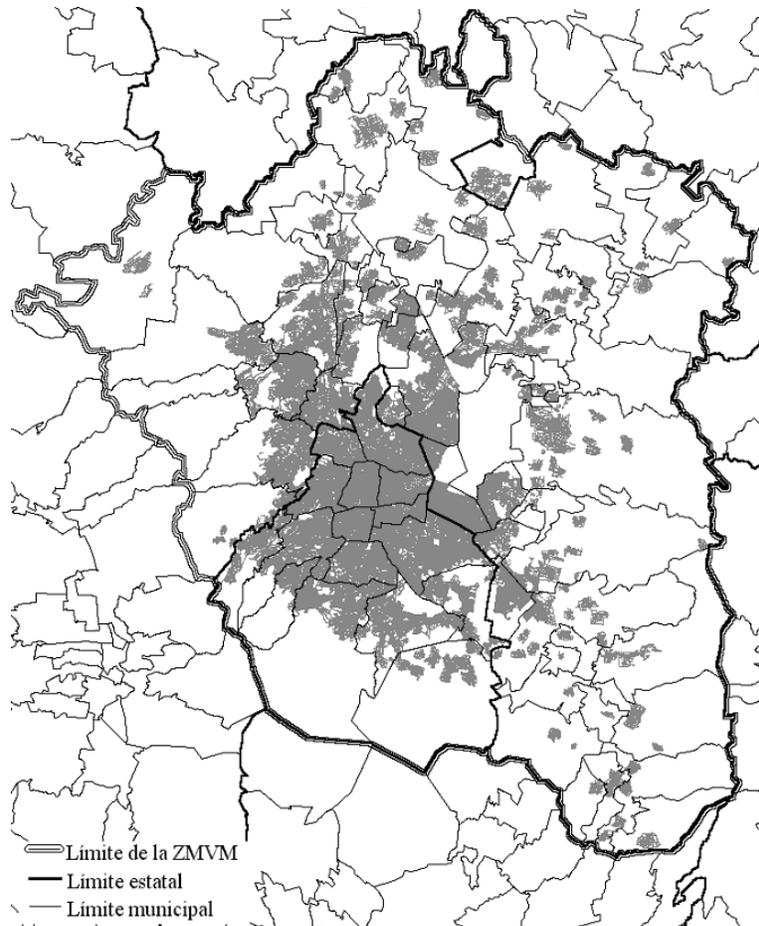
concierno que la competencia que es más deseable para el crecimiento de ciudades y empresas ya que sirve como un fuerte incentivo para que las empresas innoven y, por tanto, acelera la adopción de tecnología. El trasfondo teórico anteriormente expuesto nos servirá para poder entender la situación que ha atravesado la ZMVM a lo largo de los años.

## **2.1 Desindustrialización de la Zona Metropolitana del Valle de México**

La Zona Metropolitana del Valle de México, cuyo núcleo estructurador es la Ciudad de México, es una de las mayores concentraciones humanas de América Latina y del mundo. Entre 1930 y 1980, la metrópoli fue el motor de la industrialización y el desarrollo capitalista, la modernización tecnológica y cultural, y el vanguardismo arquitectónico y urbanístico en el país; pero, en las dos últimas décadas del siglo XX y lo transcurrido del XXI, al igual que todo México, entro en una larga fase de crisis económica, social y urbana.

La Ciudad de México anteriormente llamada Distrito Federal (DF), es sólo una parte de la ciudad real: la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM), la cual incluye a las 16 delegaciones de la CDMX y a 60 municipios de los estados vecinos de México e Hidalgo, conurbados al núcleo originario. Aunque la CDMX sigue siendo la parte más importante en términos económicos, culturales y políticos (es la capital del país), los municipios conurbados la superaron en población y extensión en los años 90s.

El desbordamiento de los límites administrativos de la CDMX, el crecimiento urbano sobre los municipios vecinos y la metropolización ocurrieron en los años 50s y, sobre todo, los 60s, y aun hoy sigue su curso.



(DDF Y OTROS, 1997. Plano 1).

En 2003, con 18,93 millones de habitantes, la ZMVM era una de las mayores concentraciones poblacionales del planeta; 8.72 millones residían en la CDMX, y 10.21 millones en los municipios conurbados. En la década de los 80, el dinamismo demográfico de la CDMX, y en particular de sus áreas antiguas y centrales, se frenó y su población empezó a decrecer, dando lugar a un despoblamiento que alcanza ya a la mitad de las 16 delegaciones y a los municipios de conurbación más antigua (FIDEICOMISO, 2000).

Los rasgos de la globalización y el estancamiento, lo transnacional y lo informal, la opulencia y la pobreza, el postmodernismo y las identidades originarias, la innovación y la decadencia, la integración y la fragmentación se combinan y confrontan en la escena urbana. La violencia urbana es uno de los subproductos más agresivos de esta polarización. La apertura de la economía desde la puesta en vigor del Tratado del Libre Comercio tuvo grandes consecuencias en la estructura económica de la ZMVM ya que paso de ser el centro de desarrollo más importante del país a un cambio en donde las empresas se trasladaron a la zona norte del país para aprovechar las ventajas de localización mientras que las industrias de la ZMVM entraron en un declive. Municipios que eran especializados en ciertas industrias como es el caso de Tizayuca en la industria de los lácteos sufrieron los efectos adversos de la entrada de empresas extranjeras y de la importación de productos extranjeros, debido en parte a que no pudieron competir con los costos y al abandono del gobierno.

La desindustrialización es el proceso mediante el cual la manufactura disminuye en una sociedad o región como proporción de la actividad económica total. Es lo opuesto a la industrialización y, por lo tanto, a veces representa un paso atrás en el crecimiento de la economía de una sociedad.

Hay una serie de razones por las cuales una sociedad puede experimentar una reducción en la manufactura y otras industrias pesadas.

1. Una disminución constante del empleo en la industria manufacturera, debido a las condiciones sociales que hacen que dicha actividad sea imposible (estados de guerra o agitación ambiental). La fabricación requiere acceso a recursos naturales y materias primas, sin los cuales la producción sería imposible. Al mismo tiempo, el aumento de la actividad industrial ha hecho un gran daño a los recursos muy naturales de los que depende la industria. En China, por ejemplo, la actividad industrial es responsable de niveles récord de agotamiento y contaminación del agua, y en 2014 más de una cuarta parte de los ríos clave del país se consideraron "no aptos para el contacto humano". Las consecuencias de esta degradación ambiental hacen que a China le resulte más difícil mantener su producción industrial. Lo mismo está sucediendo en otras partes del mundo donde la contaminación está en aumento.
2. Un cambio de la manufactura a los sectores de servicios de la economía. A medida que los países se desarrollan, la fabricación a menudo disminuye a medida que la producción se desplaza a socios comerciales donde los costos de mano de obra son más bajos. Esto es lo que le sucedió a la industria de la confección en los Estados Unidos. Según un informe de 2016 de la Oficina de Estadísticas Laborales, la ropa experimentó la "mayor disminución entre todas las industrias manufactureras con una disminución del 85 por ciento [en los últimos 25 años]". Los estadounidenses siguen comprando tanta ropa como siempre, pero la mayoría de las compañías de ropa han trasladado la producción al extranjero. El resultado es un cambio relativo en el empleo del sector manufacturero al sector de servicios.
3. Un déficit comercial cuyos efectos excluyen la inversión en la manufactura. Cuando un país compra más bienes de los que vende, experimenta un desequilibrio comercial, que puede reducir los recursos necesarios para respaldar la fabricación nacional y otra producción. En la mayoría de los casos, el déficit comercial debe ser severo antes de que comience a tener un efecto negativo en la manufactura.

La actividad industrial ha sido la base del desarrollo económico de los países, sin embargo, en la época actual en donde predominan las tecnologías de la información, a nivel mundial, se ha procesado una mayor expansión del comercio y los servicios en el total de la riqueza económica generada. Este hecho ha provocado el inicio de un proceso de terciarización económica o de desindustrialización, es decir, la manufactura tenderá cada vez más a perder su importancia relativa en las metrópolis. En el caso de la Zona Metropolitana del Valle de México la manufactura sigue siendo un factor fundamental para el desarrollo de la región, a pesar de que, desde la entrada en vigor del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN) se ha reducido el peso de la industria manufacturera.

La ZMVM ha transitado por un proceso de reajuste y, en algunos casos, de reorientación en la especialización industrial, sin que se manifieste necesariamente una tendencia hacia la desaparición de las industrias. A pesar de la liberalización comercial, la ausencia de políticas industriales y los

procesos competitivos derivados de la globalización, la actividad manufacturera ahí localizada ha mantenido su relevancia económica, ya que se han consolidado segmentos industriales de baja intensidad tecnológica y la especialización productiva se ha orientado hacia los sectores de alimentos, la química y el equipo de transporte.

Es fácil ver la desindustrialización como el resultado de una economía fallida o en sufrimiento. En algunos casos, sin embargo, el fenómeno es en realidad el resultado de una economía que está madurando. Los economistas Christos Pitelis y Nicholas Antonakis sugieren que una mejor productividad en la fabricación (debido a las nuevas tecnologías y otras técnicas de eficiencia) conducen a una reducción en el costo de los bienes; estos bienes constituyen una porción relativa más pequeña de la economía en términos del PIB general. En otras palabras, la desindustrialización no es siempre lo que parece. Una reducción aparente puede, de hecho, ser el resultado de una mayor productividad en relación con otros sectores económicos.

Desde los años 30, y más intensamente luego de la segunda guerra mundial, la CDMX y la ZMVM jugaron el papel de motores de la industrialización por sustitución de importaciones, y del crecimiento económico nacional. Así, en 1970, la CDMX generó el 27,6 % del Producto Interno Bruto nacional (PIB), el resto de la ZMVM el 36,2 % y la CRCM el 42,4 %, constituyéndose cada una de estas zonas como las mayores concentraciones económicas del país.

Luego de una década de estancamiento desde los años 70, en el que se mostró el agotamiento del patrón de acumulación de capital (Márquez López, 2005), la economía de México entro desde 1982 en una onda larga recesiva en la que aún se mantiene y en consecuencia la ZMVM inicio un declive económico, registrándose tasas de crecimiento menores que la nacional, que llevaron a la caída de la participación de la CDMX en el PIB nacional en 2001 en 22.10%; la ZMVM también perdió peso relativo aunque en menor escala y la CRCM inicio una estrategia para compensar esta caída con avances en la demás metrópolis del sistema (Pradilla y Márquez, 2005).

El factor determinante de este declive ha sido el intenso proceso de desindustrialización que vive la CDMX desde 1982, el cual redujo su participación relativa de su industria en el total nacional, de 29.46%, en 1980, a 20.34% en 1998, con una recuperación momentánea al 22.10% en 2001, la ZMVM sufrió igualmente el mismo efecto provocado por la desindustrialización, aunque en menor medida o mejor dicho su caída ha sido más lenta, y la CRCM cayo del 56.44% del PIB industrial en 1980 al 41.47% en 2001 (PRADILLA Y MARQUEZ, 2005).

Las causas de la desindustrialización son complejas, aunque se pueden determinar ciertos sucesos importantes que dieron paso al decaimiento de la industria en la ZMVM:

1. La industria metropolitana se formó principalmente para el mercado interno, y perdió dinamismo desde los 80s cuando éste se contrajo por las recesiones económicas con alta inflación – 1982, 1986, 1995 y 2001–, el desempleo masivo, la caída del salario real a menos de un tercio de su valor, desde 1976 hasta hoy, el empobrecimiento generalizado y la competencia desigual con los productos importados libremente desde mediados de los 80s y, sobre todo, con el Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN) –1994– y otros similares.
2. La crisis que atravesó la ZMVM, la industria sobre todo la micro y pequeña, no tuvieron ni el tiempo ni el capital para poder

reconvertirse e insertarse en la economía abierta que surgió después del Tratado del libre comercio, solo un puñado de grandes empresas en su mayoría transnacionales se orientaron a la exportación.

3. La desregulación de la industria y las compras públicas, además de la apertura a la importación de medios de producción, llevaron a la sustitución de proveedores nacionales por extranjeros, conllevando a una ruptura de cadenas productivas, lo cual provocó que se perdieran los efectos multiplicadores sobre la industria local.
4. Desde los años 70 con el auge de la maquila de exportación en la frontera con EU, la industria maquiladora se localizó mayoritariamente en la frontera norte con EU para beneficiarse de la ventaja de localización, proliferó los ensambles de partes o productos terminados con insumos importados para exportarlos luego, además se beneficiaron de los regímenes fiscales especiales como las “importaciones temporales”, y la intensiva mano de obra hicieron atractiva la zona norte. La apertura comercial externa, las nuevas inversiones industriales transnacionales no se instalaron en la ZMVM sino más bien las grandes empresas, como las automotrices se desplazaron hacia otras metrópolis del centro y ciudades del centro-norte y norte, todo con la idea de poder apropiarse de las ventajas de localización que les propiciaba la cercanía del mercado norteamericano.
5. Las deseconomías de aglomeración contrarrestaron a las ventajas comparativas y causaron la salida de industrias de la zona urbana: el alto costo del suelo por el que compite con usos más rentables, como el comercial y de oficinas; los mejores salarios promedio en relación con otras regiones y el mayor índice de sindicalización obrera; la escasez de agua; el costo-tiempo de transporte de materias primas y mercancías por la saturación vial; y las normas ambientales impuestas para enfrentar el alto grado de contaminación.
6. La dependencia tecnológica externa, y el escaso impulso a la Investigación y Desarrollo, han hecho que la industria no aproveche las ventajas comparativas que la ZMVM provee, un ejemplo es que esta zona concentra gran parte de los centros de investigación, pero no implementan formas territoriales de cooperación entre ellos.

La desindustrialización sumado a lo anterior también ha tenido efectos territoriales importantes: las antiguas zonas fabriles, que estaban dotadas de infraestructura productiva, energética y de transporte, están en proceso de deterioro infraestructural y físico, de estancamiento tecnológico y de cambio de uso; muchas fábricas se convirtieron en bodegas, otras fueron demolidas para dar paso a centros comerciales, oficinas y viviendas; las demás que no fueron permanecen vacías y abandonadas, y los terrenos en donde se planearon zonas fabriles que no se consolidaron permanecen baldíos.

Los nuevos establecimientos en su mayoría pequeños y medianos se dispersaron en otras partes de la ciudad en donde no se contaba con la infraestructura y equipamiento adecuado, ni tampoco de encadenamientos en donde puedan proveerse eficientemente, ni de economías de escala y aglomeración, ni externalidades. La infraestructura, las economías de escala y aglomeración, y las externalidades que se habían generado en las antiguas zonas industriales se están perdiendo y en algunos casos se desaprovechan, la explicación de este hecho se debe a que las nuevas implementaciones de políticas en estas zonas carecen de la habilidad de explotar las ventajas debido a la dispersión y fragmentación en las que fueron planeadas.

La pérdida económica de la ZMVM es decir en su dinamismo debido a la desindustrialización, condujo al auge del sector comercial y de servicios, en consecuencia, se ha visto un proceso de terciarización de la estructura económica, por ejemplo, entre 1980 y 2001, el sector terciario aumento su participación en el PIB del DF del 66.01% al 76%, los subsectores que más aumentaron su participación fueron: los servicios financieros, seguros y bienes inmuebles, los servicios comunales, sociales y personales. Otro efecto importante se encuentra en el sector informal y tradicional por el crecimiento acelerado en número de unidades y empleos precarios, inestables, de baja remuneración y sin prestaciones laborales ni acceso a la seguridad social, mientras que el sector formal y moderno de las unidades financieras, bancarias, servicios especializados a la economía, el comercio, aumentaron su participación en el PIB pero en cambio se creó muy poco empleo de alta calificación y salarios aunque un poco más altos que el sector informal siguen siendo inadecuados.

El sector informal ha absorbido el desempleo generado por la escasa creación de empleo en el sector formal de la economía, derivada del bajo crecimiento económico, las crisis recurrentes y la modernización tecnológica. Sus trabajadores operan en condiciones laborales, salariales o de ingresos, y de prestaciones (seguridad social), programas de vivienda, cuidado de los hijos, todo ello por fuera de la legislación y con los estándares mínimos de dignidad humana. Así, la especialización terciaria de la metrópoli, sostenida por diversos gobiernos locales, adquiere un carácter negativo, expresado en una gran masa de población activa empobrecida, con trabajo inestable, condiciones laborales precarias, mal remunerada y carente de la protección de la seguridad social.

La situación por la que atraviesa no es un caso raro ya que la terciarización informal de las metrópolis latinoamericanas, atrasadas, subordinadas e integradas asimétricamente en la globalización, incluida la ZMVM, es el producto, no deseado, de la crisis de larga duración abierta en los 80 y de los efectos sociales negativos de las políticas neoliberales. Los factores determinantes han sido: la destrucción de la base industrial local, su fragmentación, la relocalización de las empresas para evadir los costos de la aglomeración y acercarse a los mercados externos, y la desaparición de empleos productivos ante una oferta creciente de fuerza de trabajo, resultante de la transición demográfica. En el polo terciario, es resultado de la concentración monopólica extrema del comercio y las finanzas, en un reducido sector moderno y competitivo, dominado por el capital transnacional, aislado del resto de la economía local. Es la respuesta de subsistencia de una población desempleada, empobrecida y excluida (PRADILLA, 1998).

Conocer la situación de la ZMVM nos da una perspectiva más amplia del papel que ha tenido la especialización y la diversificación en el desarrollo de la economía de la región, el proceso de desindustrialización cambia la dinámica de la región.

Los académicos y los planificadores urbanos han sugerido que la característica clave de las principales ciudades del mundo es la atracción del talento humano de la más alta calidad a través de oportunidades educativas y profesionales. Ofrecen entornos propicios para las interacciones humanas productivas y el crecimiento de industrias basadas en el conocimiento que impulsan el crecimiento económico a través de la innovación. Tanto a través de una infraestructura dura como

blanda, ofrecen conectividad física que fomenta la creatividad humana y da como resultado niveles de ingresos más altos. Cuando se combina con la densidad de población, la diversidad socioeconómica y la tolerancia social; la elevada intensidad de interacción difunde la creatividad y mejora la productividad.

Este trabajo tiene objetivo analizar el papel de la especialización y la diversificación en el crecimiento de la Zona Metropolitana del Valle de México y esta información nos llevara a desarrollar un modelo basado en agentes que podría ser usado para simulaciones con el fin de proporcionar un análisis más robusto de la situación en las regiones. Lo principal será entender cómo se ha desarrollado el crecimiento en la Zona Metropolitana del Valle de México, es decir como los distintos municipios de la región se han volcado ya sea a la especialización o la diversificación. También se esperaría encontrar las características que conlleva un municipio especializado y diversificado, por ejemplo, en el caso de un municipio que basa su economía en la especialización se esperaría que hayan surgido características como empleos de alto nivel mientras que si la diversificación ha imperado entonces se esperaría que la región sea un lugar en donde las empresas puedan experimentar hasta encontrar su proceso ideal de producción. Un punto importante para entender los cambios en la ZMVM es de antemano conocer los factores que llevan a un país a la especialización o la diversificación ya que la política del país afecta los patrones de las regiones.

### **2.1.1 CONTEXTO MUNDIAL: ESPECIALIZACION Y DIVERSIFICACION**

La diversificación de las economías de algunos países y regiones fue tradicionalmente considerada una herramienta para reducir la dependencia de una fuente de crecimiento, como regla, de las materias primas. El concepto de diversificación adquirió una gran amplitud de interpretaciones y se convirtió en una especie de sinónimo de modernización económica y mejora de la estructura de la producción en las regiones. En documentos oficiales y publicaciones científicas, la diversificación es considerada como una estrategia básica de desarrollo a largo plazo para el conjunto de una economía y las regiones.

El término diversificación se aplicó inicialmente a el análisis estratégico de las empresas y denota la estrategia de desarrollo corporativo orientada a la difusión de riesgos que se dan en diferentes mercados. Llevado a una “Base regional”, se utiliza en diferentes conceptos como es el caso de las regiones, se propone interpretar la diversificación como un desarrollo multilateral de sus economías es decir la expansión de las esferas de producción de las actividades regionales, la distribución de riesgos relacionados con las condiciones económicas extranjeras, la reducción de la dependencia de fuentes materiales de crecimiento; sin embargo, en un lugar más estrecho en este sentido, la diversificación se refiere a la estructura sectorial de la producción y empleo en las regiones. Además, precisamente se refiere a la diversificación de la estructura de producción en las regiones

Se observa en la literatura que una de las ventajas de las economías diversificadas es su menor sensibilidad a las fluctuaciones en la dinámica de algunos sectores, incluidos los choques de precios. Una economía diversificada brinda oportunidades más amplias para un empleo eficiente, no solo para suavizar los choques en algunos sectores, sino también para crear un mercado laboral más flexible en una región debido a la movilidad laboral intersectorial. El argumento significativo a favor de la diversificación de la estructura de la producción es la resistencia que provee la región a los factores externos, incluyendo a la demanda externa, porque la generación de la demanda interna en la estructura multisectorial está asegurada debido a las relaciones intersectoriales.

Tradicionalmente, la diversificación económica ha sido utilizada como una estrategia para transformar la economía de utilizar una sola fuente a múltiples fuentes de ingresos repartidas entre los sectores primario, secundario y terciario, involucrando a grandes sectores de la población. El objetivo siempre ha sido mejorar el desempeño económico para lograr crecimiento sostenible; por ejemplo, construyendo resiliencia contra las fluctuaciones en la actividad económica extrarregional (Nourse, 1968), reduciendo la vulnerabilidad al ingreso pérdida debido a la volatilidad del precio del producto en el mercado internacional, creando oportunidades de empleo y alivio de la pobreza. Es un camino alternativo a la especialización que es uno de los principios fundamentales del desarrollo regional. Al igual que la diversificación, la intensificación en la especialización tiene ciertas consecuencias positivas y negativas para una región. La especialización es factor eficiente de crecimiento en los casos en que una región está especializada en sectores de alto crecimiento, sin embargo, si los sectores de una región en los que se especializa pierden su competitividad, entonces su producción disminuye, lo que se convierte en un problema no solo para el sector, sino también para toda la región.

En un sentido más amplio, la diversificación representa uno de los lados del desarrollo integrado de una región, combinando eficientemente desde el punto de vista interregional la diferenciación laboral, el desarrollo de sectores de especialización y desarrollo de los sectores que completan los servicios de la producción y población. La estrategia de diversificación no significa un compromiso por un desarrollo uniforme económico de todas las esferas de la región, esta es más bien una estrategia de elección y apoyo simultáneo de algunos sectores de especialización.

Al darse cuenta de que la diversificación económica contribuye positivamente al rendimiento de la economía, gran parte de la discusión de la política de crecimiento económico sostenible ira en torno al desarrollo de estrategias diseñadas para inducir una mayor Diversificación (Hackbart, 1975). Continuamente se realizan estudios por los investigadores para comprender las complejidades, los vínculos y el rendimiento de implementar políticas de diversificación económica, incluyendo: desarrollo y prueba, métodos empíricos fiables para medir la diversificación económica; comprensión del desempeño de diversos determinantes que impulsan la diversificación económica; y comprensión del efecto de varias políticas en el desarrollo sostenible (por ejemplo, impacto en el mercado laboral, generación de empleo, crecimiento de las exportaciones). Sin embargo, debido a la complejidad creada por las diferentes circunstancias nacionales, una estandarización concluyente en cuanto a estrategias no se ha logrado; sólo hay lecciones aprendidas de la experiencia para ser probadas y seguidas.

Hay muchos otros factores además del impacto de la implementación de medidas como respuesta para el impulso de la diversificación económica porque muchos de estos factores actúan al mismo tiempo y necesitan ser entendidos de manera holística. Además, los factores pueden variar ya sea por circunstancias nacionales, y los determinantes más cuantitativos a nivel de empresa. El Banco Mundial revisó varios impulsores de la diversificación económica en varios estudios y los agrupó en tres categorías: reformas económicas, factores estructurales y variables macroeconómicas. Un estudio reciente sobre 212 empresas exportadoras clasificó los impulsores como internos y externos, los impulsores internos incluyen los compromisos de exportación y la experiencia a nivel de personal y la estructura de los recursos humanos; mientras que los externos incluyen la intensidad competitiva y las distancias entre empresas exportadoras y los mercados (NavarroGarcía, 2016). Entre los determinantes económicos:

1. Productividad de las empresas: Las empresas son heterogéneas en sus niveles de productividad y solo las más productivas pueden convertirse en exportadores (Melitz, 2003). A medida que las empresas comienzan a exportar, inicialmente enfrentan mayores costos como resultado de su falta de conocimiento y experiencia. Su producción disminuye en este período. Eventualmente, a medida que la diversificación del mercado de exportación se mueve más allá de un nivel de umbral y las inversiones se acumulan, la expansión del mercado de exportación se traduce en menores costos promedio en el largo plazo y por lo tanto mayor productividad. Esto forma una relación en forma de U entre la diversificación de las exportaciones y la productividad empresarial (Xuefeng y Yaşar, 2016).
2. Ingresos (producto interno bruto per cápita): Los estudios para establecer la relevancia de los ingresos para la diversificación han estado presentes por mucho tiempo en la literatura. Sin embargo, una relación no lineal entre ellos se introdujo por primera vez en 2003 por Imbs y Wacziarg (2003), quienes estudiaron las etapas de diversificación a través de análisis econométrico. El estudio detectó una relación U-curva invertida entre la diversificación de los productos y el producto interno bruto (PIB) per cápita. Los resultados revelaron que los países de bajos ingresos tienen una estructura de producción muy especializada. Cuando aumenta el PIB per cápita de los países se tiene un efecto en la distribución sectorial de la actividad económica ya que esta se diversifica. Esta tendencia de diversificación disminuye con el aumento del PIB per cápita y después de un punto de inflexión que tiene lugar a un nivel de ingresos muy alto, la distribución sectorial sufre una respecialización. El punto de inflexión entre la especialización y la diversificación se encontró que estaba cerca del nivel de ingresos de USD 10,000 per cápita en 1985 de acuerdo con este estudio.

Más tarde, muchos estudios se centraron en estudiar esta relación utilizando diferentes conjuntos de datos, en su mayoría al disminuir la concentración de las exportaciones y el PIB per cápita, y se encontró la misma tendencia (Imbs y Wacziarg, 2003; Klinger y Lederman, 2006; Cadot., 2011). Estos estudios tienen importantes implicaciones para los países en desarrollo, como se señaló en un estudio conjunto realizado por las Naciones Unidas y la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) en la economía africana, estos hallazgos agregan peso al caso para la diversificación y servir como una precaución contra la búsqueda apresurada de la especialización cuando los niveles de crecimiento económico no son lo suficientemente altos (OCDE y Naciones Unidas, 2011). El tipo de cambio real, la inflación, las entradas netas de inversión extranjera directa (IED), los términos de comercio y la inversión como porcentaje del PIB son las variables macroeconómicas que pueden impulsar la diversificación económica. Un tipo de cambio sobrevaluado desalienta a los inversores de nuevas actividades debido a la reducción de rentabilidad. Se espera que la inflación reduzca la previsibilidad y, por lo tanto, disuade el desarrollo del sector privado.

Se ha encontrado que la IED afecta a diferentes sectores de manera diferente dependiendo de la elección del inversor en la selección del sector. Amighini (2014) encontró que la IED Sur-Sur tiene un impacto diferente al de la IED Norte-Sur en el continente africano. IED Sur-Sur acelera la transformación estructural al fomentar la diversificación en industrias clave de baja tecnología como la agroindustria y textiles y eleva la calidad media de fabricación las exportaciones. Sin embargo, existe una fuerte evidencia de que la IED afecta la composición sectorial de El empleo manufacturero y aumenta la diversificación horizontal de las

exportaciones. La magnitud real del efecto varía mucho según los países, dependiendo del stock de IED y la etapa de diversificación, dando lugar a una relación en forma de U casi invertida.

Los términos de intercambio están representados por la relación entre el precio de los bienes y los servicios de exportación (índice de precios de exportación) al de importación de bienes y servicios (índice de precios de importación). Los términos de intercambio más altos pueden aumentar la concentración de las exportaciones ya que los factores de producción son reasignados a los pocos sectores principales para los cuales los precios de producción han aumentado. Por otro lado, los términos de intercambio más altos pueden llevar a una mayor rentabilidad de las exportaciones y dar lugar a una mayor diversificación. Una alta proporción de la inversión de capital, como porcentaje del PIB, tiene un impacto positivo en la diversificación.

La diversificación de las exportaciones también se ve afectada por el volumen de exportaciones en un escenario de competencia monopolística. La relación entre las exportaciones y los productos nacionales está directamente relacionada con la relación entre las exportaciones y el consumo interno o las ventas. Por lo tanto, el volumen de exportación también afecta la diversidad de las exportaciones. Además, la distancia entre los mercados y el tamaño de los mercados de destino (tamaño del país) afectan la diversidad del comercio bilateral (Amurgo-Pacheco y Pierola, 2008; Navarro-García, 2016). Los elementos expuestos anteriormente se consideran los determinantes más relevantes y robustos de la diversidad de las exportaciones, una vez controlado el PIB per cápita (Parteka y Tamberi, 2008). Estos hallazgos son consistentes con un estudio anterior que mostró que la distancia entre los centros de comercio y acceso a los mercados (a través de acuerdos comerciales bilaterales y multilaterales, es decir, la liberalización del comercio) son determinantes clave de la diversificación (Dutt, 2009).

La liberalización comercial (es decir, la eliminación o reducción de las barreras al comercio entre países) facilita la competencia y la inversión y contribuye a crear empleos e incremento de los ingresos (OCDE, 2011). La liberalización del comercio o el acceso abierto a los mercados que generalmente se mide como una relación de exportaciones e importaciones a PIB. La liberalización comercial trae beneficios para los consumidores debido a la disponibilidad de productos importados a bajo costo. Las empresas también se benefician al tener más oportunidades para exportar y esto constituye ganancias a corto plazo durante la crisis económica. Las ganancias a largo plazo provienen de la reasignación de los recursos laborales en todos los sectores y del crecimiento de la productividad laboral (OCDE, 2011). El acceso a mercados abiertos también tiene impactos positivos en el factor total de productividad, aumentando así el número de empresas que son capaces de exportar y por lo tanto proporcionando el potencial para una mayor diversificación de las exportaciones (Agosin, 2012; Melitz, 2003). Un estudio reciente que utiliza un modelo de estado estable observó que la apertura comercial tenía un Impacto positivo en el desempeño de las exportaciones en los países miembros de la OCDE (Ratnaik, 2012).

El acceso al financiamiento se mide como la participación del crédito interno en la participación del crédito del sector privado en el PIB. Este valor puede ser extraído de la base de datos de indicadores de desarrollo del Banco Mundial. Las empresas que obtienen servicios financieros tienen Impactos positivos en la diversificación de las exportaciones. Pequeñas y medianas empresas han sido identificados como las principales entidades que tienen una fuerte restricción y muchas políticas de

estado implementando en donde lo principal es la iniciativa para mejorar el acceso (International Finance Corporación, 2013; Comisión Europea, 2016).

Factores estructurales, incluida la población de un país, el capital humano y la calidad de instituciones, tienen un impacto positivo en la diversificación económica. Diversificación aumenta a medida que aumenta la población ya que las empresas locales tienen acceso a un mercado más grande y así se benefician de las economías de escala. El capital humano permite que las economías cambien sus patrones de especialización de productos primarios a productos manufacturados más intensivos en conocimiento. Las instituciones políticas y económicas fomentan la confianza en los negocios y cultivan el desarrollo de nuevas actividades empresariales mediante la creación de un ambiente de inversión amigable.

Cuadro 5. Determinantes y sus impactos en la diversificación económica

Determinante	Impacto en la diversificación económica
Reformas económicas: Tratados de libre comercio y acceso a las finanzas	Impulso positivo a la diversificación de las exportaciones a niveles extensivos e intensivos, incluida la liberalización comercial unilateral
Determinante económico: Ingreso (PIB) y productividad	El margen extensivo conduce a una mejor relación entre el índice Theil y el PIB
Variables macroeconómicas: Tipo de cambio real, inflación, términos de intercambio y acceso preferencial al mercado	El acceso preferencial al mercado tiene un impacto tanto en los márgenes intensivos como extensivos
Entradas netas de inversión extranjera directa (como porcentaje del PIB)	Concentra los valores de exportación en algunos productos y por lo tanto incrementa la concentración en el margen intensivo
Inversión como cuota del PIB	Impacto positivo
Factores estructurales: Población del país, capital humano, calidad de las instituciones y la educación	Calidad de las instituciones, población mas grande y una educación buena tiene impactos positivos, un aumento del 10% en años de escolaridad tiene un efecto a la baja del el índice Theil en 1.1% además de que beneficia el número de productos
Infraestructura	Mejor infraestructura incrementa la diversificación tanto en el margen intensivo como extensivo, la infraestructura parece ser un importante conductor de la diversificación, un aumento del 10% en infraestructura permite reducir en 0.7% el índice Theil
Lejanía (distancia entre los mercados comerciales)	Negativo (mayor distancia, baja diversificación, alto índice de concentración) disminuye el margen extensivo y por lo tanto el número de productos
Determinantes no económicos: Volumen de los productos, numero de productos y volumen de los mercados comerciales	Impacto positivo ya que aumenta el margen extensivo de la economía

Fuente: Longmore R, Jaupart P and Cazorla MR. 2014. Toward Economic Diversification in Trinidad and Tobago. World Bank Policy Research Working Paper No. 6840

En las últimas décadas, la economía mundial ha experimentado una ola de integración económica sin precedentes. La integración económica no es un fenómeno nuevo, pero se intensificó especialmente desde la década de 1990. La integración ha facilitado la interdependencia de las actividades económicas y ha estimulado un rápido crecimiento en el comercio transfronterizo y los flujos de capital. El volumen del comercio ha aumentado significativamente en relación con la producción mundial. El comercio de bienes y servicios como parte del PIB mundial aumentó

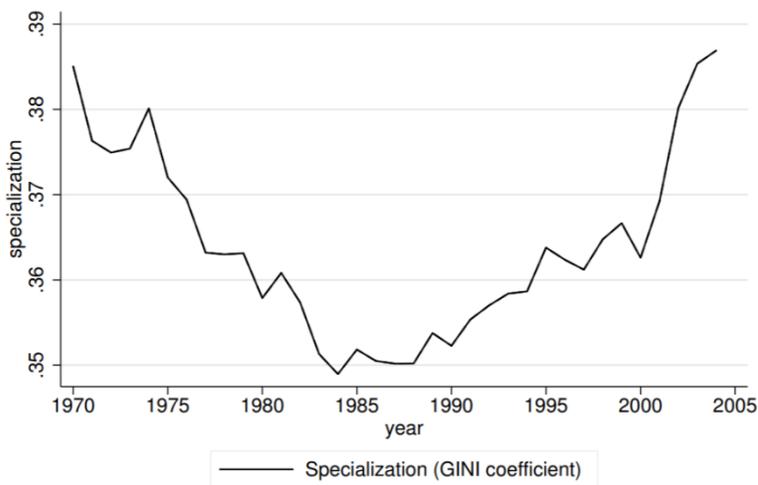
alrededor del 15 por ciento a principios de la década de 1980 a alrededor del 25 por ciento antes del comienzo de la crisis en 2007 (Dées y Zorell, 2012).

La relación comercio / PIB ha aumentado en todos los países principales, aumentado en promedio, alrededor de 15 puntos porcentuales en los países de la OCDE durante el período 1990-2007. Mientras tanto, los flujos globales de capital han crecido aún más rápido que el comercio mundial. Los flujos de capital transfronterizos brutos han aumentado alrededor del 5 por ciento del PIB mundial a mediados de la década de 1990 a alrededor del 20 por ciento en 2007 (OCDE, 2011). El aumento en los flujos internacionales de capital ha llevado a la correspondiente proliferación de activos y pasivos extranjeros.

Si bien la integración económica es un catalizador para el desarrollo, también es un proceso implacable que conlleva cambios y requiere ajustes. La eliminación de las barreras comerciales y financieras ha reducido significativamente los costos de las transacciones internacionales. La movilidad mejorada resultante de capital, trabajo y tecnología, combinada con las mejoras en los enlaces de transporte y comunicación ha facilitado la reubicación de la producción en todos los sectores y el espacio geográfico y, en consecuencia, ha llevado a cambios considerables en la composición industrial de los países.

En la imagen se ilustra que la especialización industrial, es decir, la concentración de industrias ha aumentado constantemente durante el mismo período. La tendencia creciente se manifiesta tanto en toda la actividad económica como en el sector manufacturero.

Cuadro 6. Desarrollo de la especialización



Fuente: Desarrollado por EU KLEMS (2008)

Es deseable una mayor especialización, ya que mejora la eficiencia y la competitividad de un país y, en consecuencia, tiene importantes implicaciones para el bienestar (Eckel, 2008). Sin embargo, los países con estructuras de producción especializadas son más vulnerables a los choques asimétricos, un tema de particular importancia para los países que tomaron el camino de la especialización para el desarrollo. La apertura comercial y financiera puede dar forma a la dinámica de la especialización industrial, creando potencialmente más respuestas simétricas a la presencia de un shock. La

apertura financiera, por ejemplo, puede contribuir a la especialización industrial, ya que las empresas pueden obtener préstamos del exterior para diferenciar su producción, pero también facilita mejores oportunidades de compartir riesgos, ya que el riesgo de endeudamiento se comparte en diferentes países.

Las primeras teorías comerciales predicen que la reducción de los costos comerciales tiende a aumentar el comercio entre industrias, es decir, el comercio de bienes en todas las industrias. El argumento principal es que el primero facilita la forma en que los países explotan las ventajas comparativas debido a las diferencias entre países en tecnología o dotación de factores (Ohlin, 1933; Ricardo, 1817), lo que a su vez resulta en una divergencia de las estructuras de producción entre países. Sin embargo, las nuevas teorías comerciales (Krugman, 1979, 1980; Krugman y Venables, 1990) enfatizan la importancia de aumentar los rendimientos a escala y la diferenciación de productos para facilitar el comercio intra-sectorial, es decir, el comercio de bienes entre países que pertenecen a la misma industria. Como resultado, estas teorías predicen que la integración comercial inducirá un cambio de industrias de retorno creciente hacia países con buen acceso al mercado ("el núcleo"), es decir, el efecto del mercado interno. Las teorías de la nueva geografía económica (Krugman, 1991; Venables, 1996) enfatizan las fuerzas de aglomeración espacial en la configuración de los patrones de especialización y sugieren una relación no monotónica entre la liberalización del comercio y la ubicación de las actividades económicas, dependiendo del nivel de los costos del comercio.

La relación entre integración económica y especialización a través de dos canales separados que son la apertura comercial y financiera, se encontró una relación estadísticamente significativa y positiva entre la apertura comercial y la especialización, lo que sugiere que una mayor apertura al comercio exterior induce una estructura industrial más especializada y un efecto positivo estadísticamente significativo de la apertura financiera en la especialización, estos hallazgos se encontraron en el trabajo presentado por Kalemli-Ozcan (2003) sobre la justificación del riesgo compartido, y posteriormente confirmado por Basile & Girardi (2010) e Imbs (2004).

En términos de magnitud, el impacto de la apertura comercial parece ser mayor que el de la apertura financiera. Además, los resultados revelan que la apertura comercial tiene una relación más fuerte con la especialización en países con bajos niveles de comercio intraindustrial. La apertura financiera tiene una relación más fuerte con la especialización en países con sistemas financieros más desarrollados, aunque este efecto complementario no parece ser muy fuerte.

En segundo lugar, también se mostró que el papel de la apertura comercial (financiera) se ve reforzado por el grado de apertura financiera (comercial). En el trabajo presentado por Kalemli-Ozcan (2003) indica que la apertura comercial y financiera se complementan para configurar la especialización industrial en todos los países. Además, la apertura comercial coincide con una mayor especialización para todos los niveles de apertura financiera, mientras que la apertura financiera coexiste con altos grados de especialización solo si los países están suficientemente abiertos al comercio. Estos hallazgos ampliados por Imbs (2004) al ofrecer ideas adicionales para comprender la apertura comercial y financiera como determinantes conjuntos de la especialización en todos los países. Una de las principales implicaciones de los resultados es la importancia que recalca de profundizar simultáneamente la integración comercial y financiera. Los países que explotan la integración en ambas líneas pueden esperar obtener un mayor beneficio de la integración, mientras

se aseguran contra choques idiosincráticos. Sin embargo, ambos efectos dependen de manera crucial del grado del comercio intraindustrial y el nivel de desarrollo del sistema financiero nacional. Por un lado, los países con más comercio intraindustrial y un bajo nivel de desarrollo financiero pueden no obtener grandes beneficios de la especialización. Por otro lado, los países con mayores niveles de comercio intraindustrial y un nivel relativamente alto de desarrollo financiero pueden obtener el máximo provecho del aumento de la integración comercial y financiera, ya que el primero les permitirá cosechar los frutos de la ventaja comparativa y en segundo lugar puede mejorar la distribución de riesgos.

El problema de definir las direcciones eficientes para la diversificación no puede ser resuelta esencialmente dentro del marco de una determinada región, ya que este es un problema de entrada de productos y servicios regionales a nuevos mercados o ampliación de presencia en mercados existentes. Esto debe ser estudiado teniendo en cuenta las interrelaciones interregionales, lo que permite evaluar la dirección de la especialización que tenga un beneficio mutuo para las regiones.

En la práctica, la selección de la combinación óptima de estrategias de diversificación y especialización en las regiones es muy difícil debido al carácter complejo y múltiple del problema, las dificultades para formalizar estrategias alternativas, problemas de información, y la ausencia de medidas y criterios generalmente aceptados para la diversificación o especialización de una economía regional. Casi todas las estrategias de desarrollo socioeconómico elaboradas y adoptadas para la innovación se destinan a la creación de distritos para regiones individuales. La tendencia de las regiones aisladas para diversificar la economía puede llevar tanto al cierre de mercado regional debido a los intentos de desarrollar todo tipo de industrias en la región y una mayor competencia en mercados interregionales debido a la fabricación de los mismos productos en regiones competitivas.

En realidad, las posibilidades de una política estructural independiente dirigida a la diversificación para la mayoría de las regiones con bajo potencial económico son bastante limitadas. Las autoridades pueden resolver problemas de diversificación de una economía regional sólo mediante la creación de condiciones para atraer nuevas industrias al territorio que tendría el efecto de ampliar la gama de productos y servicios producidos en la región. Igualmente, en el caso de la especialización se sugiere que una mayor apertura al comercio exterior induce una estructura regional más especializada por lo tanto se deben promover políticas enfocadas a impulsar las ventajas de la región, como se expuso uno de los requisitos para poder lograrlo es un sistema financiero desarrollado debido al riesgo compartido y que al final les permita a las regiones integrarse al comercio mundial.

## **2.2 Aglomeración en la Zona Metropolitana del Valle de México**

La Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM o Valle de México) es el centro económico, financiero, político y cultural de México. El Valle de México produce casi un cuarto del Producto Interno Bruto (PIB) nacional. Según la definición de zona metropolitana, comparable internacionalmente, utilizada por la OCDE, el Valle de México representa el 17% de los habitantes y el 18% de los empleados de México, quienes producen el 23% del PIB del país.

Como se indicó en la introducción, hay dos dimensiones generales de las economías de aglomeración, y ambas reciben una gran atención tanto en el mundo académico como en la política

gubernamental. Primero, está el concepto de economías de urbanización. Este concepto destaca los beneficios de la variedad de una economía diversificada para el intercambio de conocimientos complementarios entre los actores económicos (Isard 1956; Jacobs 1969). Se considera que las ideas y la innovación son el resultado de un proceso de intercambio entre diferentes campos del conocimiento. Como señaló Jacobs (1969), las fuentes de conocimiento relevantes a menudo no se encuentran necesariamente dentro, sino más allá del propio entorno industrial. Una estructura industrial más diversificada puede proporcionar acceso a conocimientos tecnológicos diferentes y complementarios y, por lo tanto, favorecer actividades innovadoras.

Estas explicaciones dan como resultado puntos en los que están de acuerdo los académicos que estudian la diversificación, en consecuencia, los partidarios de este punto de vista enfatizan los beneficios resultantes de una fuerte estructura industrial diversificada. Sin embargo, las economías de urbanización también describen los beneficios de la extensión y la densidad de una región en general y, por lo tanto, subrayan la importancia del tamaño de una región aglomerada. Ambas subcategorías de economías de urbanización, es decir, el tamaño y la diversificación, están fuertemente interconectadas. Los patrones diversificados de actividad económica regional tienen más probabilidades de ocurrir en regiones densamente pobladas. Las grandes áreas urbanas también brindan a los mercados a gran escala una gran cantidad de clientes y proveedores potenciales, así como infraestructura de transporte y comunicación a la vanguardia tecnológica. Por lo tanto, las grandes áreas urbanas favorecen menores costos de transporte.

Recientemente, un nuevo enfoque extiende este marco de urbanización original ya que se argumenta que la variedad en sí misma debe ir acompañada de competencias y conocimientos compartidos entre diferentes industrias. Si existen complementariedades, la llamada "variedad relacionada", el conocimiento se extenderá de manera más efectiva (Frenken et al., 2007; Boschma e Immario, 2009).

Otra dimensión de las economías de aglomeración enfatiza la importancia de una (o pocas industrias estrechamente relacionadas) espacialmente concentradas para la difusión del conocimiento regional, la competitividad de las empresas y la innovación (Marshall, 1920; Arrow, 1962; Romer, 1986). La suposición general detrás de este flujo de investigación es que los derrames de conocimiento más importantes pueden ocurrir entre empresas geográficamente próximas de la misma industria. Teniendo en cuenta que los derrames de conocimiento parecen estar limitados geográficamente (por ejemplo, Jaffe, Trajtenberg y Henderson 1993; Anselin et al., 1997; Zucker, Darby y Brewer 1998), ubicarse cerca de las fuentes de desbordamientos se vuelve crucial para su explotación (Audretsch y Feldman 1996). Por lo tanto, una distribución más homogénea de los conocimientos y habilidades de las empresas dentro de las aglomeraciones industriales crea una base sólida para la comunicación intensa y los procesos de cooperación.

Siguiendo a Marshall, un mercado laboral especializado, los proveedores especializados y las empresas de servicios que permiten los vínculos dentro de la industria son factores clave que determinan las ventajas de esas economías de localización (también llamadas externalidades Marshall-Arrow-Romer (MAR), Glaeser et al., 1992). Además, Porter (1990) enfatiza los efectos positivos de la competencia local intensificada, que podría conducir a actividades de crecimiento e innovación. Teniendo en cuenta los esfuerzos de innovación en particular, una industria espacialmente concentrada actúa como catalizador para el intercambio de experiencias y la

transferencia de información y conocimiento valiosos, particularmente conocimiento tácito no codificado (Baptista y Swann 1998). La transferencia de este tipo de conocimiento requiere interacciones personales frecuentes entre los actores y es difícil de realizar a grandes distancias (Malmberg y Maskell 1997). Otro canal importante para la transferencia de conocimiento relacionado con la innovación dentro de las aglomeraciones industriales es el efecto resultante de una mayor movilidad de trabajadores calificados (Marshall 1920; Krugman 1991). Los costos de búsqueda para empleadores y trabajadores también disminuyen en las aglomeraciones industriales. Por lo tanto, los derrames de conocimiento se generan a través de la transmisión y difusión de conocimientos y habilidades encarnadas en individuos (por ejemplo, ingenieros o investigadores).

Estos conceptos teóricos de las economías de aglomeración no deben entenderse como mutuamente excluyentes, ya que las economías de localización pura están presentes en una región y las economías de urbanización pura en otra región. Las áreas urbanas particularmente grandes proporcionan terrenos fértiles para la presencia de ambas alternativas, tal vez una que refuerza a la otra. Una ciudad particular con una alta especialización en una industria específica puede generar economías MAR en este campo, mientras que al mismo tiempo una mezcla equilibrada de las otras industrias puede generar economías de Jacobs. La siguiente sección presenta una breve descripción de los estudios empíricos que intentan desenredar la compleja relación entre las economías de aglomeración y el crecimiento regional.

Hasta la fecha solo hay poca evidencia para la Zona Metropolitana del Valle de México sobre los efectos de la especialización y la diversificación en el crecimiento regional. Al igual que en otros países, no está claro si las economías de aglomeración (localización y urbanización) tienen efectos positivos, negativos o incluso ningún efecto sobre el crecimiento regional. Una revisión exhaustiva de la literatura no es el enfoque principal de este artículo. A continuación, presentamos los resultados de estudios seminales y más recientes que son adecuados para ilustrar la situación actual del debate sobre urbanización versus localización.

Entre las medidas existentes de crecimiento económico regional, como resultado de la disponibilidad de datos, el crecimiento del empleo (en términos absolutos y relativos) es la variable dependiente más frecuente en los estudios empíricos de las economías de aglomeración (Beaudry y Schiffauerova, 2009). Investigando el crecimiento de grandes industrias en 170 ciudades de EE. UU., En un artículo seminal Glaeser et al. (1992) no encuentran evidencia de la importancia de los efectos indirectos tecnológicos dentro de la industria para el empleo en la industria crecimiento.

Sin embargo, se encuentra que las externalidades de Jacobs ejercen un impacto positivo, y la competencia local también es propicia para el crecimiento del empleo en la industria. Asumen que la especialización regional podría ser menos importante para las industrias maduras que para las industrias al comienzo de su ciclo de vida. Usai y Paci (2003) identifican una relación negativa entre las regiones especializadas del mercado laboral en Italia y el crecimiento regional del empleo, y un impacto positivo de una estructura industrial diversificada. Forni y Paba (2002), sin embargo, también encuentran evidencia de externalidades positivas de MAR en Italia. Combes (2000a) diferencia entre industrias manufactureras y servicios en Francia. Mientras que para las industrias manufactureras se encuentran externalidades negativas de ambos tipos (MAR- así como externalidades de Jacobs), el sector de servicios muestra efectos positivos de urbanización.

Para el caso de la ZMVM en particular, existe poca evidencia empírica hasta ahora. Con respecto al crecimiento del empleo, en un principio Suedekum y Blien (2005) afirmaron que las externalidades juegan un papel importante y en especial las externalidades MAR solo están presentes en el sector de servicios. Blien, Suedekum y Wolf (2006), por otro lado, ampliaron el estudio y encontraron que las externalidades MAR positivas se encuentran en los sectores de fabricación y servicios. En ambos estudios, se detectan externalidades positivas de Jacobs. Una minoría de estudios empíricos mide la productividad directamente como variable dependiente para estudiar el impacto de las economías de aglomeración. Por ejemplo, Cingano y Schivardi (2004) sostienen que la detección de externalidades negativas de MAR podría resultar del uso del crecimiento del empleo y no de la productividad como indicador del crecimiento regional. Apoyan este argumento al mostrar a las regiones italianas del mercado laboral que el crecimiento del empleo está relacionado negativamente con la especialización y la diversificación. El crecimiento de la productividad, en cambio, se ve afectado positivamente por la especialización.

De Lucio, Herce y Goicolea (2002), Dekle (2002) y Henderson (2003) obtienen hallazgos similares, aunque estos estuvieron restringidos a industrias específicas. Por ejemplo, Henderson (2003) confirma las ventajas de localización (medidas como el número de plantas de la propia industria) solo para las industrias de alta tecnología, pero no en otras industrias manufactureras. No encuentra evidencia de ventajas de urbanización en estas industrias de alta tecnología. Neffke (2008) presenta otro enfoque que vincula los ciclos de vida de la industria y las economías de aglomeración, en este estudio asumen que las industrias específicamente jóvenes se ven afectadas por la diversidad regional, pero esta dependencia disminuye a medida que aumentan los procesos de estandarización. Utilizando datos de 30 años sobre la evolución de las regiones del mercado laboral sueco, sus resultados indican que, si bien las externalidades de Jacobs se vuelven menos importantes con el aumento de la madurez, la importancia de las externalidades MAR está aumentando. En general, los estudios que utilizan la productividad tienden a encontrar economías de localización positivas, pero rara vez economías de urbanización.

Otro conocido artículo, Feldman y Audretsch (1999) no respaldan empíricamente la tesis de que la especialización de una industria en particular en una región (medida en términos de una tasa de especialización como ya se utiliza en Glaeser et al. (1992)) promueve producción innovadora de empresas en esa región. En contraste, su investigación de los determinantes de las innovaciones de productos en las industrias manufactureras de las ciudades de EE. UU. Revela un impacto positivo de una actividad económica diversificada. En un análisis más reciente de la productividad de patentes en áreas metropolitanas de EE. UU., Lobo y Strumsky (2008) notan una relación estadísticamente positiva entre la productividad de patentes de áreas metropolitanas y la medida en que las tecnologías e industrias se especializan en esa región.

Antes del modelo basado en agentes, esta sección presenta algunos hechos sobre los efectos potenciales de la localización y la urbanización en la Zona Metropolitana del Valle de México. Las siguientes subsecciones describen el crecimiento urbano, que se define como el crecimiento del empleo dentro de una ciudad, el grado de especialización económica, el grado de diversificación económica y algunos datos sobre el tamaño de los municipios de la ZMVM. Al final de esta sección se examina la interrelación entre estos temas.

### 2.2.1 Principales resultados de la especialización y diversificación de los municipios de la ZMVM

Para medir tanto el desarrollo del empleo como las estructuras industriales de los municipios, nos referimos a los datos oficiales de empleo. Estos datos se obtuvieron de las estadísticas de censos económicos que realizó INEGI. Nuestro conjunto de datos cubre información sobre una base anual de dos períodos 2004 y 2014. Si bien esta base de datos tiene el enorme beneficio de registrar ubicaciones separadas de empresas de múltiples establecimientos, una desventaja es que solo se registran los empleados que participan en el sistema de seguro social mexicano. No se consideran a los autónomos ni trabajadores independientes. Dado que la proporción de trabajadores independientes difiere entre las industrias, este hecho puede sesgar los resultados, ya que las industrias con una alta proporción de trabajadores independientes (como la industria de los medios, Scott 2000) están más bien ubicadas en aglomeraciones urbanas que en áreas rurales. Sin embargo, suponiendo una proporción no variable entre los empleados que participan en el sistema de seguro social y los trabajadores independientes, al menos la comparación de la dinámica de industrias específicas en diferentes ciudades no se ve afectada.

Como indicador del grado de diversificación económica, aplicamos el índice Hirschman Herfindahl, que es la medida más común para las externalidades de Jacobs (Beaudry y Schiffauerova, 2009). El índice Hirschman-Herfindahl (HHI) de una ciudad  $r$  surge de la suma de las cuotas de empleo al cuadrado de varias industrias  $i$  en la ciudad específica ( $L_{i,r} / L_r$ ) (Ecuación). Un HHI bajo indica una fuerte diversificación de la estructura económica de la ciudad. La tabla muestra los cinco municipios de la ZMVM con la mayor y menor diversificación económica en los años 2004 y 2014.

$$HHI_r = \sum_{i=1}^I (L_{i,r}^{03} / L_r^{03})^2$$

La diversificación en la ZMVM entre los años 2004 y 2014 muestra que los municipios con mayor diversificación a lo largo de los años no han cambiado, se muestra que aquellas ciudades con una alta especialización económica son a menudo también las ciudades menos diversificadas. Se debe tener en cuenta que, aunque estas relaciones parecen obvias, no son sencillas. En realidad, las economías de localización y urbanización no son mutuamente excluyentes; pueden estar presentes simultáneamente (Beaudry y Schiffauerova 2009).

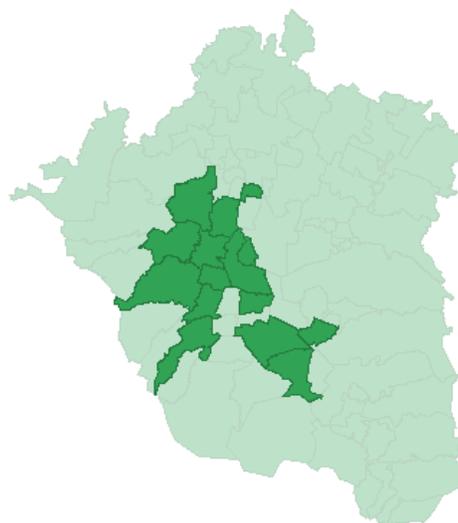
Tabla 1.1 Diversificación Municipios 2004

Municipios Mayor diversificación	Diversificación 2004	Municipios Menor diversificación	Diversificación 2004
002 Azcapotzalco	0.038589005	017 Ayapango	1
104 Tlalnepantla de Baz	0.075918947	125 Tonanitla	1
007 Iztapalapa	0.08262252	022 Cocotitlán	0.666351607

057 Naucalpan de Juárez	0.083697906	094 Tepetlixpa	0.656141869
-------------------------	-------------	----------------	-------------

Fuente: Elaboración propia con datos del censo económico INEI

Municipios Mayor Diversificación 2004



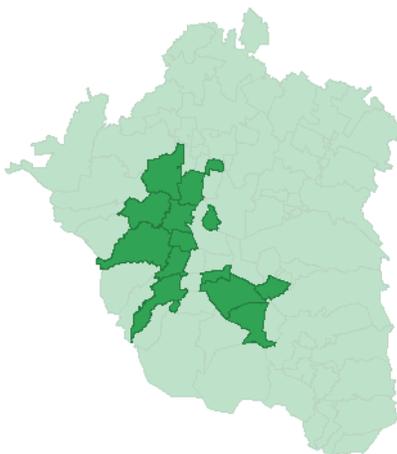
Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI

Tabla 1.2 Municipios diversificación 2014

<b>Municipios Mayor diversificación</b>	<b>Diversificación 2014</b>	<b>Municipios Menor diversificación</b>	<b>Diversificación 2014</b>
104 Tlalnepantla de Baz	0.081746385	023 Coyotepec	0.747588127
007 Iztapalapa	0.082457738	038 Isidro Fabela	0.643050297
057 Naucalpan de Juárez	0.086498565	089 Tenango del Aire	0.631872
013 Atizapán de Zaragoza	0.089304833	015 Atlautla	0.570505051
006 Iztacalco	0.093767545	094 Tepetlixpa	0.537368853

Fuente: Elaboración propia con datos del censo económico INEI

Municipios Mayor Diversificación 2014



Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI

En esta sección examinamos la relación entre el tamaño de la ciudad y la diversificación, así como la diversificación económica de los municipios de la ZMVM en 2004 y 2014 y el crecimiento de la densidad poblacional en los años siguientes. Anteriormente, estábamos midiendo la diversificación de los municipios por el número de empleos dentro de la industria manufacturera. La tabla 2.1 muestra la distribución del tamaño de los municipios con su nivel de diversificación de nuestra muestra. Además, muestra la distribución esperada de acuerdo con la correlación entre tamaño y diversificación. La regla básica en el caso del tamaño de la ciudad establece que la distribución de diversificación resultante en una ciudad se caracterizará por una ciudad más grande para un mayor nivel de diversificación, mientras que con otras ciudades disminuirán en tamaño según corresponda un nivel menor de diversificación, pero un mayor nivel de especialización.

En la actualidad el Valle de México tiene más de 20 millones de habitantes, cifra que equivale al 17% de la población nacional. Poco menos de la mitad de la población de la zona metropolitana vive dentro de la Ciudad de México. Si bien el crecimiento de la población se ha desacelerado notablemente en el Valle de México, durante la última década promedió 1.2% anual y la población en las zonas periféricas creció más rápido que la del núcleo urbano. Esto se sumó a la expansión de la zona urbana, por lo que se incrementó la necesidad de mejor y mayor infraestructura urbana. Afortunadamente, al expandirse la zona urbana no se ha reducido la densidad urbana. En comparación con ciudades europeas u otras ciudades latinoamericanas, el Valle de México mantiene una población bastante densa de 13 500 habitantes por km<sup>2</sup>. Efectivamente, las tablas 2.1 y 2.2 muestran la relación entre el tamaño de la ciudad y la diversificación económica. Para una presentación gráfica clara, excluimos algunos valores atípicos. Los resultados indican que las ciudades más grandes tienen la estructura económica más diversificada. Sin embargo, con respecto a las ciudades medianas, la relación entre el tamaño de la ciudad y la diversificación económica no es visible.

Tabla 2.1 Relación entre diversificación y densidad poblacional 2004

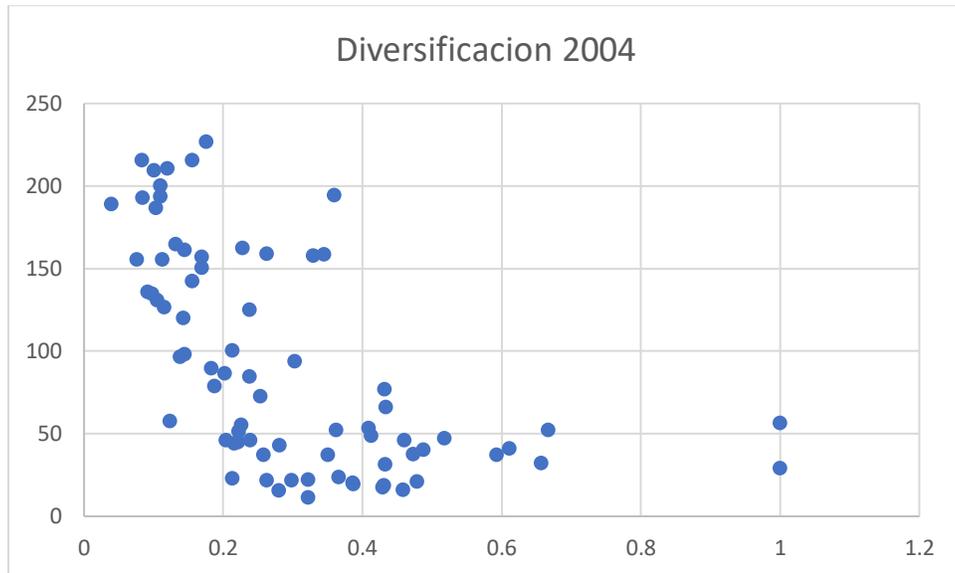
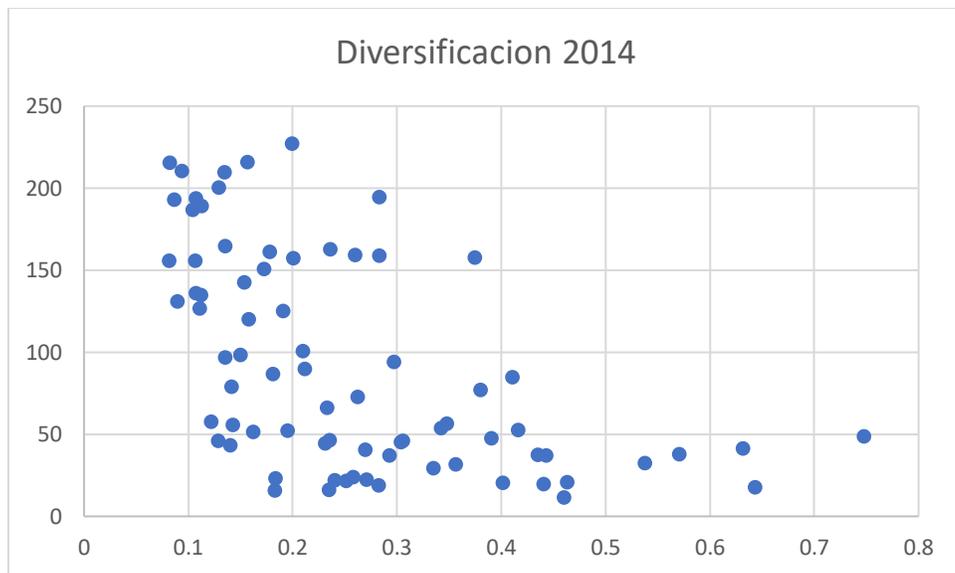


Tabla 2.2 Relación entre diversificación y densidad poblacional 2014



Como se indicó en la sección teórica, la especialización de la industria en una ciudad puede promover las economías MAR. Hay una multiplicidad de indicadores, que capturan el grado de especialización de la industria de las actividades económicas. En el nivel de Combinaciones de

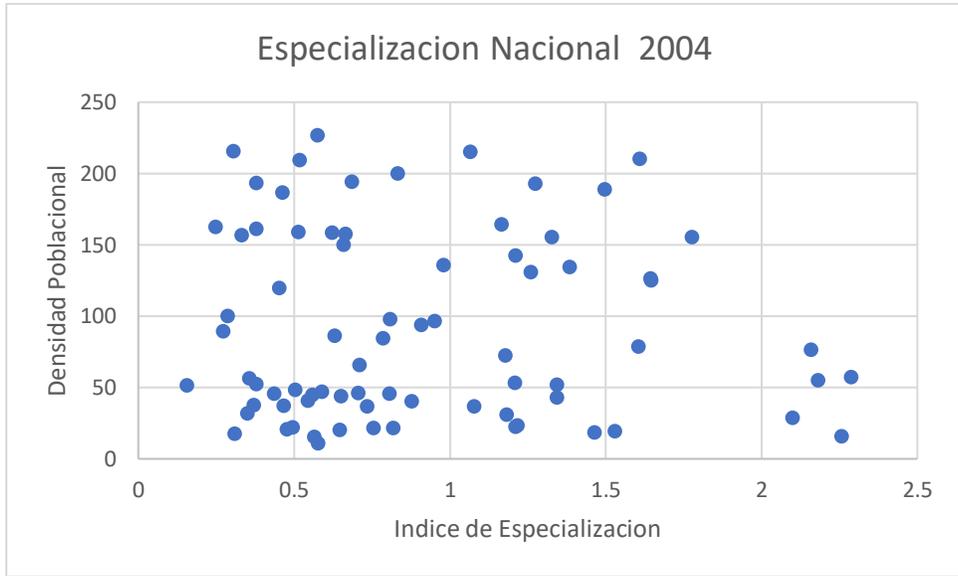
Región-Industria (IRC) (una industria específica en una región específica) se utilizó la tasa de especialización (o cociente de ubicación) para representar el grado de especialización económica (Hornych y Schwartz, 2009). La tasa de especialización se define como la proporción del empleo regional total representado por un empleo industrial particular en esa región ( $L_{ir} / L_r$ ) en relación con esta participación en la economía mexicana ( $L_i / L$ ).

$$LQ_{ir} = \frac{L_{ir} / L_r}{L_i / L}$$

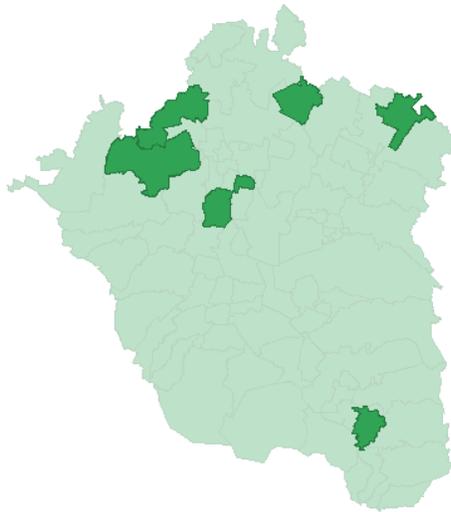
Una tasa de especialización mayor que uno indica la relevancia de una industria por encima del promedio en esta ciudad en particular. Cuanto mayor sea el valor resultante para un IRC dado, más especializada es la industria respectiva en la ciudad correspondiente. La tasa de especialización permite medir los potenciales de externalidades MAR en el nivel de IRC. Con respecto a estos potenciales en el nivel de una ciudad, debemos agregar estos potenciales para todas las industrias. Mientras más sectores en una ciudad muestren altas tasas de especialización, más diverge la estructura económica general de la ciudad de la estructura económica promedio de un área superior (en nuestro caso México).

Tabla 3.1 Especialización Municipios 2004

Municipios mayor especialización	Especialización 2004	Municipios menor especialización	Especialización 2004
069 Tizayuca	2.287489984	030 Chiconcuac	0.155749001
061 Nopaltepec	2.25671428	008 La Magdalena Contreras	0.246863329
095 Tepotzotlán	2.181076473	004 Cuajimalpa de Morelos	0.273164406
035 Huehuetoca	2.159456815	037 Huixquilucan	0.286735948
017 Ayapango	2.099698044	015 Cuauhtémoc	0.305591038



**Municipios Mayor Especialización 2004**

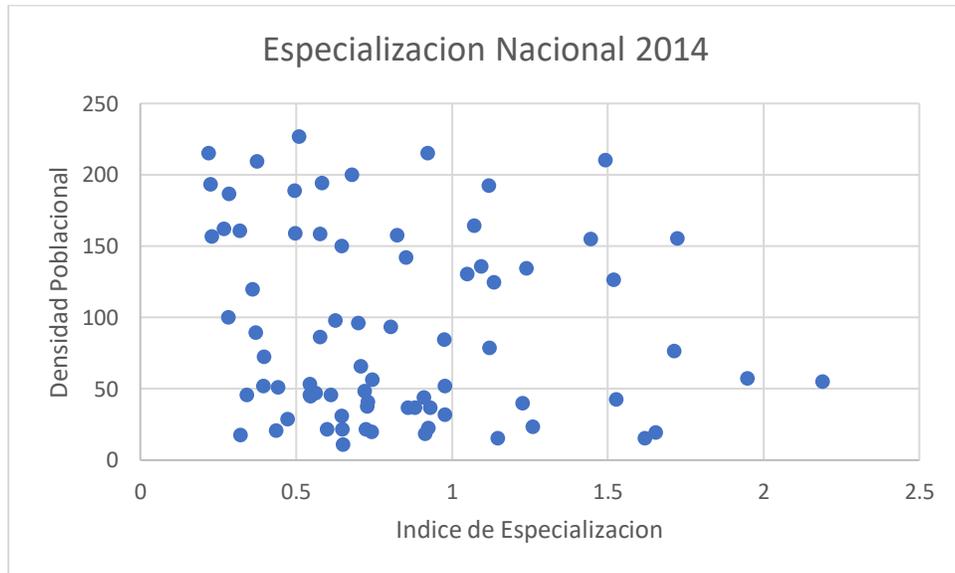


Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI

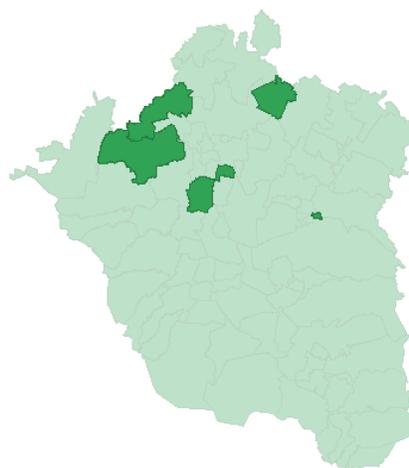
**Tabla 3.2 Especialización Municipios 2014**

Municipios mayor especialización	Especialización 2014	Municipios menor especialización	Especialización 2014
095 Tepozotlán	2.189257424	015 Cuauhtémoc	0.21864196
069 Tizayuca	1.948079026	010 Álvaro Obregón	0.224373443

109 Tultitlán	1.723996459	014 Benito Juárez	0.23022765
035 Huehuetoca	1.713325619	008 La Magdalena Contreras	0.26771881
069 Papalotla	1.654860322	037 Huixquilucan	0.281962058



Municipios Mayor Especialización 2014



Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI

Esto indica que la ciudad en particular realiza una tarea específica en el sistema de ciudades (Lösch 1940), que puede basarse en la generación de economías de localización. Aplicamos el Índice de Especialización de Krugman (KSI) para medir el grado general de especialización económica de los municipios de la ZMVM (Krugman 1991, p. 75). El KSI de una ciudad surge de la suma de los valores absolutos de las diferencias de la participación del empleo de una industria  $i$  en la ciudad específica ( $L_{ir} / L_r$ ) y la participación del empleo de la industria  $i$  en toda México ( $L_i / L$ ).

$$KSI_r = \sum_{i=1}^I \left| \frac{L_{i,r}}{L_r} - \frac{L_i}{L} \right|$$

El KSI varía de 0 a 2. Un KSI alto indica una fuerte desviación de la estructura económica general (en nuestro caso, México). Un KSI de cero corresponde a una estructura industrial idéntica de la ciudad con el resto de México.

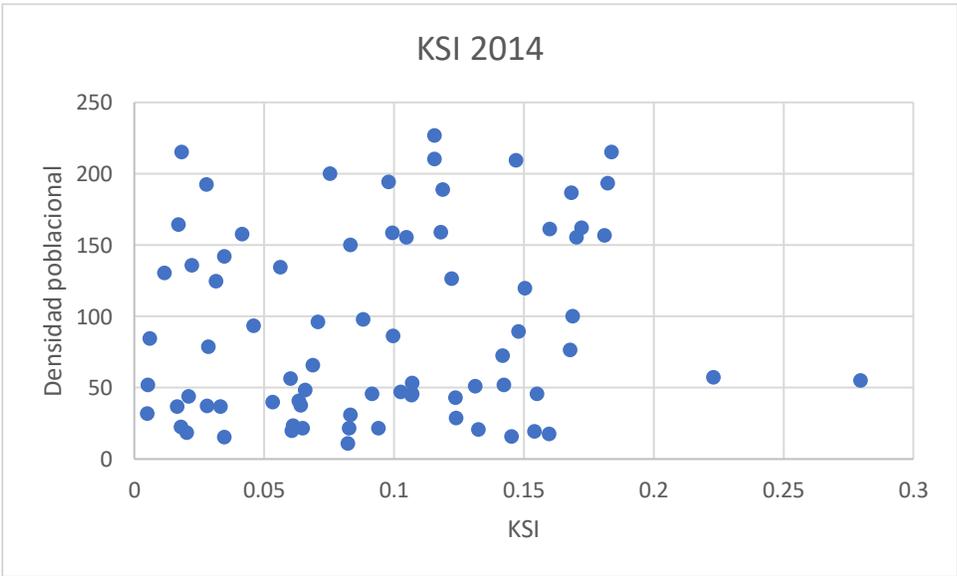
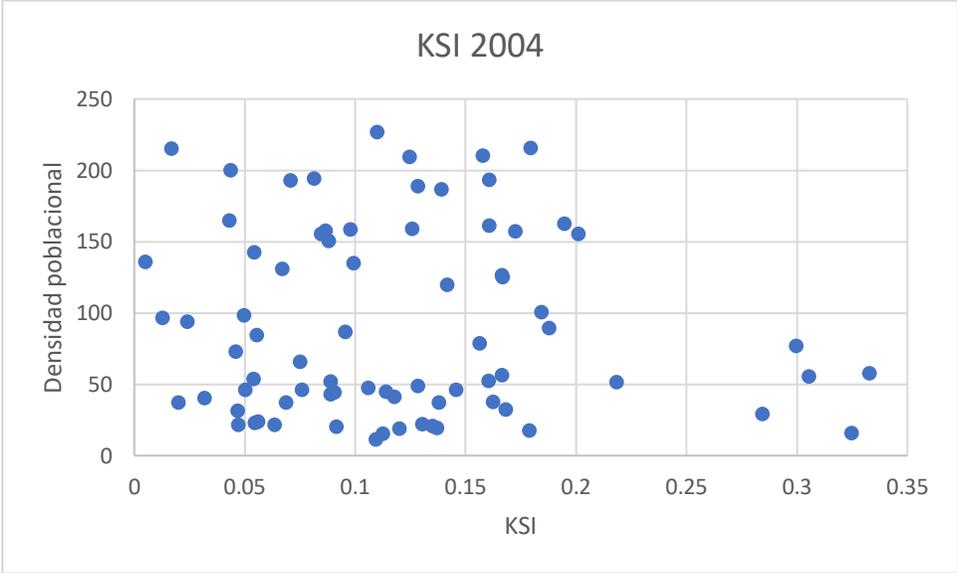
Tabla 4.1 KSI Municipios 2004

Municipios mayor especialización	KSI 2004	Municipios menor especialización	KSI 2004
069 Tizayuca	0.3328684	011 Tláhuac	0.00507381
061 Nopaltepec	0.32491163	025 Chalco	0.01280056
095 Tepotzotlán	0.30535619	007 Iztapalapa	0.01684929
035 Huehuetoca	0.29976663	092 Teotihuacán	0.01992689
017 Ayapango	0.28431657	013 Xochimilco	0.02400108

Tabla 4.2 KSI Municipios 2014

Municipios mayor especialización	KSI 2004	Municipios menor especialización	KSI 2004
095 Tepotzotlán	0.27964018	094 Tepetlixpa	0.00506602
069 Tizayuca	0.22292986	011 Atenco	0.00523832
015 Cuauhtémoc	0.18372734	108 Tultepec	0.00586694
014 Benito Juárez	0.1810031	092 Teotihuacán	0.01642072
010 Álvaro Obregón	0.18237965	013 Atizapán de Zaragoza	0.01157527

Las tablas muestran tanto los municipios con la mayor como con la menor especialización en la ZMVM en los años 2004 y 2014. También presenta el KSI, así como las industrias particulares, las ciudades están más especializadas en (tasa de especialización entre paréntesis). Las ciudades con los perfiles económicos más distintivos se caracterizan principalmente por una fuerte especialización en una industria específica, como el ejemplo de la industria productos lácteos en Tizayuca o la industria química en los municipios del norte. Además, los municipios con un perfil económico promedio se muestran con una mínima especialización en industrias individuales.



En las gráficas de especialización siguiendo la teoría se debería observar una relación negativa entre la densidad poblacional y el tipo de economía de cada municipio, ya que una densidad poblacional baja sería un indicador positivo de la especialización económica y, por lo tanto, sería un indicador de las economías de localización positiva. Sin embargo, los resultados no dan evidencia clara de que haya una conexión entre la economía de especialización y el tamaño de la población. Como puede observarse los 5 municipios más especializados de la ZMVM tienen perfiles económicos distintivos que se caracterizan principalmente por una fuerte especialización en una industria específica, como la industria de productos lácteos en Tizayuca o la industria de productos metálicos en Huehuetoca.

Tabla 5. Perfiles económicos de los municipios especializados

Municipio	Índice	Especialización
095 Tepetzotlán	2.189257424	313 Fabricación de insumos textiles y acabado de textiles
069 Tizayuca	1.948079026	3252 Fabricación de resinas y hules sintéticos, y fibras químicas
109 Tultitlán	1.723996459	335 Fabricación de accesorios, aparatos eléctricos y equipo de generación de energía eléctrica
035 Huehuetoca	1.713325619	332 Fabricación de productos metálicos
061 Nopaltepec	1.618278226	315 Fabricación de prendas de vestir

Las gráficas mostradas en esta sección para poder observar la relación entre la densidad poblacional y el nivel de especialización o diversificación se realizaron a través de un modelo econométrico con la variable densidad poblacional y el nivel de especialización/diversificación. El modelo econométrico demostró que la variable densidad poblacional no es estadísticamente significativa, dando a entender que, aunque tiene una relación baja no es posible explicar tanto la especialización como la diversificación de los municipios, para mejorar este modelo además de la densidad se podrían agregar otras variables como el nivel de educación de la población y el gasto en I+D.

Para mostrar la relación que existe entre la densidad poblacional con el nivel de especialización y diversificación recurriremos a otras técnicas como las presentes en el machine learning en especial las técnicas de clustering que es básicamente es un tipo de método de aprendizaje no supervisado. Un método de aprendizaje no supervisado es un método en el que extraemos referencias de conjuntos de datos que consisten en datos de entrada sin respuestas etiquetadas. Generalmente, se utiliza como un proceso para encontrar una estructura significativa, procesos subyacentes explicativos, características generativas y agrupaciones inherentes a un conjunto de ejemplos.

La agrupación es la tarea de dividir la población o los puntos de datos en varios grupos de modo que los puntos de datos en los mismos grupos sean más similares a otros puntos de datos en el mismo

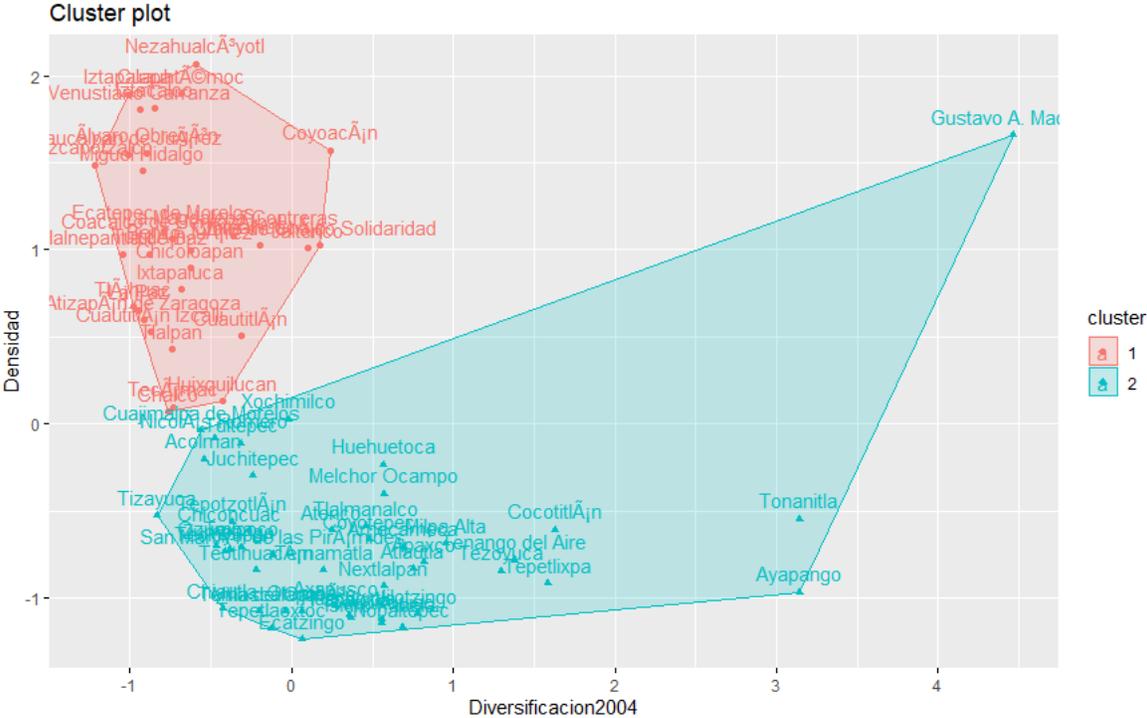
grupo y diferentes a los puntos de datos en otros grupos. Es básicamente una colección de objetos sobre la base de similitudes y diferencias entre ellos.

Estos algoritmos de aprendizaje no supervisados tienen una increíble variedad de aplicaciones y son bastante útiles para resolver problemas del mundo real como la detección de anomalías, recomendar sistemas, agrupar documentos o encontrar clientes con intereses comunes en función de sus compras. Algunos de los algoritmos de agrupación de clúster más comunes y los que se exploran en el machine learning son:

- + K-means
- + Agrupación jerárquica
- + Agrupación de escaneo basada en densidad (DBSCAN)
- + Modelo de agrupamiento gaussiano

Al modelo de aprendizaje automático le suministraremos los datos de los índices de especialización, diversificación y la densidad poblacional.

Cuadro 7. Clustering de los municipios de la ZMVM



Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI censos económicos (2004)

El algoritmo de k-means fue capaz de dividir los datos en dos clases como se esperaba, revisando cada uno de los elementos que contiene cada clúster nos damos cuenta de que colocó correctamente cada municipio en el tipo que le corresponde. La aplicación del algoritmo nos muestra que la densidad poblacional es un factor que determina el tipo de estructura que tiene cada municipio (especialización y diversificación).

## **2.3 ZMVM: EFECTOS DEL TLCAN EN LA ESPECIALIZACION Y DIVERSIFICACION**

La actual especialización y diversificación de las economías en los municipios de la ZMVM es el resultado de la apertura comercial provocada por el TLCAN, los efectos que tuvo este evento en la estructura económica de cada municipio fueron diversos, sin embargo, el cambio más importante sucedió en los municipios más especializados debido a que la industria insignia de estos lugares empezó a presentar una crisis por la competencia de empresas extranjeras, exploraremos este punto pero primero se debería presentar el contexto histórico para entender la magnitud de las consecuencias en las economías de los municipios.

La política de apertura comercial que ha intensificado México desde los años ochenta, nos ha convertido en uno de los países del mundo con una mayor cantidad de acuerdos comerciales. Actualmente tenemos tratados comerciales con 46 países, la política comercial ha generado un déficit de -495,013 millones de dólares en el periodo del año 1993 al 2013, esta observación nos da una primera idea del desarrollo de nuestra economía y del por qué la ZMVM sufrió cambios en los últimos años ya que se entiende que importamos más de lo que exportamos, desafortunadamente ha faltado una política clara y con recursos para impulsar la internacionalización de las empresas mexicanas. Cabe destacar que ciertos sectores se han beneficiado con los tratados comerciales, sin embargo, uno de los más afectados ha sido el manufacturero, este hecho ha provocado afirmaciones que sugieren el inicio de un proceso de terciarización económica o de desindustrialización, es decir, la manufactura tenderá cada vez más a perder su importancia relativa en las metrópolis. En el caso de la Zona Metropolitana del Valle de México la manufactura sigue siendo un factor fundamental para el desarrollo de la región, a pesar de que, desde la entrada en vigor del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN) se ha reducido el peso de la industria manufacturera.

Tomando el caso de Tizayuca como ejemplo ya que es interesante porque nos podemos dar cuenta de cómo ha sido el desarrollo económico y regional de los estados especializados a partir de la apertura comercial con el Tratado del Libre Comercio.

El municipio de Tizayuca es uno de los ochenta y cuatro municipios que conforman el estado de Hidalgo en México además de ser el único municipio de este estado en pertenecer a la Zona Metropolitana del Valle de México. La principal industria en el municipio de Tizayuca en los años 80 y 90 era la de productos lácteos ya que en sus mejores años esta producía hasta 600 mil litros diarios que abastecían a toda la ZMVM y otras regiones, como consecuencia del desarrollo en la región otras industrias relacionadas prosperaron como la elaboración de alimentos para animales, el sitio más importante en donde se desarrollaba la mayor parte de la actividad es la Cuenca Lechera. En 1976, la Cuenca lechera de Tizayuca surgió como un proyecto que tendría como fin abastecer un mercado potencial de más de 20 millones de habitantes de la zona metropolitana, el otro propósito de este proyecto fue pensado con la finalidad de reubicar a los ganaderos que se encontraban en la Ciudad de México para que tuvieran un lugar donde realizar su producción, sin que esta afectara a los habitantes que vivían cerca de estos complejos, el gobierno les hizo la promesa de que su inversión sería a largo plazo y que representaría una garantía para el futuro de los ganaderos y sus familias, provenientes principalmente de Jalisco y de otros estados de la República Mexicana, además de gente que venía de España e Israel. El entonces presidente Luis Echeverría reubicó los

establos que se encontraban en la capital del país debido a que estos se volvieron obsoletos por el desarrollo urbano que empezó a ocupar más territorio, el proyecto de reubicación de 126 productores en una extensión de 230 hectáreas se empezó a construir en 1972 y sus primeros habitantes llegaron en junio de 1976.

Durante 14 años la Cuenca lechera vivió sus mejores momentos por la expansión y crecimiento de toda la zona llegando a generar 3 mil empleos directos y aproximadamente 12 mil empleos indirectos mejorando la economía en la región. Socialmente fue un proyecto con alto impacto y que se convertiría en un emblema nacional por la atención que atraía del mundo ya que incluso se tuvo la visita de varios diplomáticos de diversos países, por ejemplo, el ex presidente de Francia. La innovación de diseño, la calidad del ganado y los estándares de limpieza de los complejos en la cuenca llevo a que países como Israel replicaran este modelo en donde el concepto principal era que se conjuntaran los establos y animales con casas habitación. Fue en esos años en que los ganaderos decidieron crear una empresa llamada Leche Real de Tizayuca, la finalidad de esta empresa era darles la posibilidad a los ganaderos de vender directamente su producto.

Sin embargo, al ingresar México al tratado trilateral, el sector lechero fue uno de los más dañados, México se volvió principalmente importador debido a la decisión del gobierno, la cual consideró que importar el producto era más barato que producirlo y en consecuencia a partir de 1994 las importaciones se dispararon. El TLCAN también dio la posibilidad de importar sueros y polvos de leche lo cual entra otro punto importante al que se tuvo que enfrentar el sector lechero de Tizayuca por la competencia desleal que representa la producción de leche a partir de lactosueros provenientes del extranjero cuyos costos son mucho menores.

El principal problema fue el engaño al consumidor debido a las pocas regulaciones alimenticias en México, las regulaciones de productos lácteos en muchos países consideran a la leche producida con lactosueros como un desecho del lácteo y estos productos no pueden ser promocionados como si tuvieran el mismo valor nutrimental de la leche natural. En el caso de México no existieron tales restricciones al promocionar la leche que proviene de lactosueros por lo tanto las empresas extranjeras se aprovecharon de este detalle, lo que hicieron fue promocionar que no había ninguna distinción si comprabas leche natural o si esta venía de un suero. En los empaques de los productos de lactosueros se aseguraba que el valor nutrimental era el mismo al de la leche natural cuando en realidad es que no contienen ni 20 por ciento de los nutrientes del lácteo natural.

En resumen, se puede decir que los factores principales que perjudicaron a la industria lechera de Tizayuca:

- Los bajos precios que reciben por cada litro de leche
- La falta de agua
- Invasión de fraccionamientos y casas que se encuentran alrededor de ellos
- Desinterés del gobierno por brindarles ayuda
- La competencia desleal de empresas extranjeras

A 34 años de distancia, el panorama de la que fue su industria insignia sigue siendo crítico porque de los 126 establos construidos inicialmente sólo operan actualmente 70, de los cuales únicamente

la mitad trabaja al ciento por ciento de su capacidad. Los productores que prefirieron cerrar sus establos se han ido a Europa, donde como obreros ganan más que lo que ganaban aquí como ganaderos, de acuerdo con la Asociación Ganadera de Tizayuca. Otro problema que enfrenta la cuenca es la población indispueta a continuar con la industria debido a que los hijos de los ganaderos han dejado de interesarse por heredar la actividad y prefieren emigrar en busca de empleos bien remunerados por lo tanto la zona ha dejado de crecer ya que no se generan empleos y la población restante busca trasladarse a otras regiones. El lugar en donde se localizan los 126 establos con un igual número de viviendas, 20 de ellas están abandonadas y el mobiliario urbano se encuentra acabado por el deterioro.

De acuerdo con la Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER) el costo de producción supera el precio que los compradores están dispuestos a pagar, es decir que si a un ganadero le cuesta 8.20 pesos obtener un litro del lácteo, sus clientes lo pagan a 7.20 o menos. Como se comentó anteriormente en la década de 1990, cuando estaban en expansión, los ganaderos crearon su propia empresa productora y comercializadora con el nombre de Leche Real de Tizayuca, pero hace unos años quebró y se vendió al grupo LALA dejando en el desamparo a 80 trabajadores. Actualmente, los 70 establos activos venden su producto a las firmas Maulet de Puebla; Santa Clara, Alpura y Liconsa, y pese a que las utilidades son muy pocas, la calidad del producto sigue siendo de primera clase ya que la reputación de los productos de esta zona en el extranjero sigue siendo buena y en países como Israel siguen ocupando el modelo que se había propuesto, aunque modernizado y con un enfoque internacional.

La situación por la que atraviesa Tizayuca no es un caso aislado por eso era interesante conocerlo ya que se replicó en los demás municipios especializados de la ZMVM, zonas que eran especializadas antes del TLCAN y que tuvieron un auge que ayudo a desarrollar la economía de los municipios, actualmente se encuentran en una situación precaria al no poder competir con las empresas trasnacionales y al no tener un enfoque de internalización se desaprovechan las ventajas con las que cuentan las regiones. Los municipios como es el de Tizayuca que eran altamente especializados en una actividad económica fueron gravemente afectados cuando su industria insignia comenzó a colapsar ya que no solamente se sintió el efecto en la industria de los productos lácteos sino también en las industrias que estaban estrechamente relacionadas a esta como el de la elaboración de alimento para animales que se ocupaba del ganado.

Es claro que a partir de la apertura comercial de los años 90 la actividad manufacturera disminuyó su peso relativo en la ZMVM, sin que ello haya significado la desaparición completa de la industria, pues los segmentos industriales continuaron siendo la base económica de varios territorios. Lo más representativo es el perfil industrial dominante que se fue configurando y los cambios suscitados en algunos municipios y delegaciones. Tomando nuevamente el caso de Tizayuca nos podemos dar cuenta que en el periodo que va de 2004 a 2014 se produjo un cambio en la industria ya que en la década de los 90 la actividad líder era la elaboración de productos lácteos pero con la caída de la participación de esta industria en la región se tuvo un proceso de reestructuración en el cual las industria que tomaron el liderazgo en la región fueron la industria de alimentos, la de metales básicos y productos metálicos, en especial la industria química tomo una relevancia importante.

Cuadro 8. Industrias en Tizayuca



Fuente: Elaboración propia con datos de censos económicos (2004-2014)

En el caso de la ZMVM, los municipios especializados se empezaron a diversificar en otros subsectores, el más importante fue la industria química; la producción de alimentos representó el segundo en importancia. Por su parte, subsectores tradicionalmente fundamentales, como el plástico, el hule y los productos metálicos perdieron presencia. Es necesario resaltar las características de la industria alimentaria que, según los criterios de la OCDE (2005), es considerada una actividad económica tradicional y con baja utilización de personal calificado, pero intensiva en trabajo. Aunque se destina gran parte de su producción a la exportación, su principal mercado se encuentra en el centro del país.

En términos generales, se trata de empresas de bajo perfil tecnológico, dominadas por el proveedor y por grandes conglomerados, que realizan escasos gastos en investigación y desarrollo, y no transfieren innovaciones tecnológicas a otros sectores (Pavitt,1984)

Tabla 6. Participación de las Industrias en la ZMVM

Subrama	Actividad Económica	Participación porcentual (1998)	Participación porcentual (2003)	Participación porcentual (2008)
311	Industria alimentaria	19.7	15.3	20.5
312	Industria de las bebidas y el tabaco	3.3	6.8	8.5
313	Fabricación de insumos textiles	2.8	2.4	1.8
314	Confección de productos textiles	0.5	0.6	0.7
315	Prendas de vestir	4.2	4.3	3.5
316	Productos de cuero y piel	0.6	0.3	0.2
321	Industria de la madera	0.3	0.3	0.2
322	Industria del papel	4.4	5.9	3.9
323	Impresión e industrias conexas	2.9	3.3	2.9
324	Productos derivados del petróleo y del carbón	1.4	0.5	1.5
325	Industria química	22.2	28.6	27.7
326	Industria del plástico y el hule	7.7	5.8	5
327	Productos a base de minerales no metálicos	3.5	4.4	2
331	Industrias metálicas básicas	1.7	1.5	3.5
332	Productos metálicos	8.4	5.2	4.8
333	Maquinaria y equipo	2.7	1.6	1.5
334	Cómputo y eléctricos	1.1	1.1	0.8
335	Equipo de generación	4.7	3.3	4.3

	eléctrica y aparatos			
336	Equipo de transporte	4.4	4.3	2.9
337	Muebles y productos relacionados	1.6	1.7	1.6
339	Otras industrias manufactureras	2	2.8	2.2

Fuente: Desarrollado por INEGI (2008).

El avance tecnológico es un factor determinante del crecimiento de la productividad y la competitividad internacional, la OCDE (2005) ha implementado una metodología para calcular el desempeño de la industria bajo criterios de nivel tecnológico. En esta clasificación, la OCDE estudió las intensidades en I+D de los distintos sectores industriales, utilizando dos indicadores: las intensidades directa e indirecta. La intensidad directa mide la relación de los gastos en I+D con respecto a la producción. La intensidad indirecta, por su parte, mide las intensidades directas multiplicadas por los coeficientes técnicos de los sectores obtenidas a partir de matrices insumo-producto. La justificación de este procedimiento se debe a la incorporación de tecnología que procede, de la I+D incorporada por la compra, de bienes de equipo y bienes intermedios. A partir de una ordenación de los sectores, de acuerdo con las intensidades en I+D y ponderados por su respectivo peso en la producción de un conjunto de países desarrollados, desarrollaron la lista en donde se segmenta el conjunto de sectores en cuatro categorías: de alta, de media-alta, media-baja y de baja tecnología

Tabla 7. Categorización de las industrias

<b>Industrias de alta tecnología</b>
Aviones y naves espaciales
Productos farmacéuticos
Maquinaria de oficina, contabilidad e informática
Equipos de radio, televisión y comunicaciones
Instrumentos ópticos, médicos y de precisión
<b>Industrias de media-alta tecnología</b>
Maquinaria y aparatos eléctricos
Vehículos de motor, remolques y semirremolques
Químicos, excluyendo productos farmacéuticos
Equipos ferroviarios y equipos de transporte
Maquinaria y equipo
Construcción y reparación de buques de barcos
Productos de caucho y plástico
Coque, productos de refinación de petróleo y combustible nuclear
Otros productos minerales no metálicos
Metales básicos y productos metálicos
<b>Industrias de baja tecnología</b>
Manufacturas
Madera, pulpa, papel, productos de papel, impresión y publicación

Productos alimenticios, bebidas y tabaco
Textiles, productos textiles, piel y calado

Fuente: OCDE (2005)

Esta clasificación nos ayuda a comprender el grado de complejidad tecnológica de las actividades desarrolladas en la ZMVM. De esta manera, un propósito del estudio es, además de mostrar que no ha habido un proceso de vaciamiento industrial en la ZMVM, también es evidenciar, por un lado, el tipo de especialización que se ha venido verificando a lo largo del periodo de análisis. La ZMVM se caracteriza, en conjunto por dos grupos de segmentos industriales: la industria alimentaria y la industria química, la primera tipificada como actividades de bajo nivel tecnológico, la segunda de medio y alto nivel tecnológico, destacando, sobre todo en este último caso, los productos farmacéuticos, los cuales fueron ubicándose en la parte sur de la ZMVM. Las industrias asentadas con mayor importancia son la de alimentos y la química, cuya composición no se alteró demasiado desde 1994, es decir mientras que la industria de alimentos perdió participación debido a la crisis de muchas empresas después del TLCAN, esto dio paso a que la industria química se posicionara como la actividad dominante en muchas regiones, cabe aclarar que esto no indica la desaparición de la industria de alimentos.

### **3.1 Modelos basados en agentes**

Este capítulo consiste en aplicar una metodología de los modelos basados en agentes (MBAS), Axelrod (2003) y Gilbert (2008) mencionan que este tipo de modelos representan un sistema adaptable complejo esto es, una colectividad de entidades o agentes autónomos que de forma individual, presentan reglas de comportamiento propias y de autodeterminación, cuyas decisiones se manifiestan como el producto de su interacción con otros agentes, es decir, evalúan el entorno en que se desenvuelven y a partir de ahí toman decisiones sobre la base de un conjunto de reglas.

Los economistas a diferencia de otras ciencias como la física se han enfrentado a un desafío ya que desde siempre han estado interesados en el papel y la influencia del individuo dentro de los sistemas geográficos, cuáles son las consecuencias de los comportamientos individuales y la toma de decisiones sobre el espacio y el tiempo, el problema surge cuando el economista al querer experimentar en el mundo real no puede debido a las limitaciones. No puede experimentar directamente sobre las distintas variables de estudio sin antes tener un estudio previo, es decir no puede llegar simplemente a experimentar con políticas para conocer los efectos que provoca ya que esto tendría graves consecuencias en la economía.

Hasta hace relativamente poco, la respuesta a esta pregunta estaba fuera del alcance de los investigadores debido a la falta de datos apropiados y los métodos de análisis y simulación para explorar sistemas geográficos, aunque la situación cambio con el avance tecnológico de la computación y las técnicas de difusión de la información llevaron a nuevas formas de interactuar y simular sistemas geográficos, esto se evidencia claramente a través del desarrollo y la adopción de modelos basados en agentes.

Este enfoque coloca al individuo en el centro de la simulación mediante una cuidadosa recopilación de nuevas fuentes de datos, los investigadores pueden construir individuos dotados no solo de características básicas extraídas de conjuntos de datos cuantitativos, como la edad y el sexo, sino

también con aspectos más cualitativos, como opiniones y preferencias. Además de fuentes más ricas de datos sobre individuos, estas nuevas formas de datos a menudo se referencian espacialmente, lo que brinda una mayor comprensión de la interacción entre el individuo y el espacio. Aquí es donde las tecnologías como los sistemas de información geográfica (GIS) tienen un papel que desempeñar.

Estas herramientas están bien establecidas y le dan al investigador la capacidad de manipular y procesar grandes cantidades de datos geográficos diversos. Sin embargo, estos sistemas son en gran medida limitados en su incapacidad para manejar procesos dinámicos. Casi todos los análisis SIG utilizan instantáneas (es decir, estáticas) de datos. Para un investigador, el escenario ideal sería un sistema mediante el cual se pueden crear e integrar ricas representaciones de individuos dentro de un entorno realista en donde se puedan ver en detalle las relaciones de los individuos y la complejidad que ello conlleva tanto como con su entorno y con los demás individuos que conforman el modelo.

La complejidad surge cuando un pequeño número de reglas o leyes, aplicadas a nivel local y entre muchas entidades, son capaces de generar fenómenos globales complejos: comportamientos colectivos, patrones espaciales extensivos, jerarquías, etc. Estos se manifiestan de tal manera que las partes no simplemente suman la actividad del todo. Esta forma de pensar es lo que se espera de un mapeo natural como podemos ver en los sistemas geográficos. El interés en cómo se puede utilizar la teoría de la complejidad dentro de los sistemas geográficos ha aumentado en los últimos 20 años, un ejemplo de es con Manson (2001, 2007) presentando una tipología para los diferentes tipos de complejidad que se pueden encontrar dentro de los sistemas geográficos. De los tipos que presentó Manson (2001, 2007), O'Sullivan (2004) considero a la complejidad agregada como la de mayor interés y relevancia para la geografía.

La complejidad agregada es el estudio de cómo interactúan los elementos o componentes locales o micro individuales y producen patrones complejos a nivel global o macro, tales como comportamientos colectivos, patrones espaciales extensivos, autoorganización, emergencia, retroalimentación, dependencia del camino y jerarquías. Las características de los sistemas complejos proporcionan una nueva forma de entender los fenómenos geográficos. En lugar de buscar un enfoque reduccionista (o de arriba hacia abajo), la complejidad examina los sistemas diseccionándolos en componentes lógicamente justificados (es decir, subsistemas). El enfoque de sistemas complejos puede caracterizarse por ser generativo (o ascendente) (Epstein y Axtell, 1996). Los fenómenos de interés se estudian como el producto de múltiples interacciones entre unidades básicas más simples que corresponden a entidades identificables, por ejemplo, estudiar la aparición de atascos de tráfico a través del modelado del movimiento e interacción de vehículos individuales. Las personas interactúan, aprenden y se adaptan tanto a sus entornos como entre sí a través de la retroalimentación. Lo relevante es cómo esto puede resultar en la aparición de patrones a nivel macro a través de la auto organización basado en lo que ocurrió en el pasado, este es un enfoque central de la ciencia de la complejidad. Destaca la necesidad de modelos dinámicos construidos de abajo hacia arriba, a diferencia de los modelos que operan de arriba hacia abajo. El uso de la teoría de la complejidad tiene numerosas ventajas con respecto a nuestra comprensión e interpretación de los sistemas geográficos. Las ciudades, por ejemplo, han sido reconocidas durante mucho tiempo como problemas de complejidad organizada, o como "sistemas de personas" (Jacobs, 1961), en el sentido de que presentan situaciones en las que docenas de cantidades de conexiones varían de manera simultánea y sutilmente interconectadas.

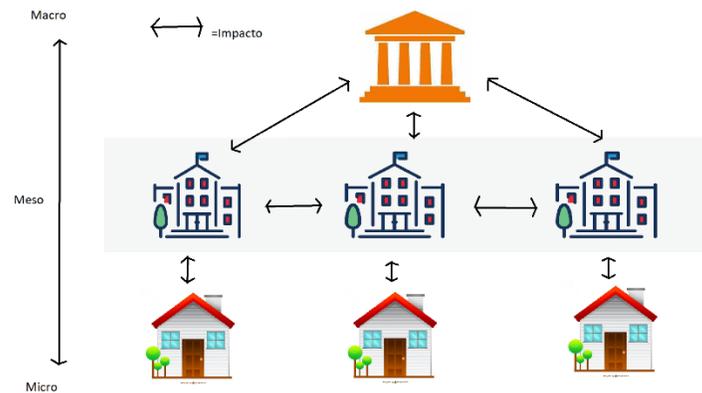
El cambio solo se nota cuando diferentes patrones se vuelven perceptibles, por lo que antes de que se pueda observar un cambio en el nivel macro, un cambio se está produciendo en múltiples micro niveles (es decir, subsistemas) simultáneamente, todos los cuales están interactuando por separado, contribuyendo a una compleja red de interacciones.

Esta noción de interacciones a nivel micro en subsistemas heterogéneos a menudo se considera una de las características de los sistemas complejos (Simon, 1996; An, 2012) y estos subsistemas interrelacionados (partes dentro de partes) pueden formar jerarquías. Esta noción de subsistemas hace uso de la descomponibilidad (Simon, 1996): aquí un sistema (es decir, la ciudad en este ejemplo) tiene múltiples componentes del subsistema (por ejemplo, vecindarios) que interactúan entre sí, y aunque las interacciones pueden ser relativamente débiles, no son despreciables (Cioffi-Revilla, 2014). En la figura se presenta una idea de los vecindarios como subsistemas y la idea de la descomponibilidad, donde tenemos vecindarios individuales en el nivel micro que forman una jerarquía en el nivel macro (es decir, el de la ciudad).

Las interacciones, en este contexto, pueden considerarse como los flujos de personas que viajan diariamente desde su hogar al lugar de trabajo. Simón (1996) argumentó que la jerarquía es una propiedad fundamental de cómo un sistema complejo se mantiene unido: 'la organización jerárquica de abajo hacia arriba es esencial para la evolución de los sistemas y las estructuras jerárquicas son la forma en que la naturaleza y la sociedad desarrollan estructuras robustas y resistentes' (Batty, 2013, p. 23). Pero estos subsistemas no funcionan de forma aislada. A corto plazo, pueden parecer independientes del resto del sistema, pero a largo plazo dependen del comportamiento agregado del sistema. Esta noción de descomponibilidad nos permite enfocarnos en subsistemas específicos dentro de los sistemas geográficos (como mercados de vivienda, delincuencia, ubicación residencial) y, por lo tanto, permite la abstracción y el enfoque en el problema en cuestión. Sin embargo, debemos permanecer conscientes de que en cualquier sistema complejo existen interacciones entre múltiples subsistemas.

Una estructura jerárquica simple se puede encontrar en una ciudad compuesta de múltiples vecindarios que forman una jerarquía en el nivel más macro pero que también tienen interacciones (por ejemplo, flujos de cercanías) entre sí.

Figura 3.1: Jerarquía del sistema



Fuente: Elaboración propia en base a investigación

Al tratar de comprender la complejidad del mundo que nos rodea, requerimos métodos que puedan capturar y regenerar las características de los sistemas complejos. Nuestra comprensión debe extenderse a través de las estructuras microscópicas, mesoscópicas y macroscópicas de estos fenómenos, produciendo encapsulaciones integrales de estos sistemas. Para lograr esto, la mejor herramienta que tenemos disponible es la modelación. Un modelo puede considerarse como una descripción teórica de la forma en que funciona un sistema o proceso de interés, y a menudo se expresa en términos matemáticos (o en código). En pocas palabras, un modelo es una representación simplificada de una realidad compleja, hasta el punto de que la realidad es comprensible y analíticamente manejable (Wilson, 1974), al representar (abstraer) uno o más procesos que se cree que ocurren en el 'mundo real' de los procesos que existen, han existido o podrían existir (Longley y Batty, 2003; Miller y Page, 2007).

Un modelo puede construirse como un programa de computadora que utiliza hasta cierto punto una representación digital simplificada de uno o más aspectos del mundo real, transformándolos para crear una nueva representación. Los modelos difieren de las teorías debido a que en una teoría se proporciona una serie de enunciados conectados utilizados en el proceso de explicación, mientras que los modelos proporcionan una representación idealizada y estructurada de la teoría o, como a menudo en el caso de modelos basados en agentes, se están utilizando para desarrollar la teoría (Axelrod, 1997). Hay muchas razones y propósitos para modelar: desde la descripción y la explicación hasta la predicción, el tipo de modelo depende de su propósito general de aplicación.

El objetivo de los modelos descriptivos es la explicación de los fenómenos al reducir la complejidad del mundo real a un marco coherente y riguroso para construir, confirmar o falsificar alguna teoría. Si bien los modelos descriptivos pueden considerarse abstractos o 'modelos de juguete', como el modelo de segregación de Schelling (1971), a menudo son el primer paso para construir modelos más predictivos ya que proporcionan una forma de descubrir nuevas relaciones.

Una vez que se ha decidido el propósito y el tipo de modelo (es decir, descriptivo o predictivo), el modelo necesita ser creado o construido. Se desarrolla un modelo en varios niveles de abstracción (niveles de generalización o simplificación), a partir de conceptos del mundo real (alto nivel) hacia

una implementación en un sistema informático (bajo nivel) a través del proceso de modelado de datos.

El modelado de datos es el proceso de estructurar datos sobre el mundo real o artificial. En un alto nivel de abstracción más cercano al objeto o sistema del mundo real que se está modelando, es el proceso de organizar el mundo real en un conjunto de conceptos bien definidos y formalizados. En un nivel inferior más cercano a los sistemas informáticos, es el proceso de mapear estos conceptos en estructuras de datos y, finalmente, en la memoria o el disco de la computadora. Esta progresión de los conceptos de alto nivel del mundo real a la representación digital de bajo nivel en una computadora implica necesariamente abstracción y formalización. El resultado del proceso de modelado de datos es un modelo de datos que puede ser poblado por agentes, respaldado por un marco que mapea los conceptos entre niveles de abstracción (Longley et al., 2005; Gilbert y Troitzsch, 2005).

Una distinción importante que se tiene que hacer es la diferencia entre modelado y simulación. Si bien se usa indistintamente en toda la literatura, existe una sutil diferencia, (Batty, 1976) escribe que "todos los modelos matemáticos que implican el uso de instalaciones computacionales a gran escala se denominan modelos de simulación". La distinción entre métodos analíticos y de simulación con respecto al modelado es que 'los métodos analíticos de modelado implican el uso de análisis matemático para llegar a ecuaciones explícitas que representan el comportamiento del sistema. Los métodos de simulación se utilizan para derivar el comportamiento del sistema cuando el sistema es demasiado complejo para modelarlo utilizando el enfoque analítico más directo' (Batty, 1976). Wilson (2000) escribe que "la simulación es un concepto crítico en el desarrollo futuro del modelado porque proporciona una forma de manejar la complejidad que no puede manejarse analíticamente".

Si bien los modelos proporcionan una ruta hacia la comprensión de la complejidad geográfica, también estamos obteniendo rápidamente una comprensión más rica del mundo a través de la gran cantidad de nuevos datos disponibles y permitiendo nuevas líneas de investigación. Sin embargo, en la última década, ha habido un cambio en la fuente de estos datos. En el pasado, los principales generadores de datos digitales eran organizaciones gubernamentales y comerciales, pero se estima que aproximadamente el 75 por ciento de todos los datos digitales ahora son aportados por usuarios individuales (Mearian, 2011), una tendencia que se espera que aumente (Hollis, 2011) a medida que los avances informáticos y tecnológicos están solidificando el papel del público en general como el principal contribuyente y consumidor de datos.

Ha habido un cambio notable en los últimos sesenta años en cómo simulamos al individuo dentro de los sistemas geográficos. Las generaciones anteriores de investigadores no tenían el poder computacional ni el acceso a los datos que tienen los investigadores de hoy. La falta de datos y herramientas para simular individuos significaba que los modelos examinaban los sistemas en su conjunto, basándose en el análisis agregado (Alonso, 1964; Wilson, 1974), ofreciendo una forma limitada de examinar la dinámica que tiene lugar dentro de dichos sistemas (Batty, 1995). La computación digital comenzó a surgir en la década de 1950, y esto condujo a la creación de 'laboratorios artificiales' donde se podían probar una variedad de diferentes escenarios e intervenciones políticas. La capacidad de experimentar con ideas alternativas y teorías condujo a

una nueva perspectiva sobre cómo deben simularse los sistemas geográficos a partir de ideas y conceptos de otras disciplinas como la física y la biología.

Los modelos basados en agentes comienzan a ser usados en muchos aspectos diferentes de la sociedad, un caso particularmente notable es en los medios digitales; por ejemplo, la compañía Massive ha utilizado modelos basados en agentes en una serie de películas como *World War Z*, *Spectre* y *Dawn of the Planet of the Apes* para recrear escenas de lucha o el comportamiento de multitudes a gran escala. La atracción del modelado basado en agentes para crear estas escenas da una idea del atractivo que este enfoque tiene para los investigadores en las ciencias sociales y geográficas. El modelado basado en agentes permite que se creen individuos con su propio conjunto de características y reglas de comportamiento únicas. Además, estas personas pueden ubicarse dentro de un entorno realista y sus interacciones (tanto con otras personas como con su entorno) pueden trazarse. Esta capacidad de capturar y potencialmente comprender el comportamiento individual en múltiples escalas espaciales y escalas de tiempo ofrece nuevas oportunidades para comprender los procesos y los impulsores que dan forma a los sistemas sociales y geográficos.

Antes de que aparecieran los modelos basados en agentes, los investigadores se limitaron a usar modelos matemáticos, por ejemplo, interacción espacial (Fotheringham y O'Kelly, 1989) y modelos de dinámica del sistema (Forrester, 1969), para simular el comportamiento de las poblaciones. El principal inconveniente de estos enfoques era su incapacidad para simular individuos; en cambio, se tenía que limitar la diversidad de las poblaciones ya que tuvieron que ser simuladas como un grupo homogéneo con el mismo comportamiento y características (Wilson, 1974). Si bien se puede decir que estos enfoques tuvieron éxito en la reproducción de patrones a nivel macro, no pudieron ofrecer ninguna idea de por qué aparecieron estos patrones.

En los años desde la aparición del modelado basado en agentes se ha establecido como una disciplina que cada vez más se está convirtiendo en una herramienta estándar en el conjunto de herramientas del investigador de ciencias sociales. Están comenzando a aparecer representaciones más ricas de individuos que incorporan no solo características como la edad y el sexo, sino también creencias, opiniones y comportamientos, impulsadas por nuevas fuentes de microdatos ("big data") que aparecen continuamente. En combinación con fuentes cada vez más detalladas de datos ambientales, por ejemplo, en las ciudades se tienen numerosas cámaras y sensores "inteligentes" que recopilan datos continuamente, los investigadores pueden crear "laboratorios artificiales" dentro de los cuales se pueden desarrollar una variedad de intervenciones y escenarios. Estos podrían incluir el examen de los impactos de un cambio en una infraestructura de transporte, o el desarrollo de protocolos de emergencia que se promulgarán en el caso de un brote o incidente de enfermedad dentro de un centro de población. El número y la diversidad de aplicaciones de modelado basadas en agentes solo continuarán aumentando en el futuro.

Como se señaló anteriormente, el modelado basado en agentes ha experimentado un rápido crecimiento en los años, si bien sus aplicaciones ahora se pueden encontrar en una variedad de disciplinas diferentes, su desarrollo inicial se limitó a uno o dos campos, como la geografía y la ecología. Estos campos desarrollaron diferentes aspectos del modelado basado en agentes para cumplir propósitos específicos de sus aplicaciones, dentro de la geografía, se han desarrollado métodos para incorporar el espacio como algo fundamental en estos modelos basados en agentes, mientras que los ecologistas desarrollaron métodos para simular grandes cantidades de agentes.

Este desarrollo fracturado del modelado basado en agentes ha dado lugar a la ausencia de un repositorio central, protocolos o cuerpo de conocimiento que describa qué es un agente o modelo basado en agentes. Si bien cada disciplina puede tener su propia definición, existe al menos cierto consenso sobre los diferentes elementos de los que debe estar compuesto un agente. La siguiente lista de atributos de agentes clave se extrae de Wooldridge y Jennings (1995), y Franklin y Graesser (1996), Epstein (1999), Macal y North (2005) y Crooks y Heppenstall (2012), a continuación, se explican más detalladamente.

- **Autonomía:** Los agentes son autónomos, lo que significa que actúan fuera de la influencia directa de un control externo centralizado. Los agentes emprenden acciones de acuerdo con un proceso independiente de toma de decisiones. Estos comportamientos pueden estar influenciados por la información, que pueden compartir con otros agentes o su entorno. Pueden interactuar con los agentes de varias maneras, limitadas por el entorno, el contexto y el diseño del modelo, lo que no (necesariamente) impacta en su autonomía.
- **Heterogeneidad:** Los modelos basados en agentes incorporan heterogeneidad en la expresión de las características del agente. A un agente humano, por ejemplo, se le puede atribuir una edad, sexo o trabajo, también un individuo puede ser extraído de la población que se está modelando es decir hacerlo diferente al resto de los agentes tanto en sus características como en su comportamiento. Se pueden incorporar grupos o tipos de agentes, y un modelo basado en agentes puede incluir varios grupos de agentes diferentes, cada uno de los cuales representa diferentes entidades. Por ejemplo, un modelo basado en un agente de vivienda podría involucrar a agentes compradores, agentes vendedores, agentes de corredores e incluso agentes internos, cada uno con características y comportamientos independientes.
- **Activo:** Los agentes emprenden acciones independientes durante el curso de una simulación.

Las siguientes características del agente se modelan comúnmente:

- **Objetivo.** A los agentes se les dan objetivos que se espera que intenten alcanzar (o maximizar) durante la simulación.
- **Reactivo o perceptivo.** Los agentes pueden estar diseñados para tener conciencia de su entorno y la presencia de otros agentes. Los agentes pueden o no recibir un conocimiento previo de su entorno. Cuando a los agentes se les otorga conocimiento ambiental, esto puede ser perfecto o limitado, este último representa un "mapa mental" individual del medio ambiente. Dentro de este entorno, los agentes interactúan, utilizan y evitan las características y obstáculos ambientales en la realización de acciones.
- **Racionalidad.** Dentro de las ciencias sociales, la forma dominante de modelado de decisiones se basa en el paradigma de elección racional (Axelrod, 2007). Los modelos de elección racional generalmente asumen que los agentes son optimizadores racionales con acceso perfecto a la información, previsión y capacidad analítica infinita (Parker et al., 2003). Sin embargo, los agentes pueden estar limitados en su racionalidad (potencialmente con heterogeneidad a nivel de agente), como lo introdujo Simon (1955). Los agentes racionales acotados toman decisiones inductivas, personales y adaptativas.
- **Interactivo o comunicativo.** Los agentes tienen la capacidad de interactuar con otros agentes y su entorno de varias maneras. Esto podría involucrar interacciones basadas en la

proximidad espacial o mediante una conectividad basada en la red (por ejemplo, una red social o comercial).

- Movilidad. Los agentes pueden moverse por su entorno modelado, lo que les permite recoger información para la toma de decisiones, interactuar con los agentes y realizar acciones. El espacio permitido para la interacción puede estar restringido espacialmente (por ejemplo, restringido a una red de carreteras) o topológicamente (por ejemplo, una red social).
- Aprendizaje y adaptación. A los agentes se les puede otorgar la capacidad de aprender y adaptarse. Se pueden diseñar para alterar su estado actual en función de estados o recuerdos anteriores, lo que les permite ajustar el comportamiento con referencia a una forma de memoria o aprendizaje.

Si bien esta lista es extensa no se podría decir que comprende completamente las características de los agentes. Con el número creciente de modelos basados en agentes, en particular el aumento en los modelos basados en agentes de comportamiento, la lista sigue creciendo, aunque aquí se listaron los más significativos. También debe tenerse en cuenta que, dependiendo de la aplicación, los agentes poseerán una mezcla de estas características. Este punto destaca una de las características más atractivas de los agentes en este tipo de modelado: su flexibilidad.

Un agente puede representar cualquier entidad que tenga un grado de autonomía. Los ejemplos incluyen individuos, edificios, automóviles, parcelas de tierra, gotas de agua e insectos. Un punto clave a entender son las similitudes entre los conceptos de un humano "social" y la representación de una agrupación de humanos como una entidad social (empresa) que conlleva también a las diferencias entre las representaciones de dichos agentes dentro de un programa orientado a objetos.

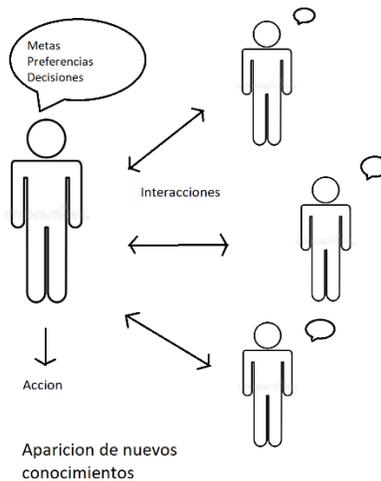
Las reglas son un conjunto de comandos que se asignan a cada agente para guiar su comportamiento y la toma de decisiones. Estas reglas también influyen en las relaciones de un agente con otros agentes y / o su entorno circundante. La asignación de reglas precisas a un agente sigue siendo uno de los desafíos más importantes al programar un modelo ya que requiere de un equilibrio entre la información de la literatura publicada, el conocimiento experto, el análisis de datos y el trabajo numérico, sin embargo, la ventaja que presentan los conjuntos de reglas en un modelado basado en agentes es que estas se pueden aplicar de manera uniforme a todos los agentes o pueden ser reglas únicas para un agente.

Las reglas generalmente al programarse se basan en las declaraciones if – then – else con agentes que llevan a cabo una acción una vez que se cumple una condición específica. Los agentes pueden integrarse con una noción de aprendizaje, a menudo denominada inteligencia, a través del cálculo evolutivo.

La evolución de un agente se puede llevar a cabo por la interacción con su entorno u otros agentes, en la figura se representa esquemáticamente algunas de las características principales de un agente y el proceso de evolución. Aquí, un grupo de agentes heterogéneos está situado en su propio espacio dentro de un mundo artificial, estos espacios podrían ser áreas geográficas que ejercen influencias ambientales en los agentes, por ejemplo, la disponibilidad de un servicio en particular. A través de las interacciones, los agentes pueden intercambiar información o ideas que pueden conducir a la

aparición de nuevos conocimientos o ideas y a su vez este conocimiento recién surgido puede hacer que el agente reaccione y busque una nueva forma de toma de decisiones para alcanzar su objetivo.

Figura 3.2: Proceso de Interacción



Fuente: Elaboración propia en base a investigación

El aumento de nuevas formas de datos a nivel individual es decir la aparición de "big data" fue de vital importancia al desarrollo del modelado debido a que revela información sobre preferencias y opiniones llevando a un aumento en las capacidades de los agentes ya que son capaces de representar el comportamiento humano de manera más realista. Por ejemplo, Malleson et al. (2010) utilizaron el marco PECS (condiciones físicas, estados emocionales, capacidades cognitivas y estado social) para representar las motivaciones y los deseos de los delincuentes.

En este tipo de modelos el agente es importante para la modelación como también el mundo en el que se desenvuelve, una gran cantidad de datos espaciales detallados está cada vez más disponible a través de agencias de mapeo (como el Ordnance Survey en el Reino Unido y la Agencia Nacional de Inteligencia Geoespacial en los EE. UU.) y sitios de código abierto como OpenStreetMap. La disponibilidad de estos conjuntos de datos detallados sobre el mundo que nos rodea ofrece oportunidades para crear entornos altamente "realistas" en los que los agentes puedan habitar e interactuar. Mediante la vinculación a los sistemas de información geográfica, estos "mundos artificiales" se pueden crear utilizando una variedad de tipos de datos geográficos. Esto permite que el espacio se represente de diferentes maneras, la proximidad es un elemento que tiene una influencia clave en muchas interacciones de agente a agente, esto puede definirse por la distancia espacial para el espacio continuo, la adyacencia para las celdas de la cuadrícula o por la conectividad en las redes sociales. Esta riqueza y abundancia en los datos tanto a nivel ambiental como individual ha dado lugar a la idea de un modelo basado en agentes como un laboratorio en miniatura donde se pueden probar nuevas ideas y teorías sobre el sistema en consideración.

Este entorno de laboratorio en miniatura permite examinar una variedad de escenarios que serían imposibles de probar en el mundo real, por ejemplo, cómo reaccionarían las personas ante un incendio en un edificio o una explosión en el centro de la ciudad. Volver a crear estos escenarios dentro de un modelo permite al modelista identificar problemas potenciales, como cuellos de

botella, y permite probar numerosos escenarios, como la forma en que varias configuraciones de sala pueden afectar el tiempo de evacuación (por ejemplo, Castle, 2007; Wagoum, 2012; Torrens, 2012). Al construir tales modelos, se tiene la capacidad de poder centrarse en la mitigación y la preparación en lugar de la respuesta y recuperación en la gestión de incidentes de emergencia.

La generación anterior de investigadores utilizó teorías geográficas abstractas para poder investigar este tipo de situaciones, este reconocimiento de la importancia del individuo y sus decisiones hace que el modelado basado en agentes sea un marco obvio dentro del cual se pueden crear simulaciones y poner a prueba ideas (Gilbert y Terna, 2000). Una ventaja particular de los modelos basados en agentes es su capacidad para representar y probar la teoría social que no se puede describir fácilmente usando fórmulas matemáticas. Crooks y Heppenstall (2012) destacaron varias ventajas del modelado basado en agentes sobre otras técnicas. Estos incluyeron la capacidad de capturar fenómenos emergentes a través del modelado ascendente (programar individuos con diferentes características que después interactúan como una sociedad dando lugar a la aparición de fenómenos sociales), proporcionar un entorno natural para el estudio de sistemas sociales y geográficos (los agentes pueden moverse alrededor de simulaciones espaciales), la inclusión fácil de un elemento estocástico (es decir, los modelos pueden contener un elemento de aleatoriedad), agentes que se adaptan a los cambios en las circunstancias y la capacidad de tener un número ilimitado de parámetros y reglas. Además, Bonabeau (2002) presentó una serie de situaciones en las que el uso de modelado basado en agentes puede tener una ventaja:

1. La interacción entre agentes es complicada, no lineal, discontinua o discreta. Esto puede ser particularmente útil si se describe la discontinuidad del comportamiento individual, por ejemplo, usando ecuaciones diferenciales.
2. La capacidad de diseñar una población heterogénea de agentes con un modelo basado en agentes es significativa debido a que los agentes pueden representar cualquier tipo de unidad. La heterogeneidad también permite la especificación de agentes con diversos grados de racionalidad esto quiere decir que se ofrecen ventajas sobre los enfoques que suponen individuos perfectamente racionales.
3. La topología de las interacciones del agente es heterogénea y compleja. Las ecuaciones de flujo agregado generalmente suponen una mezcla homogénea global, pero la topología de una red de interacción puede conducir a desviaciones significativas del comportamiento agregado previsto.
4. Los agentes exhiben un comportamiento complejo, que incluye aprendizaje y adaptación.

Otra ventaja de los modelos basados en agentes es que son dinámicos ya que pueden simular la aparición de un fenómeno a lo largo del tiempo. Este es una marcada diferencia con la naturaleza estática de los estilos anteriores de modelos urbanos y regionales. Si bien el tiempo se representa en pasos discretos, los pasos de tiempo pueden equivaler fácilmente a segundos, días o años. Se pueden representar múltiples escalas de tiempo dentro de modelos basados en agentes mediante el uso de relojes automáticos (Torrens, 2003). Estos tienen una gran utilidad para simular de manera realista el desarrollo urbano o un fenómeno geográfico particular (O'Sullivan, 2001). Relacionado con esto está el tema de la escala espacial. Los modelos basados en agentes se pueden definir dentro de cualquier área de aplicación, por ejemplo, un edificio, una ciudad o una red de carreteras. Esto significa que los modelos basados en agentes no tienen escala predefinida con los fenómenos de interés ya que se puede impulsar el uso de la escala que se quiera utilizar de acuerdo a nuestras

preferencias o a las necesidades de la investigación, por ejemplo, la escala puede ser desde el micro movimiento de peatones dentro de un edificio durante una evacuación (Helbing, 2000) hasta el movimiento de automóviles en una red de calles (por ejemplo, Nagel, 2003) o el estudio del crecimiento urbano (por ejemplo, Brown et al., 2005). También es posible combinar estos objetos para representar fenómenos a diferentes escalas dentro del mismo modelo y finalmente, la movilidad de agentes hace que los modelos basados en agentes sean muy flexibles en términos de posibles variables y parámetros que pueden especificarse.

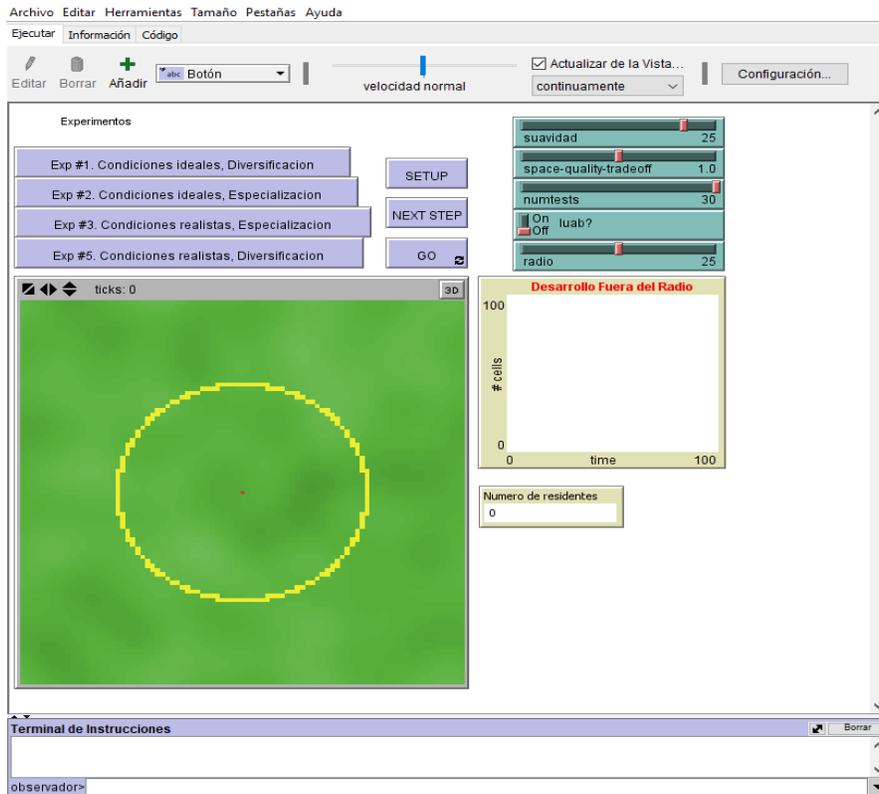
El interés en el modelado y la simulación de sistemas complejos con procesos que ocurren en varias escalas espaciales y temporales está aumentando, particularmente en estudios biológicos, históricos y geográficos. En este trabajo se propone un modelo para dar cuenta de los procesos que operan a varias escalas. Siguiendo este enfoque, el "mundo" que se programó cuenta con sus propios lugares, agentes, resolución espacial y escala temporal, todo ello con la finalidad de poder representar una situación del mundo real con un mayor nivel de detalle, lo que permitirá poder estudiar fenómenos sociales con mayor precisión. Presentamos y discutimos una aplicación de este modelo al tema de la aglomeración urbana, en donde los agentes formaran una ciudad dependiendo de las características que buscan para satisfacer sus necesidades, con especial énfasis en el intercambio de información lo que provocara que se formen dos distintos tipos de aglomeración, uno de los escenarios modelados es el de urbanización en donde la diversificación es lo esencial para el desarrollo por la gran cantidad de distintas empresas, la localización es otro escenario desarrollado en donde se promueve la especialización debido a la agrupación de empresas de un mismo tipo.

### **3.2 OBJETIVO DEL MODELO**

Los modelos basados en agentes para Ehrentreich (2007), Gilbert y Troitzsch (2006) tienen la posibilidad de reconstruir y crear comportamientos complejos en mundos artificiales a partir de reglas relativamente simples y han mostrado ser una herramienta útil para modelar sistemas complejos, para distintos campos de la física y las matemáticas. La difusión de las simulaciones computacionales para las ciencias sociales se amplió a partir de la década de los 90's, donde trabajos como los de Epstein y Axtell (1996) fueron algunos de los precursores en temas económicos, observando que a partir de interacciones individuales de agentes se observan cómo procesos a nivel micro generan patrones macroscópicos.

El modelo tiene la finalidad de poder servir para explorar en primer lugar los efectos de la heterogeneidad del agente en los patrones de asentamiento urbano (Brown y Robinson 2006), el grado en que las preferencias del agente en el modelo pueden producir patrones que se aproximan a la distribución de los tamaños de parche establecidos en ciudades reales (Rand et al. 2003), dependencia de la ruta en los patrones de asentamiento urbano y sus implicaciones en la evaluación y validación de patrones espaciales (Brown et al. 2005), el papel de la zonificación en la restricción de los posibles patrones de formación de ciudades (Zellner et al. 2003), y por último los efectos de la especialización y diversificación en un patrón urbano (Brown et al. 2004).

Figura.3.3 Condiciones iniciales del modelo



Fuente: Elaboración propia en base a investigación.

### 3.2.1 METODOLOGIA DEL MODELO

#### VARIABLES DE ESTADO Y ESCALA

Este modelo comprende un paisaje que consta de celdas y dos tipos de individuos: agentes y centros de servicio, cuyos principales comportamientos son ubicarse en un paisaje basado en una cuadrícula después de un proceso de toma de decisiones para su ubicación. Para usar en el modelo, todas las variables de estado se escalan en un rango del 1 al 10.

Paisaje:

Variable	Descripción
Coordenadas	Coordenadas X e Y de la celda, que determinan la distancia euclidiana a los centros de servicio.
Calidad estética	Un indicador relativo del atractivo estético de una celda para los agentes.
Distancia a los centros de servicio	La distancia euclidiana a uno o más centros de servicio y con una escala tal que 1 representa la

	distancia más corta y 10 representa la distancia más larga observada en un paso de tiempo dado.
Densidad del vecindario	El número de celdas ocupadas por los agentes y centros de servicio dentro de un vecindario alrededor de una celda dada.
Similitud del barrio	La similitud entre los atributos de preferencia de los agentes ya ubicados en el vecindario de una ubicación determinada y un agente que apenas evalúa la ubicación para poder asentarse.

Agentes:

Variable	Descripción
Coordenadas	Coordenadas X e Y de la celda donde el agente reside
Alpha (calidad estética) *	Importancia relativa que le da el agente a la calidad estética
Beta (calidad estética)	Valor preferido del valor estético en el rango
Alpha (distancia a los centros de servicio) *	Importancia relativa que le dan los agentes a la distancia de un centro de servicio.
Beta (distancia a los centros de servicio)	Valor preferido de distancia a los centros de servicio en el rango de un agente.
Alpha (densidad del vecindario) *	Importancia relativa para el agente de la densidad del vecindario.
Beta (densidad de vecindario)	Valor preferido de densidad para un agente en el rango.
Alpha (similitud de vecindario) *	Importancia relativa para el agente de la similitud del barrio.
Beta (similitud de vecindario)	Valor preferido de similitud de vecindario en el rango
Utilidad	El nivel general de satisfacción que recibe un agente de una elección de ubicación.

Centros de servicio:

Variable	Descripción
Coordenadas	Coordenadas X e Y de la celda donde se encuentra el Centro de Servicio.

## RESUMEN DEL PROCESO

Este es un pseudo código del proceso programado en Netlogo, básicamente es una versión simplificada del modelo para dar una idea de lo que pretende hacer el programa cuando se ejecuta.

- For 1 to the defined number of residents to enter at each time step (specified by the user or file) Create a new Resident.
- For 1 to the number of locations to test
- Randomly select an unoccupied location (without replacement)
- Calculate Neighbourhood Similarity
- Evaluate Utility at that location
- If it is the first location then
- Store the Location and Utility as the best location.
- Else if it is not the first location evaluated by the resident then
- If the current location's Utility > best location's utility then
- Set the best Location and Utility to the current location
- End if
- End if
- Next Test Location
- Put Resident in the best location.
- Set Resident X,Y properties and utility values to those from the new location
- Calculate Neighbourhood Density for all cells
- If option is selected, update Aesthetic Quality near new resident
- If the total number of residents in the world divided by the specified number of residents per service centre minus the number of existing Service Center is  $\geq 1$  then
- Select a random adjacent cell next to the last resident agent.
- Do until a location is selected for the Service Centre.
- To get a new location spiral outward from the last resident location, while checking for edge effects.
- If the location is not occupied then select the location.
- End if
- End Do
- Create a Service Centre
- Set Service Centre X,Y properties to those from the new location
- Calculate Distance to Service Center for all cells
- If option is selected, update Aesthetic Quality near new service center
- End IF
- Next Resident

## **ASPECTOS DEL MODELO**

### **EMERGENTE**

Este modelo fue diseñado para explorar los procesos que dan lugar a los patrones espaciales de asentamiento de tierras en una ciudad creciente, descrito en términos de sus propiedades globales y locales, por ejemplo, la cantidad de desarrollo que ocurre ya sea dentro o fuera de los límites de la ciudad y la agrupación de parches, también se pretende evaluar las distribuciones de utilidad logradas por los agentes residenciales. Estos patrones surgen de las decisiones colectivas de los agentes residenciales sobre dónde desean ubicarse en función de sus preferencias. Mientras que los agentes pueden preferir ubicarse cerca de centro de servicio en donde pueden encontrar los recursos necesarios para poder satisfacer sus necesidades, y el centro de servicio tiene una

ubicación definida en el mapa al principio de la simulación, los patrones de los próximos centros de servicio se desarrollan dinámicamente y, por lo tanto, la fuerte preferencia por la cercanía a los centros de servicio no necesariamente resulta en un desarrollo menos extenso.

#### ADAPTACION

El modelo incluye la adaptación solo en el proceso de liquidación al elegir la mejor ubicación en términos de utilidad. Se podrían diseñar extensiones del modelo que incluyan aún más adaptación. Por ejemplo, los residentes pueden ajustar sus preferencias en función de la experiencia (es decir, dónde se instalan inicialmente), por ejemplo, una empresa en un inicio se instala en un municipio diverso para poder encontrar el mejor método de producción y cuando lo encuentra puede cambiar de ubicación a un municipio especializado o las preferencias de sus vecinos (a través de un proceso de aprendizaje social). Dichos ajustes podrían influir en sus cálculos de utilidad o, si se permitiera la reubicación en el modelo, las decisiones de ubicación posteriores.

#### APTITUD

Cada agente tiene asignadas preferencias cuando se crean y las usa para sopesar alternativas de ubicaciones. En la versión actual del modelo, estas preferencias no cambian durante el curso de la ejecución del modelo. La asignación se basa en un sorteo aleatorio de valores predefinidos de una distribución, destinada a representar la distribución de preferencias dentro de la población.

#### PREDICCIÓN

En este modelo, los agentes residenciales calculan la utilidad en función del estado actual del paisaje. Las predicciones que hacen los agentes en el momento en que toman su decisión de ubicación, por lo tanto, suponen que no hay cambios en el futuro. Esta es una forma de predicción tácita y sinceramente ingenua, aunque siendo una primera versión puede dar una idea de los patrones de ubicación que pueden tener las personas en una ciudad real.

#### INTERACCION

Los agentes interactúan directa e indirectamente. Las interacciones indirectas implican las opciones de uso de la tierra que afectan las características del paisaje que los agentes posteriores evalúan y la utilidad calculada de sus vecinos. Los agentes interactúan directamente cuando un agente entrante tiene en cuenta las características de preferencia de los residentes vecinos en su determinación de la utilidad que obtendrá de una ubicación en particular. Asumimos que los agentes obtienen retroalimentación de las preferencias de sus vecinos potenciales, cuando buscan un lugar para vivir, mirando las características de los agentes ya asentados y del paisaje.

#### SENTIDO

Se supone que los agentes conocen perfectamente la calidad estética del paisaje actual, la distancia a los centros de servicio, la similitud del vecindario y la densidad del vecindario de todos los lugares que muestrean. Sin embargo, su capacidad para muestrear ubicaciones está restringida por un parámetro, que controla lo incompleto de la información disponible sobre el mercado inmobiliario. Maximizan la utilidad de entre las opciones disponibles para ellos.

#### ESTOCASTICIDAD

El modelo usa la estocasticidad para representar en primer lugar las preferencias residenciales de los agentes (definidos por distribuciones predefinidas), los patrones de calidad estética, y la ubicación de los centros de servicio (guiado por la ubicación de un residente).

#### COLECTIVOS

Existen dos tipos de colectivos dentro del modelo. El primer tipo es la categorización de la localización de agentes y los centros de servicio, lo que afecta su comportamiento. El segundo tipo, que afecta solo las características del agente, implica, en algunos experimentos, la identificación de categorías de residentes que tienen sus distribuciones separadas de las preferencias que definieron.

#### OBSERVACION

Las observaciones incluyen una visualización gráfica de los patrones de uso de la tierra, métricas que miden la expansión y fragmentación de los patrones de liquidación y métricas que describen la distribución de los logrados niveles de utilidad en la población de agentes.

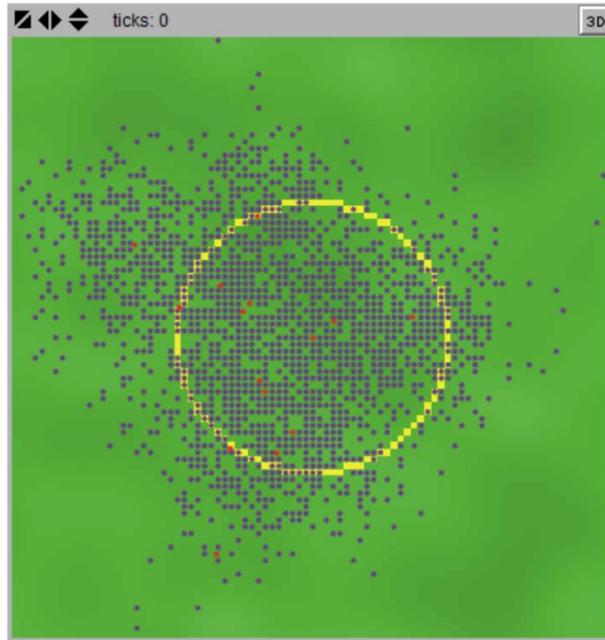
Una parte importante del proceso de modelado es el desarrollo de modelos simples para ayudarnos a observar nuestras intuiciones sobre las causas y las implicaciones de un patrón que observamos en la realidad. Estos modelos simples pueden ayudarnos a comprender nuestras suposiciones sobre cómo es la toma de decisiones humanas, los procesos ecológicos y las interacciones entre los componentes modelados se afectan entre sí y se agregan para producir resultados a nivel macro o del sistema.

En el modelo presentado en este trabajo, considera la cuestión de cómo los diferentes supuestos de comportamiento afectan la extensión y la expansión de aglomeraciones dependiendo de si esta se enfoca a la especialización o la diversificación. Este modelo permite al usuario explorar de una manera más interactiva los supuestos de los modelos de ubicación residencial. A través de este trabajo, se espera que la finalidad de este modelo lleve a convertirse en una herramienta para ayudar a generar y evaluar hipótesis sobre la ubicación residencial y los patrones de asentamiento, aprender sobre el modelado basado en agentes y ver la utilidad de modelos simples que pueden usarse para formar la base de modelos más grandes y complicados.

Lo que sigue es una guía visual de los parámetros usados en el modelo, acompañado de una serie de experimentos y preguntas que ayudaran a entender el comportamiento y estructura del modelo, y sobre todo el modelado basado en agentes y la expansión residencial en general.

El modelo tiene cuatro componentes que son visibles durante la configuración y también cómo se ejecuta. El paisaje, los agentes residenciales, los agentes del centro de servicios y un límite de medición de expansión (un círculo amarillo). El modelo se inicializa con un agente Centro de Servicio en el centro del paisaje (punto rojo) esta ubicación puede cambiarse, pero se eligió el centro del mapa debido a que se puede ver con mayor claridad la distribución de los agentes cuando se ejecuta el modelo, otro punto es que se está rodeado por el límite de expansión, en un paisaje de calidad estética. Los residentes que se ubican fuera del límite de expansión se cuentan como unidades de asentamiento residencial en expansión (cuadrados negros). El número de unidades en expansión proporciona una medición para comparar entre diferentes configuraciones de modelo y el nivel general de expansión. La imagen a continuación tomada del modelo ya implementado muestra los componentes del paisaje.

Figura 3.4: Entorno del modelo.



Fuente: Elaboración propia en base a investigación.

Área Verde: Paisaje

Puntos negros: Residentes

Puntos rojos: Centros de servicio

Circulo amarillo: Limitación o área geográfica

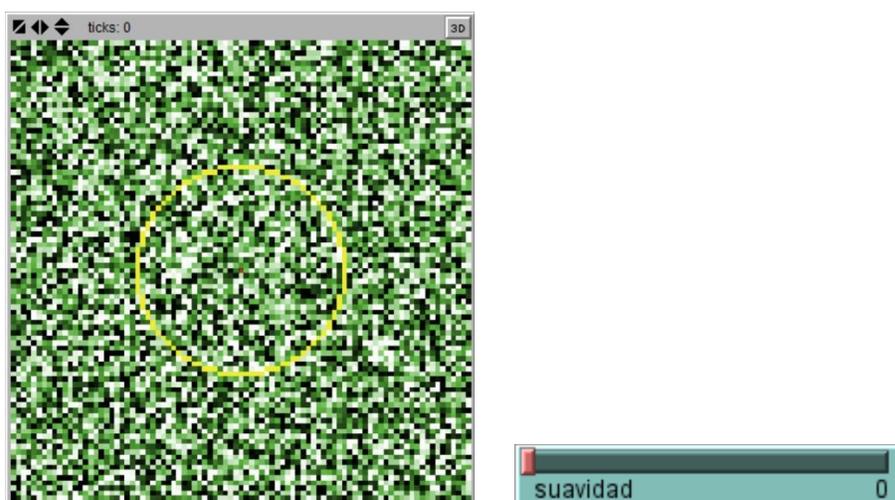
El modelo se inicializa con un centro de servicio ubicado en el centro del paisaje, aunque como ya se dijo anteriormente esto se puede cambiar en la configuración del modelo, sin embargo, se elige esa posición para una mejor visualización de la distribución de los residentes y las concentraciones que se forman dentro de los límites del círculo como por fuera de él. El modelo avanza en pasos de tiempo discretos, por lo que cada paso de tiempo podría representar un mes o un año. El vínculo entre el tiempo lógico del modelo y el tiempo del mundo real no se ha hecho explícito en esta versión simple, pero tiene el potencial de mejorarse tomando en cuenta los documentos de modelado de otros experimentos que tomen en consideración el tiempo y que se hacen referencia en este trabajo. Cada paso de tiempo, se crean 10 agentes residenciales y se evalúa un cierto número de ubicaciones que ayudan al agente (parámetro numTests) con el establecimiento de la ubicación que maximiza su utilidad tomando en cuenta tanto la calidad estética y la cercanía a los centros de servicios urbanos. Después de que 100 agentes domésticos residenciales se hayan

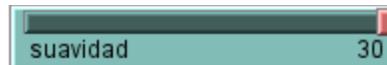
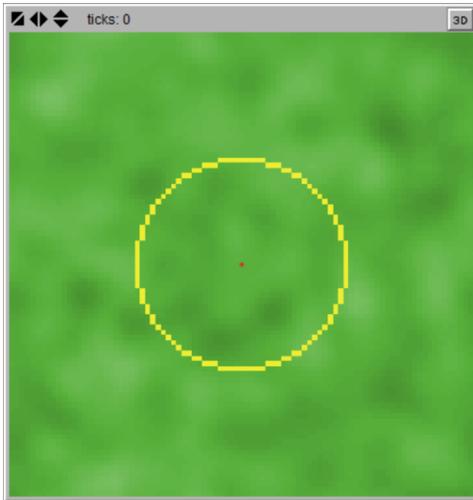
establecido, se crea un nuevo agente de centro de servicios que se ubica en la cercanía del último agente residencial y este proceso se repite dependiendo de qué tan extensa se quiera la simulación.

El modelo está situado en un paisaje hipotético que tiene una variable ambiental única, la belleza ambiental o, como nos referimos a él, la calidad estética. La calidad estética de cada celda se establece al comienzo de cada ejecución del modelo utilizando un mapa aleatorio que se suaviza hasta cierto punto, especificado por un parámetro llamado "suavidad". El parámetro de suavidad crea un patrón de calidad estética de grano más grueso a valores de parámetros más altos y a niveles bajos la suavidad del territorio es lisa. Sin suavidad, los valores estéticos del paisaje varían mucho y son completamente al azar. Con una gran suavidad, los valores cambian poco de un lugar a otro. En el modelo, puede moverse el control deslizante en el widget de suavidad para cambiar la suavidad del paisaje. En futuras mejoras al modelo se podría mejorar la calidad estética del mapa para que leyera desde una capa de datos como GIS y representar un territorio real, si se quisiera evaluar dinámicas en un lugar en particular.

La decisión que toman los agentes para cooperar no solamente se basa en la afinidad que tienen entre ellos también en este proceso de decisión se tiene en cuenta la viabilidad del territorio. La suavidad viene a representar la facilidad con la que pueden interactuar los agentes ya que mientras más suave significa que el ambiente cuenta con las condiciones propicias para un asentamiento y los agentes toman la decisión para formar un centro de servicio basada enteramente en la interacción entre agentes, mientras que a menores niveles de suavidad el territorio toma una mayor relevancia en la toma de decisiones de los agentes. A continuación, se muestran ejemplos de los niveles de suavidad y como esto afecta a la calidad estética del paisaje:

Figura 3.5: Niveles de suavidad del paisaje.





Fuente: Elaboración propia en base a investigación.

### **Programación de los residentes y centros de servicio**

La instrucción básica y a la vez más importante es que los agentes residenciales se ubican en las celdas que maximizan su utilidad. Los residentes evalúan la utilidad calculando una puntuación para cada celda muestreada que está en función de la distancia de esa celda al centro de servicio más cercano, la calidad estética de esa celda y la propia importancia que el residente otorga a la distancia y la calidad estética. El comportamiento estándar de los residentes es que todos prefieren celdas que están más cerca de un centro de servicio y que tengan una mayor calidad estética, sin embargo, este comportamiento está sujeto a cambios de acuerdo con el tipo de experimento que se desee ya que los residentes pueden ser modificados para que le den importancia solamente a un solo parámetro o que busquen un equilibrio.

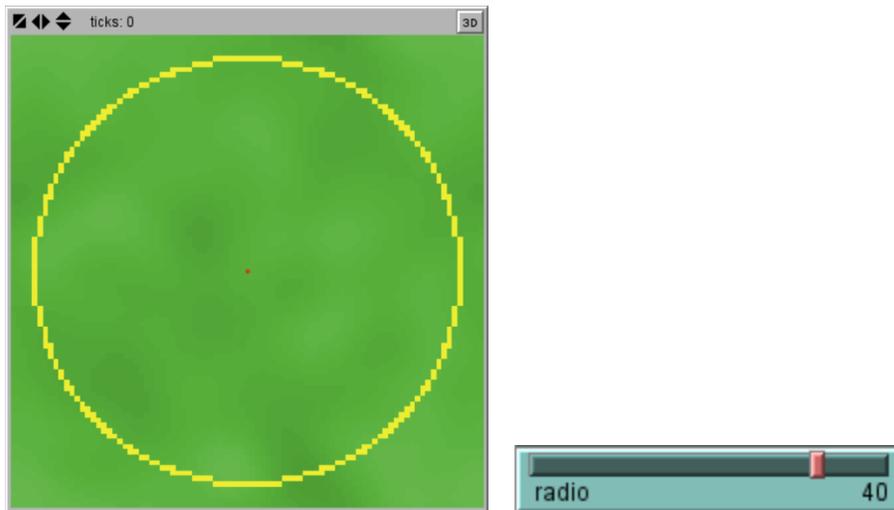
La importancia que los residentes le dan a la calidad estética y la distancia se establece de acuerdo con un parámetro llamado "Espacio-Calidad-Intercambio". Si este valor es 1.0, a cada factor se le asigna el mismo peso en la toma de decisión de los agentes. Un valor de 2.0 pone todo el énfasis en la distancia, sin tener en cuenta la calidad estética. Por el contrario, un valor de 0.0 obliga a los residentes a considerar solo la calidad estética, sin tener en cuenta la distancia del centro de servicio. Todos los residentes son afectados por los mismos valores de este parámetro. Los residentes buscan ubicarse en las celdas que maximizan su utilidad. Sin embargo, solo pueden probar una pequeña cantidad de celdas antes de seleccionar una. El parámetro "pruebas" determina cuántas celdas obtiene cada residente para muestrear y, en esta versión del modelo, se puede establecer en cualquier valor de 1 a 30 (15 es el valor predeterminado). Al proporcionar a los residentes información incompleta sobre las células en el paisaje, este proceso representa una forma de racionalidad limitada.

### Programación de la expansión

Debido a que nuestro interés ha estado en el uso de ABM para ayudar a comprender la expansión urbana en caso de que se busque la especialización o la diversificación, hemos incorporado una medida de expansión en el modelo. La medida es simplemente el número de desarrollos (residentes o centros de servicio) que se encuentran fuera de un radio de distancia especificado desde la celda central. El círculo definido por este radio se muestra en amarillo en la pantalla y se puede cambiar utilizando el parámetro "radio". En cada paso de tiempo, se cuentan las celdas que quedan fuera del radio especificado y el número se representa en el gráfico. Las configuraciones de modelo que ubican a más residentes fuera del radio en un paso de tiempo dado indican un sistema con más expansión territorial o también puede interpretarse desde un punto de vista de localización en dónde el desarrollo territorial concentra a todos los residentes y centros de servicios dentro de la limitación lo que quiere decir que se concentró el desarrollo en un solo lugar por ejemplo en el caso de la especialización, mientras que en un desarrollo diversificado la expansión estaría más amplia es decir los residentes y los centros de servicio se localizarían más allá de la limitación. A continuación, se muestran algunos ejemplos de los distintos parámetros que se pueden lograr con este modelo al modificar el parámetro radio dentro del modelo.

Figura 3.6: Delimitación del territorio





Fuente: Elaboración propia en base a investigación.

## Interacción social

El modelo también tiene la capacidad de incorporar una interacción humano-ambiente. Esta función se puede activar y desactivar con el interruptor "LUAB". Con 'LUAB' (El uso del suelo afecta la belleza) apagado, los residentes evalúan el paisaje, pero no cambian el valor estético del paisaje. Cuando se activa "LUAB", cada desarrollo reduce la calidad estética de las celdas a su alrededor. Esto puede resultar en cambiar las decisiones tomadas por los residentes posteriores a medida que evalúan la calidad estética de las celdas disponibles. Este proceso puede reducir la conveniencia de ubicaciones seleccionadas al principio del modelo y puede servir como una forma de retroalimentación negativa, es decir zonas del paisaje en las que se tenían características favorables para el desarrollo pueden resultar afectadas por la gran cantidad de agentes que se alojan en la cercanía de esa celda, un ejemplo de la vida real sería cuando una zona favorable empieza albergar a una población más allá de sus capacidades provocando situaciones desfavorables como el aumento de tráfico, la contaminación, delincuencia, etc.

La aglomeración es un proceso que se desarrolla por la interacción social, los agentes buscan compartir información y a partir de esta interacción pueden llegar a formar estructuras sociales de acuerdo con sus necesidades (especialización o diversificación). La capacidad de decisión de cada agente tiene dos componentes, las opciones de decisión con que se programan pueden ser estáticas o dinámicas.

Las opciones dinámicas existen solo durante la ejecución de la simulación, por lo tanto, se infiere que estas opciones están almacenadas en los atributos del agente, es decir son todos los atributos con los que se programó al agente para la toma de decisión cuando se inicia la simulación.

Las opciones estáticas son las especificadas durante la parte de la experimentación. Un experimento consiste en provocar un fenómeno en unas condiciones determinadas con el fin de analizar sus

efectos o verificar una hipótesis. Para poder demostrar la urbanización que se produce dependiendo de las necesidades de los agentes (especialización o diversificación), estos fueron programados con un atributo de información que viene a representar el conocimiento que poseen.

Basicamente, a cada agente se le asigna al azar un número que representa el tipo de información con la cuenta, para simplicidad solo pueden tener un número del 1 al 10. Dependiendo del tipo de experimento cambia la escala de números que se les puede asignar a cada agente.

En un experimento de diversificación lo primordial es la gran cantidad de información, por lo tanto, existe mucha variedad en la información, por eso es que en este tipo de experimentos la escala va del 1 al 10. En la especialización lo que se busca es lo opuesto, es decir, no se necesita una gran variedad de información, por lo tanto, la escala de números en este tipo de experimentos va del 1 al 5.

Teniendo en cuenta solamente el aspecto de la información en la toma de decisión, los agentes están programados para buscar a otros con el mismo tipo de información, si estos no se encuentran cerca entonces buscan el número que sea uno menor al que se le asignó. Por ejemplo, a un agente se le asignó el número 5 pasará a buscar a otro agente con el número 5, si lo encuentra entonces decide asentarse. En caso contrario que no encuentre a otro agente con el número 5 entonces pasará a buscar a un agente con el número 4 y si lo encuentra entonces decide asentarse, si no encuentra a un número 4 entonces busca a un número 3 y este comportamiento se repite hasta que encuentre uno cercano.

Sin embargo, esto solamente es una parte que influye en el comportamiento ya que en la toma de decisión completa también influye la calidad estética del territorio y la distancia a la que se encuentran de un centro de servicio.

### **3.2.2 EXPERIMENTOS**

#### **Experimento 1. Condiciones de diversificación**

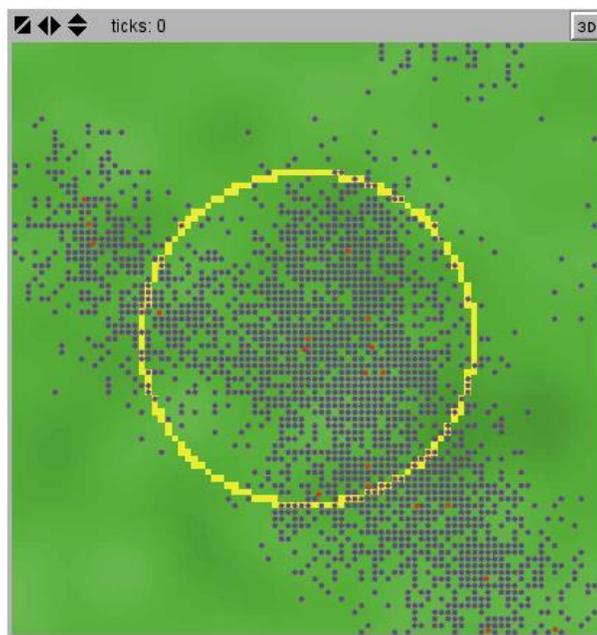
Los investigadores se han preguntado por qué surgen las áreas urbanas y que fuerzas son las que contribuyen a su crecimiento. La idea básica a la que se llegó para poder explicar este fenómeno explica el surgimiento de las ciudades debido a las ventajas de la concentración económica. Existen dos tipos de concentración, un tipo de beneficio de aglomeración puede surgir de empresas en múltiples industrias ubicadas en un área, proporcionando una base industrial diversa. Tal variedad de industrias puede permitir a las empresas acceder a una gama más amplia de actividades comerciales como servicios bancarios y legales o mejores redes de transporte, así como un grupo más abundante de trabajadores. Beneficios derivados de la diversidad de industrias son conocidas como "economías de urbanización".

Una importante fuente de las economías de aglomeración, tanto dentro de las industrias de un mismo tipo como en todas las industrias, proviene de la frecuencia de interacciones entre personas dentro de un área urbana y las oportunidades de aprender unos de otros, lo que crea derrames de conocimiento o beneficios que las empresas reciben de forma gratuita sin costo para ellos.

En el modelo la variable de información es la base para poder programar el comportamiento tanto de los agentes como de los centros de servicios, la "suavidad" del terreno para este experimentos

se colocó en un parámetro suave dando a entender que el territorio cuenta con las condiciones propicias para el desarrollo, la justificación es que en este primer experimento lo que va a moldear el comportamiento es la cantidad de información y no las condiciones del terreno. El supuesto con el que se parte es que las ciudades diversas tienden a expandirse en el territorio dando lugar a una variedad de industrias a diferencia de una especializada que se concentra en un solo lugar debido a que buscan empresas de su mismo ramo, las ciudades diversas basan su fortaleza en la variedad de empresas de distintas ramas y a partir de esto es como se desarrollan su estructura urbana en donde no existe un lugar en donde se concentre toda la actividad sino más bien esta se reparte entre todo el territorio.

Figura 3.7 Diversificación en condiciones ideales.



Fuente: Elaboración propia en base a investigación.

### Experimento 2. Condiciones de especialización

Según la teoría de Marshall-Arrow-Romer, los efectos indirectos del conocimiento, es decir, las externalidades dinámicas, tienen lugar dentro de las industrias. El modelo Marshall-Arrow-Romer formaliza la idea de que la concentración de una industria, o en su caso la especialización en una ciudad facilita la difusión del conocimiento entre empresas y por lo tanto también propicia la innovación y el crecimiento en esa industria (Feldman et al., 1999). Las industrias regionalmente especializadas crecen más rápido porque las empresas vecinas pueden aprender unas de otras mucho mejor que las empresas geográficamente aisladas. La aglomeración de la industria local también puede aumentar innovación directamente al proporcionar activos y actividades complementarios específicos de la industria que pueden reducir el costo de los suministros para la empresa o crear una mayor especialización en los mercados de insumos y productos (Feldman,

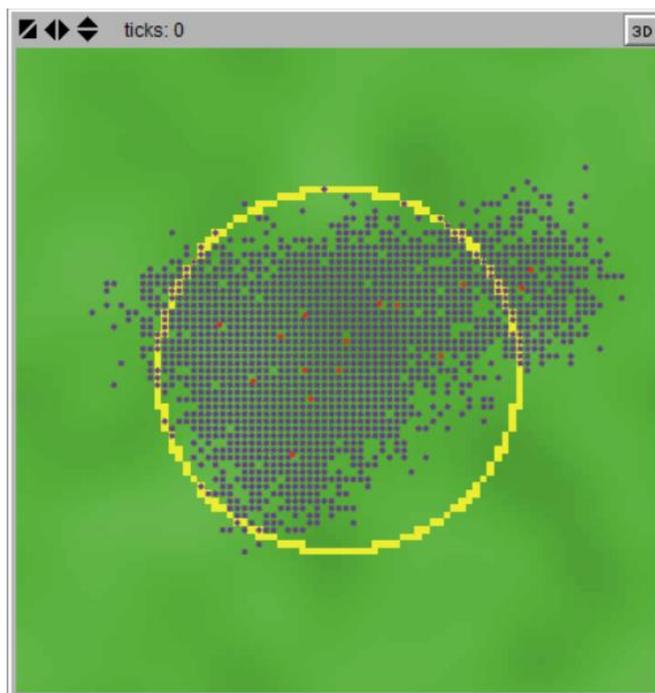
1999). Las economías de localización que se obtienen al ubicarse en un mismo lugar industrias vinculadas por sus relaciones de complementariedad.

La importante fuente de las economías de aglomeración, tanto dentro de las industrias de un mismo tipo como en todas las industrias, proviene de la frecuencia de interacciones entre personas dentro de un área urbana y las oportunidades de aprender unos de otros, lo que crea derrames de conocimiento o beneficios que las empresas reciben de forma gratuita sin costo para ellos. En el modelo la variable de información es la base para poder programar el comportamiento tanto de los agentes como de los centros de servicios, la “suavidad” del terreno al igual que en el anterior experimento se colocó en un parámetro suave dando a entender que el territorio cuenta con las condiciones propicias para el desarrollo, la justificación es que en este experimento lo que va a moldear el resultado final son las interacciones de las personas y no las condiciones del terreno.

El supuesto con el que se parte es que las ciudades especializadas tienden a concentrarse en el territorio dando lugar a una industria dominante a diferencia de una ciudad diversificada en donde la variedad de industrias en un lugar es lo primordial para su desarrollo, las ciudades especializadas tienen su fortaleza en la localización de empresas que se alinean a una misma rama y a partir de esto es como se desarrollan su estructura urbana en donde existe un lugar en donde se concentra toda la actividad importante del territorio.

La modelación nos dio como resultado una aglomeración concentrada, lo cual es el resultado esperado de acuerdo con la teoría expuesta anteriormente, en la imagen de la simulación se observa que los residentes y los centros de servicios se mantienen en la zona delimitada a diferencia del anterior experimento en donde la dispersión de los residentes fue en todo el territorio.

Figura 3.8 Especialización en condiciones ideales.

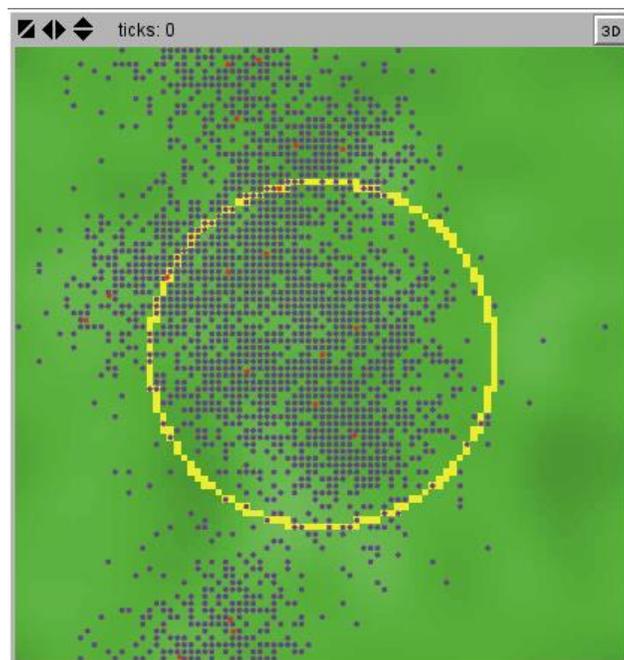


Fuente: Elaboración propia en base a investigación.

### Experimento 3. Modelación del territorio (Diversificación)

En los casos anteriores el comportamiento y expansión urbana de los residentes fue el esperado de acuerdo con su búsqueda de especialización o diversificación, en este caso se pretende cambiar las condiciones del terreno con el objetivo de observar su impacto dentro de la expansión urbana de cada uno de los escenarios ya sea de especialización o diversificación. En una simulación en donde las condiciones del terreno no son las ideales modificando la suavidad en un nivel bajo provocando que el terreno sea áspero, el resultado que se muestra en la simulación es parecido al que se logró en el primer experimento ya que los residentes se asentaron en todo el territorio más allá de la zona limite, la explicación de ello es que las ciudades diversas no se concentran en una parte del territorio por lo que en un territorio en donde las condiciones no son propicias no tiene un impacto alto en la simulación ya que los residentes buscaran los lugares del territorio en donde la suavidad sea mayor sin importar si se alejan de la zona limite ya que en un escenario de diversidad las condiciones adversas del terreno pueden ser contrarrestadas por la capacidad de aprendizaje, innovación, cooperación y adaptación de los distintos agentes.

Figura 3.9 Diversificación en condiciones adversas.



Fuente: Elaboración propia en base a investigación.

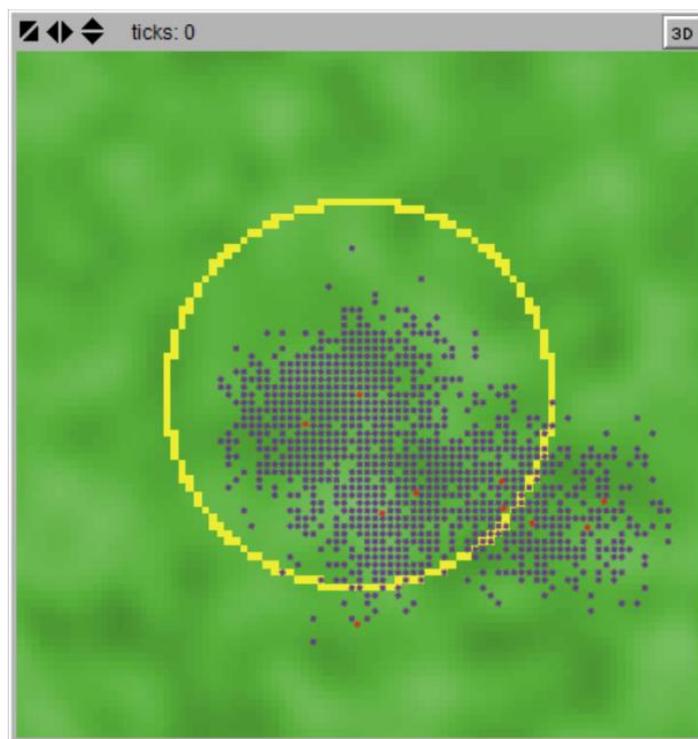
### Experimento 4. Modelación del territorio (Especialización)

En esta simulación las condiciones del terreno no serán las ideales por este motivo se modifica la suavidad en un nivel bajo provocando que el terreno sea áspero, el resultado que se muestra en la simulación es diferente al que se logró en el primer experimento ya que los residentes se asentaron en el territorio más allá de la zona limite a diferencia del experimento de especialización en donde

se concentraron en una zona, la explicación de ello es que las ciudades especializadas se concentran en una parte del territorio ya que aprovechan las condiciones, por lo tanto cuando las condiciones no son propicias tiene un impacto en la simulación de especialización ya que los residentes buscan los lugares del territorio en donde la suavidad sea mayor y como el territorio no es uniforme en sus condiciones entonces existen zonas de distintas condiciones por lo que se les dificulta a los residentes asentarse en un solo lugar teniendo que buscar más allá del territorio por lo que no se observa una concentración distintiva como en el caso del primer experimento de especialización.

La conclusión a la que se puede llegar en un inicio es del impacto en la simulación de las condiciones del territorio ya que los residentes en una situación de especialización se vieron forzados a expandirse en el territorio para buscar las zonas de mayor suavidad, impidiendo lograr una concentración dentro de la zona limite. Este experimento refleja los impactos que puede sufrir una ciudad especializada al enfrentar una crisis, una de las desventajas de la especialización tiene relación con la fortaleza de este tipo de ciudades, apostar todos los recursos a una actividad es una medida ideal si se quiere desarrollar una industria al explotar y desarrollar las condiciones de los territorios, sin embargo, si surge una crisis en la industria a la que se destinaron todos los recursos esta afecta enormemente la actividad de la zona por no tener la capacidad de resistir los choques debido a su incapacidad de adaptarse a tiempo.

Figura 4.1 Especialización en condiciones adversas.

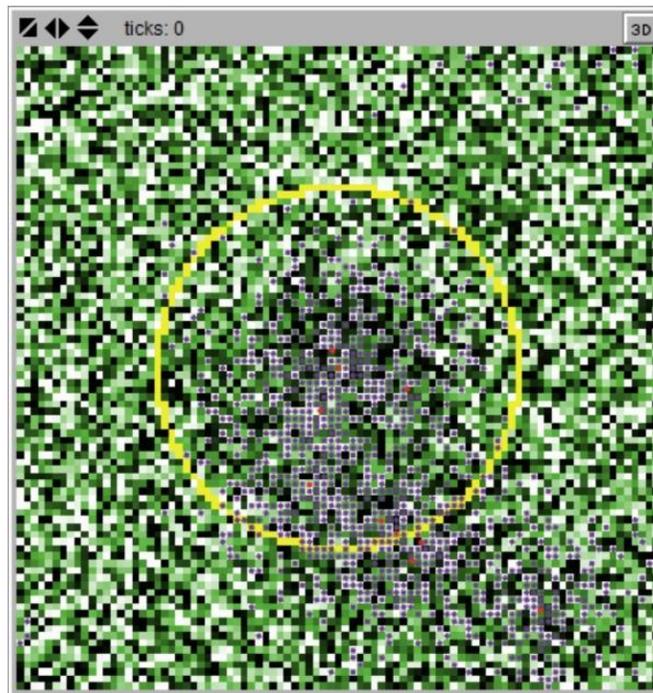


Fuente: Elaboración propia en base a investigación.

### Experimento 5. Resiliencia de la Especialización

La calidad del territorio tiene un impacto en un escenario de especialización, para poder observar aún mejor la situación se programó la suavidad en el nivel más bajo posible, dando a entender que las condiciones del territorio son las peores posibles como en el caso de una crisis. El resultado de la simulación fue el esperado basándonos en el anterior experimento, los residentes al no tener las condiciones propicias se dispersaron en mayor medida en el territorio, no tuvieron la capacidad de concentrarse en una zona aunque un punto interesante de la simulación es que la dispersión de los residentes fue mayor que en los anteriores experimentos de especialización pero sin llegar al nivel de los resultados de una ciudad diversificada, una conclusión que se puede extraer del experimento es sobre la resiliencia de una ciudad especializada ya que aunque las condiciones del territorio si tienen un impacto en la aglomeración también se observa la capacidad de este tipo de ciudades para resistir en cierta medida los choques de las crisis y mantener su estructura.

Figura 4.2 Especialización en condiciones de crisis.



Fuente: Elaboración propia en base a investigación.

Los distintos experimentos realizados para demostrar la aglomeración de los agentes en distintas condiciones siguieron el comportamiento esperado de la teoría, sin embargo, se debe recalcar la simplicidad de la simulación debido a que no se han podido programar interacciones más complejas entre los agentes y el ambiente en el que interactúan. Dando esta aclaración, esto no significa que los esfuerzos presentados no tengan valor porque de las simulaciones presentadas también se pueden extraer conclusiones sobre el comportamiento que lleva a la aglomeración, una primera observación es referente a la capacidad de los agentes de formar distintas concentraciones de

acuerdo con sus necesidades, en donde la importancia de las condiciones del ambiente y el comportamiento de los agentes juegan un papel importante.

Las condiciones de cada simulación permitieron ver los efectos que tiene la transmisión de la información en el desarrollo de una ciudad, en las simulaciones donde los agentes valoraban la concentración de la información, es decir la información que se concentra en un tema en específico o una rama tendieron a la concentración y el desarrollo de la ciudad se propago en un solo punto de todo el ambiente. La diversidad de la información conlleva a un desarrollo más amplio en el territorio, en las simulaciones en donde los agentes valoran una baja concentración de la información se vio un desarrollo menos concentrado fuera de los límites además de una alta dispersión de los centros de desarrollo.

La aglomeración tiene dos principales variables que llevan a su crecimiento y sobre todo influyen en el camino que esta seguirá. Las condiciones del ambiente son fundamentales ya que en un principio ponen las bases de desarrollo y la viabilidad de la región. Cuando las bases ya están puestas entonces las intenciones de los agentes moldean el desarrollo de la región y el crecimiento de esta, una región diversa o una especializada son los caminos que pueden llegar a tomar de acuerdo con el enfoque que necesitan sus residentes o en su caso también al desarrollo que se espera de la región y de las condiciones internas como externas.

Las condiciones favorables promueven el crecimiento pero que pasa cuando ya se dio este crecimiento y surge un evento imprevisto como son las situaciones de crisis que pueden traer cambios a la estructura de toda una región, en especial de las regiones especializadas. Los modelos en donde se programaron condiciones desfavorables en el ambiente mostraron que las regiones especializadas sufrieron un mayor impacto en su desarrollo sin embargo también demostraron una resiliencia a conservar su estructura. La crisis en una región especializada se debe principalmente al choque negativo que experimenta la industria de la que depende el desarrollo de la región, la ventaja de la diversificación es su capacidad de resiliencia al enfrentar una situación de crisis a diferencia de las regiones especializadas debido a la cantidad de industrias diferentes que se concentran y por lo tanto el choque negativo solo afecta a ciertos sectores pero el crecimiento de la región no depende enteramente de una sola actividad.

La especialización al canalizar todos sus recursos en una única actividad no tiene la facilidad de cambiar o al menos la velocidad que le permita afrontar la crisis, el experimento mostro un cambio de estructura parcial, es decir la región cambio parcialmente a una estructura diversificada dando lugar a la aparición de otras industrias, cabe recalcar que lo anterior no conlleva a la desaparición de la industria especializada en la región sino a una disminución de la participación de la actividad en el desarrollo de la región. La idea de un cambio parcial en la estructura es importante ya que se une con la idea del resto de este trabajo y el porqué del desarrollo actual de la ZMVM.

## 3.2 CONCLUSION

La gestión del conocimiento social tiene orígenes individuales, grupales y organizacionales; su efecto y alcance puede ser local, regional o global; a partir de los roles que desempeñan, los agentes que intervienen y los resultados que generan; mayormente es producto de la acción, la colaboración, la interacción entre actores dinámicos que tienen objetivos beneficiosos para la sociedad.

Sin lugar a duda cada vez aparece una mayor cantidad de investigaciones y experiencias acerca del conocimiento visto de una manera social y su gestión. Muchas de las técnicas de gestión aplicadas durante décadas como el trabajo en equipo, y los avances tecnológicos que favorecen la creación y desarrollo de redes sociales, extiende el concepto tradicional de comunidades hacia un conocimiento social que se genera y comparte en grupos y comunidades que no necesariamente pertenecen a la misma institución, cultura, región, país.

Durante las últimas décadas, ha habido un interés cada vez más creciente en la aplicación de la 'teoría de la complejidad' para pensar y aprender sobre el mundo real en el que todos vivimos. Este es un tipo particular de teoría sobre cómo ver el mundo y estudiarlo, que tiene una historia en Física y Matemáticas, pero que ahora también se aborda en todas las ciencias y cada vez más en las ciencias sociales e incluso en las artes y las humanidades. En pocas palabras, la teoría de la complejidad implica tratar de detectar, comprender y explicar tipos particulares de patrones de cambio y continuidad a través de sistemas dinámicos.

En las ciencias sociales, la complejidad es particularmente relevante dada la naturaleza dinámica abierta de los sistemas sociales. De hecho, vivimos en un mundo en el que los datos interminables en tiempo real son una parte fundamental del entendimiento de una sociedad, cada segundo se genera una "base de datos" virtual sobre cada uno de nosotros, como individuos, y los aspectos políticos, económicos, geográficos, ambientales, tecnológicos y culturales, redes y sistemas en los que vivimos, desde lo global hasta lo local. Además, todas estas redes complejas impulsadas por datos están colisionando entre sí, en múltiples niveles, moldeando y siendo moldeadas por factores y actores, estructuras y agentes, a medida que todo el mundo global y su mirada de comunidades contextualizadas e interdependientes evolucionan a lo largo del tiempo, espacio y lugar.

Estas nuevas experiencias deben potenciarse a fin de encauzar una cultura en la ciencia acerca de determinados elementos que intencionalmente se desee fortalecer utilizando las ilimitadas posibilidades de los recursos y activos presentes en la sociedad contemporánea. Las ciencias sociales pueden incorporar los recursos y activos que proporciona esta sociedad de la información.

El principal objetivo de la tesis es poder usar estos nuevos recursos para proporcionar un análisis de un tema de interés, en este caso es la aglomeración y como el conocimiento tiene un efecto en la capacidad de cooperar de los individuos, lo cual lleva a que formen estructuras sociales en donde pueden potenciar la diversificación o la especialización de sus conocimientos.

La cuestión más importante es considerar al proceso de aglomeración de una manera dinámica e interconectada en referencia a los individuos y a su geografía. La evolución de la aglomeración en la ZMVM a través del tiempo ha observado cambios significativos en el mercado laboral; se observa que conviven municipios en donde el progreso técnico, genera desplazamiento de mano de obra con municipios que atraen mano de obra. Algunos de los resultados de la simulación computacional,

muestra las posibles evoluciones del mercado laboral cuando surge una crisis en la actividad de las regiones. Esto se explica con el caso a resaltar de la especialización, las condiciones adversas modificaron de gran manera el comportamiento de los agentes, al no tener las condiciones ideales empezaron a romper la aglomeración en la que se encontraban y comenzaron a desplazarse. Un ejemplo con un caso real de este fenómeno se encuentra en el mostrado por el municipio de Tizayuca, cuando la industria de lácteos que origino el desarrollo de la región comenzó a presentar crisis afecto a la aglomeración, la industria no desapareció por completo pero el comportamiento de los individuos si lo hizo, las personas comenzaron a trasladar a otras regiones en donde tendrían mejores condiciones laborales.

Aunque la simulación es sencilla nos permitió explorar una serie de escenarios, sin embargo, por si sola la simulación no es suficiente ya que se debe tener un conocimiento empírico sobre la situación de la región, precisamente este enfoque multidisciplinario permite aprovechar las técnicas computacionales y complementar los hechos observados.

La conclusión a la que se llega con la situación actual de la región es que la falta de trabajo es un problema social y político en la mayor parte de la ZMVM, aprovechar las fortalezas de cada región con políticas económicas favorables sobre las empresas que promueven las fortalezas de cada región son clave para el crecimiento, debido a que, con estas, empresarios y gobierno pueden cambiar la evolución del mercado de trabajo a uno más favorable.

Compilando todo lo visto hasta ahora podemos proponer que el escenario más probable para la ZMVM es de una configuración del empleo con tendencias a un dinamismo mayor del sector comercial y de servicios, ello no significa que estos aumentos generen mayor empleo en todos los municipios que conforman a la ZMVM; al contrario, las estadísticas y los hechos dan pauta a que los empleos que se generen estarán concentrados solo en la CDMX y en algunos municipios del Estado de México, las industrias que no se alineen a estos sectores no crecerán al mismo ritmo y esto agravara el problema de las industrias en crisis.

## Bibliografía

1. Abdel-Rahman, H. M., & Fujita, M. (1993). Specialization and Diversification in a System of Cities. *Journal of Urban Economics*, 33(2), 189–222. doi:10.1006/juec.1993.1013
2. Illy, Annette; Horny, Christoph; Schwartz, Michael; Rosenfeld, Martin T. W. (2009) : Urban Growth in Germany – The Impact of Localization and Urbanization Economies, IWH Discussion Papers, No. 19/2009, Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung Halle (IWH), Halle (Saale),
3. OECD (2011). International capital flows: structural reforms and experience with the oecd code of liberalisation of capital movements. Tech. rep., OECD, Paris.
4. OECD (2005). Micro-policies for growth and productivity: Final report. Tech. rep., OECD, Paris.
5. KRUGMAN, P. & VENABLES, A.J. (1990). Integration and the competitiveness of peripheral industry. CEPR Discussion Papers, 363, 1–40.
6. KRUGMAN, P. (1980). Scale economies, product differentiation, and the pattern of trade. *The American Economic Review*, 70, 950–959.
7. KRUGMAN, P. (1991). Increasing returns and economic geography. *Journal of Political Economy*, 99, 483–499.
8. KALEMLI-OZCAN, S., SØRENSEN, B.E. & YOSHA, O. (2004). Asymmetric shocks and risk sharing in a monetary union: Updated evidence and policy implications for Europe. CEPR Discussion Papers, 4463, 1–25.
9. KALEMLI-OZCAN, S., SØRENSEN, B.E. & YOSHA, O. (2003). Risk sharing and industrial specialization: Regional and international evidence. *American Economic Review*, 93, 903–918.
10. KALEMLI-OZCAN, S. & NIKOLSKO-RZHEVSKYY, A. (2010). Does trade cause capital to flow? Evidence from historical rainfalls. NBER Working Papers, 16034, 1–47.
11. IMBS, J. (2004). Trade, finance, specialization, and synchronization. *The Review of Economics and Statistics*, 86, 723–734.
12. IMBS, J. (2006). The real effects of financial integration. *Journal of International Economics*, 68, 296–324.
13. IMBS, J. & WACZIARG, R. (2003). Stages of diversification. *The American Economic Review*, 93, 63–86.
14. PRADILLA COBOS, Emilio. - Territorios en crisis. México 1970 – 1982, Xochimilco, México: Red Nacional de Investigación Urbana y Universidad Autónoma Metropolitana, 1993.
15. PRADILLA COBOS, Emilio. - “Metrópolis y megalópolis en América Latina”, *Diseño y Sociedad*, otoño, núm. 8/98, Xochimilco, México: Universidad Autónoma Metropolitana, 1998.
16. PRADILLA COBOS, Emilio. - “La extinción de la planeación urbana”, *Ciudades*, núm. 66, abril-junio 2005<sup>B</sup>, México DF: red Nacional de Investigación Urbana.
17. OECD (2005). Micro-policies for growth and productivity: Final report. Tech. rep., OECD, Paris.

18. REDDING, S. (2002). Specialization dynamics. *Journal of International Economics*, 58, 299–334.
19. VERMEULEN, R. (2013). International diversification during the financial crisis: A blessing for equity investors? *Journal of International Money and Finance*, 35, 104–123.
20. Habermas, J. 1984, *Ciencia y técnica como ideología*, Ed. Tecnos. Madrid.
21. Gorz, A., 1995, *Metamorfosis del Trabajo*, 3ª Parte Ed. Sistemas
22. Carnap, Rudolf (1988): *La construcción lógica del mundo*, UNAM, México. (La obra original fue publicada en 1928)
23. Aristegui, R., y Leiva J., 1996 *Biología del Conocimiento*, *Neurolingüística y Comunicación Organizacional*. Presentación IV Congreso Internacional de Constructivismo. Bs. Aires
24. Habermas, J., 1986 *Problemas de legitimación en el capitalismo tardío*, Bs. Aires, Ed. Amorrorto
25. Quine W.V.O. (2000): *Acerca del conocimiento científico y otros dogmas*, Paidós, Barcelona.
26. Stewart, P. 2001. *Complexity Theories, Social Theory, and the Question of Social Complexity*. *Philosophy of the Social Sciences* 31(3): 323-360.
27. Taylor, M.C. 2003. *The Moment of Complexity. Emerging Network Culture*. Chicago: The University of Chicago Press.
28. Tyrtania, L. 1999. *Termodinámica de la supervivencia para las ciencias sociales*. Iztapala, México, D.F.: Universidad Autónoma Metropolitana.
29. Maldonado, C.E. (Comp.) 2005b. *Complejidad de las ciencias y ciencias de la complejidad*. Bogotá: Universidad Externado de Colombia.
30. Anderson, P.W, Arrow, K., Pines, D. 1998. *The economy as an evolving complex system I*. Santa Fe: Westview Press.
31. Arthur, B., Durlauf, S.N., Lane, D. 1997. *The economy as an evolving complex system II* Santa Fe: Westview Press.
32. Axelrod, R. (2003). "Advancing the art of simulation in the social sciences", in: *Japanese Journal for Management Information System*, Vol. 12, No. 3.
33. Arrow, K. (1962). *Economic welfare and the allocation of resources for invention*. In *The rate and direction of inventive activity: Economic and social factors* (pp. 609-626). Princeton University Press.
34. Epstein, J. M. (1999). *Agent-based computational models and generative social science*. Complexity.

### **ANEXO METODOLOGICO**

En este anexo se presenta el código del modelo basado en agentes, así como su respectivo funcionamiento y explicación del código que hace posible replicar nuestro fenómeno emergente.

## Cuadro A.1 Código de simulación.

```
breed [ resident ]
breed [ service ]
breed [ circle ]

resident-own [alphaq alphas utility]
patches-own [quality sddist]
globals [counter selx sely residentsperstep residentsperservice]

;;ESTE ES EL PASO DE CONFIGURACIÓN

;;----- Llama a los procesos que configuran los centros de servicio inicial y los parches.
to setup
  clear-all
  reset-ticks
  setup-service
  setup-patches
  set residentsperstep 10
  set residentsperservice 100
  set-default-shape circle "box"
end

;;----- Crea el centro de servicio inicial en medio del parche
to setup-service
  create-service 1
  ask service
  [
    set color red
    set shape "box"
  ]
end

;;----- Asignar y escalar valores iniciales de calidad estética y distancia a los servicios.
to setup-patches
  ask patches
  [set quality (random-float ( max-pxcor * 1.414 ) ) ]    ;; establecer rango de calidad equivalente a la distancia
  repeat suavidad [diffuse quality 1]
  ask patches
  [
    set sddist min [distance myself] of service
    set pcolor scale-color green quality
      ( 0.1 * ( max-pxcor * 1.414 ) )
      ( 0.9 * ( max-pxcor * 1.414 ) )
    if (distancexy 0 0) < radio + 0.5 and (distancexy 0 0) > radio - 0.5
      [set pcolor yellow]
  ]
end
```

```

;; ESTO SON OPERACIONES DE TIEMPO DE EJECUCIÓN

;;----- Procesos para localizar residentes y centros de servicios

to go
  locate-resident
  if counter > residentsperservice
    [
      locate-service
      set counter 0
    ]
  do-plots

  if count resident >= 2000 [stop]

end

;; ESTA SECCION LOCALIZA A LOS RESIDENTES

;;----- Esto cuenta a los residentes entrantes, llama a una rutina para ubicarlos, que mejora la calidad estética
to locate-resident
  repeat residentsperstep
    [
      create-resident 1
      set counter ( counter + 1 )
      ask max-one-of resident [who]
      [
        set color 114 ;; violeta
        set shape "box"
        set-alphas ;; determina las preferencias
        evaluate ;; selecciona una ubicación
        if ( luab? = true ) ;; reduce calidad estetica si luab? esta activada
          [
            ask patch-here [ set quality ( quality * 0.75 ) ]
            ask neighbors [ set quality ( quality * 0.9 ) ]
            ask neighbors4 [ set quality ( quality * 0.9 ) ]
            set pcolor scale-color green quality ( 0.1 * ( max-pxcor * 1.414 ) ) ( 0.9 * ( max-pxcor * 1.414 ) )
            ask neighbors
              [
                set pcolor scale-color green quality
                  ( 0.1 * ( max-pxcor * 1.414 ) )
                  ( 0.9 * ( max-pxcor * 1.414 ) )
              ]
          ]
      ]
    ]
end

```

```

;;----- Establezca valores alfa, aqui se pueden utilizar procedimientos alternativos
to set-alfhas
  set alphas Space-Quality-Tradeoff
  set alphaq (2 - Space-Quality-Tradeoff)
end

;;----- Seleccione sitios al azar, compara los servicios públicos con los residentes y seleccione y muévase al mejor.
to evaluate
  let xlist 0
  let canx 0
  let ylist 0
  let cany 0
  let util-list 0

  repeat numtests
    [
      ask one-of patches
      [
        set canx [pxcor] of patch-at 0 0
        set cany [pycor] of patch-at 0 0
      ]
      if ( ( count turtles-at canx cany ) = 0 )
      [
        set xlist ( sentence xlist canx )
        set ylist ( sentence ylist cany )
        set util-list ( sentence util-list
          ( ( 1 / [ sddist ] of ( patch canx cany ) ) ^ alphas ) *
          ( [ quality ] of (patch canx cany ) ) ^ alphaq ) )
      ]
    ]
  set selx item ( position ( max util-list ) util-list ) xlist
  set sely item ( position ( max util-list ) util-list ) ylist
  setxy selx sely
  set utility item ( position ( max util-list ) util-list ) util-list
end

;;----- Comienza con el último residente y se mueve en una dirección aleatoria, seleccionando el primer sitio disponible.
to locate-service
  create-service 1
  ask max-one-of service [who]
  [
    set color red
    set shape "box"
    setxy selx sely
    while [ any? other turtles-here ]
    [
      rt ( random 360 )
      fd 1
    ]
    if ( luab? = true )      ;;; reduce la calidad estetica si luab? esta activada
    [
      ask patch-here [ set quality ( quality * 0.75 ) ]
      ask neighbors [ set quality ( quality * 0.9 ) ]
      ask neighbors4 [ set quality ( quality * 0.9 ) ]
      set pcolor scale-color green quality ( 0.1 * ( max-pxcor * 1.414 ) ) ( 0.9 * ( max-pxcor * 1.414 ) )
      ask neighbors
      [
        set pcolor scale-color green quality
          ( 0.1 * ( max-pxcor * 1.414 ) )
          ( 0.9 * ( max-pxcor * 1.414 ) )
      ]
    ]
  ]
  ask patches
  [ set sddist min [distance myself] of service ]
end

to do-plots
  set-current-plot "Desarrollo Fuera del Radio"
  plot count resident with
  [ ( distancexy 0 0 ) >= radio ]
end

```

