



Facultad de Estudios Superiores

**Acatlán**



Alfonso Ramírez Echeveste  
Contacto: ramirezea1272@gmail.com  
Licenciatura en Economía  
Profesor: José Antonio Huitrón Mendoza

## Caracterización y análisis de las condiciones de infraestructura industrial en la región IV Cuautitlán Izcalli

### Resumen

Este trabajo muestra el desarrollo de un Modelo basado en Agentes (MBA) sobre la localización de la industria manufacturera en la región IV Cuautitlán Izcalli. Utilizando a las empresas y parques industriales como agentes, se simulan la interacciones entre ambos en donde las empresas están en busca del parque con mayor atractividad con base a la dotación de infraestructura, ubicación estratégica del parque y concentración de empresas en el parque. Se hace uso de dos escenarios para analizar la generación de aglomeraciones y ordenamiento industrial. La simulación de los tres escenarios muestran como las empresas son atraídas por distintos factores que contiene el parque y como por ello se generan diferentes patrones de localización. Los resultados muestran que efectivamente cuando los parques son planeados, los asentamientos en la región se muestran homogéneos para los cinco municipios mientras que la falta de planeación conduce a que las empresas prefieran quedarse dispersas o fuera del parque industrial.

**Palabras clave:** Modelos basados en agentes, parques industriales, simulación, interacciones, fenómeno emergente

## Índice

Capítulo 3. Modelo de simulación de la localización industrial.....	3
Introducción .....	4
3.1 Modelos basados en agentes .....	5
3.2 Localización y aglomeración industrial como fenómeno emergente.....	7
3.3 El modelo .....	10
3.3.1 El mundo .....	11
3.3.2 Agentes.....	12
3.3.3 Descripción y calibración de variables.....	15
3.3.3.1 Infraestructura .....	17
3.3.3.2 Accesibilidad.....	18
3.3.3.3 Precios por lote.....	19
3.3.4 Tiempo.....	20
3.3.5 Inicialización del modelo .....	21
3.3.5 Interacción empresa-parque y empresa-empresa .....	23
3.3.6 Reglas de transición .....	24
3.4 Resultados .....	27
3.5 Conclusión.....	28
Bibliografía.....	28
Anexo 1 .....	29

# **Capítulo 3. Modelo de simulación de la localización industrial**

## **Introducción**

En el siguiente capítulo se desarrolla un Modelo basado en agentes (Agent-Based Model) para simular la localización de la industria manufacturera en los municipios de estudio. Utilizando a las empresas como agentes se propone un modelo en el cual las empresas decidan su localización con base a los atributos de un espacio dotado de infraestructura, de una ubicación estratégica a los accesos de comunicación, y de la concentración de más empresas en este lugar por las ventajas de economías de escala que se generan en dicho espacio. El espacio designado para que cuente con tales características es un parque industrial y para ello se considera al parque como un agente más aunque este con la propiedad de que no se puede mover.

Las ventajas que implican el hecho de estar localizado cerca de empresas de tu mismo subsector manufacturero son de acuerdo a la teoría de la localización importantes para que las empresas decidan relocalizarse. La creación y planeación de parques industriales han demostrado ser una forma de concentrar la actividad industrial pues contiene mejores condiciones que son administradas para hacer más atractivo el parque para las empresas.

En este sentido en el presente capítulo se argumentan las ventajas del uso de un modelo basado en agentes para la simulación de la localización industrial y en el cual no solo se comprueban los resultados empíricos del segundo capítulo sino que además se plantean diferentes escenarios que muestran la importancia que tiene una planeación adecuada de los parques para la generación de aglomeraciones industriales.

En la primera parte del capítulo se describen los principios básicos de los modelos basados en agentes, así como sus principales aplicaciones en los diferentes campos de estudio. Posteriormente se hace una descripción de la

localización industrial como fenómeno emergente y sus aplicaciones en el estudio de los distritos y clúster industriales. Después se presenta el modelo y las características con las cuales opera. Y por último los principales resultados obtenidos de la simulación de los diferentes escenarios.

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

En la actualidad explicar los acontecimientos de la vida diaria del hombre es un problema que se vuelve cada vez más complejo, pues existe un grado de interrelación entre los individuos tan profunda que no resulta sencillo encontrar el verdadero causante de tal suceso. Por ello se han vuelto necesarias nuevas herramientas que ayuden a comprender la gran cantidad de interacciones entre los individuos.

Derivado de esta problemática, ha surgido un nuevo campo de estudio conocido como “sistemas complejos” o “teoría de la complejidad”. Estrictamente un sistema complejo es un conjunto de sistemas compuesto por múltiples elementos individuales que interactúan entre ellos pero cuyas propiedades agregadas o comportamientos no son predecibles de los mismos elementos (Wilensky, 2015).

Derivado de las interacciones entre los múltiples elementos distribuidos surgen fenómenos agregados o *fenómenos emergentes* los cuales son propios de un sistema complejo sin embargo, no es suficiente que existan interacciones entre sus agentes pues también se requiere de *retroalimentación*, es decir que entre los agentes haya un intercambio de información y aprendizaje colectivo pues sin la presencia de retroalimentación no hay aprendizaje y sin aprendizaje resulta imposible que comportamientos agregados emerjan sin la intervención de un líder o coordinador que guíe a los agentes a accionar, (Castañeda 2013).

Una metodología relativamente nueva que surgió para el estudio de los sistemas complejos es la *simulación computacional basada en agentes* (ABM por sus siglas en inglés), que introduce la posibilidad de una nueva forma de pensar acerca de los procesos sociales y económicos (Gilbert, 2005). Un modelo basado en agentes (MBA), es un programa computacional que crea un mundo artificial con agentes

heterogéneos y permite explicar cómo las interacciones entre estos agentes y otros factores como el tiempo y espacio se combinan para formar patrones similares al de un mundo real (Hemill & Gilbert, 2016).

Para comprender mejor esta técnica es preciso definir *simulación*; esta es un tipo de modelización que muestra de una manera menos detallada y compleja algún sistema con entradas (*inputs*) que son introducidos por el investigador, y salidas (*outputs*) que son los resultados cuando la simulación está en funcionamiento.

El objetivo de un MBA es apoyarse en el uso de agentes que pueden ser individuos computacionales u objetos con propiedades y acciones particulares que interactúan, compiten y colaboran entre ellos en un entorno. Este entorno es un mundo virtual que puede ser abstracto o una representación real de algún lugar en específico en donde los agentes son implantados. Mientras que los agentes son apropiados para representar personas, automóviles, empresas, gobierno etc. el entorno puede ser adecuado para representar parcelas de tierra, lotes, calles, colonias etc.

La principal ventaja de estos modelos es que resulta más sencillo comprender a diferencia de otras metodologías. Si se compara con un modelo econométrico, resulta más complicado entender un lenguaje en términos matemáticos que si lo haces en términos de interacciones entre individuos, es decir, cuando tratamos de explicar algún fenómeno, comúnmente se describe en términos de interacciones en las que incurres y no algebraicamente como regularmente se haría en algún trabajo de investigación con una metodología econométrica.

Su flexibilidad permite replicar un fenómeno con mayor grado de realismo ya que en un texto o teoría, las palabras no se pueden representar de forma dinámica lo que dificulta una retroalimentación sobre las consecuencias de los supuestos que se lleguen hacer uso. En cambio sí se codifican esos supuestos en un MBA, se podrían representar de manera explícita convirtiendo las consecuencias de un supuesto en demostraciones dinámicas (Wilensky, 2015).

**Cuadro 3.** Principales ventajas de la simulación basada en agentes.

1. Su capacidad para representar heterogeneidad en los agentes y sus interacciones.
2. Es un enfoque <i>bottom-up</i> lo que significa que los fenómenos agregados se derivan de las interacciones llevadas a cabo de forma individual.
3. Su capacidad para representar la evolución de un fenómeno en el tiempo.
4. Capacidad para reproducir el comportamiento espacial de alguna entidad u objeto.

Fuente: Elaboración propia

No obstante, como toda herramienta también tiene sus desventajas ya que aunque los MBA son una herramienta muy útil para la simulación de fenómenos que suceden en la vida diaria, es importante aclarar que también presenta algunas debilidades pues no permiten hacer una predicción exacta del comportamiento del sistema, únicamente posibilita conocer la dinámica y tomar decisiones en relación a ella. Asimismo entre más agentes y variables contenga, hace más complejo el modelo y dificulta validar su consistencia interna (exige que las reglas de comportamiento no sean contradictorias) y externa (requiere que el comportamiento del modelo coincida globalmente con resultados de modelos similares) (Quesada, Canessa, 2010).

### **3.2 Localización y aglomeración industrial como fenómeno emergente**

Específicamente los ABM han sido utilizados para estudiar un rango amplio de fenómenos territoriales y urbanos tales como el cambio del uso del suelo, crecimiento urbano, movilidad urbana, gentrificación, localización entre otros (Fonseca, 2015).

En los capítulos anteriores se ha visto que la localización de la industria se explica en gran medida por una serie de factores que le son atractivos y determinan su decisión para ubicarse, asimismo, que los atributos de un espacio permiten entender la agrupación de empresas que son similares en alguna fase de su producción.

También se mencionó que el uso y creación de parques industriales representa una estrategia útil para empresas que se complementan o son similares en sus fases de producción pues son un espacio delimitado y planeado que está dotado con la infraestructura y servicios necesarios para la industria manufacturera.

Los MBA son un tipo de modelado en el cual las interacciones entre múltiples individuos dan pie a un complejo fenómeno-macro. Así por ejemplo, de la interacción entre emprendedores puede emerger una empresa pequeña, de la interacción entre varias de estas puede surgir una grande, y de la interacción entre varias empresas grandes un aglomerado industrial.

Rosenthal y Strange (2004) expresan, que la literatura empírica ha dejado claro que en la medida en que los agentes son menos próximos en el espacio industrial (es decir, cuando sus procesos productivos son más disimiles o incompatibles), existe menor potencial para interactuar y generar rendimientos crecientes a escala.

En este sentido, una aglomeración industrial en un espacio determinado es un fenómeno que emerge debido a las ventajas que las empresas encuentran al estar geográficamente cerca de otras pues se relacionan e interactúan entre sí para mejorar sus fases de producción y comparten información sobre el mercado. Pero también su cercanía representa menores costos de transporte, de mano de obra, y un mayor acceso con sus proveedores y mercado de demanda.

Estas interacciones entre empresas han inspirado muchos MBA que se caracterizan principalmente por modelar un gran número de empresas localizadas en clúster o distritos industriales. Fioretti (2005) hace una clasificación de los trabajos realizados con MBA en la cual distingue cinco tipos de modelos que abordan los problemas relacionados con clúster y distritos industriales.



**Grafica 3.** Aplicaciones de ABM sobre la generación de clúster y distritos industriales.



Fuente: Elaboración propia con base en Fioretti (2005)

En el primer grupo de modelos, los trabajos simulan las ventajas de las aglomeraciones para intentar responder a preguntas como ¿Cuáles son las ventajas competitivas de los distritos industriales con respecto a las empresas dispersas e integradas verticalmente? y ¿Cómo es que un clúster es más exitoso que una empresa grande que explota la economía de escala?

El segundo grupo sobre la competencia, colaboración y cooperación, están más ligados a los problemas que enfrenta un distrito industrial. Modelos como los de Boero, Castellani y Squazzoni (2004) comprueban que la cooperación es importante como ventaja competitiva de un distrito industrial.

El tercer tipo de modelos intenta responder a la pregunta sobre ¿Por qué surge un distrito industrial y el por qué se desintegran? Este tipo de modelos se enfocan en explicar que la dinámica entre nacimiento y muerte es crucial para entender los clúster.

El tercer grupo estudia como la innovación e imitación representa un factor importante para el éxito de un distrito industrial (Fioretti, 2005). Un MBA propuesto por Zhang (2003), expone que la emergencia de un clúster se puede explicar debido al efecto contagio que generaron uno o dos empresarios y que a su vez inspiraron a varios seguidores locales. El éxito de las empresas localizadas en un determinado lugar atrae emprendedores que tienen la decisión de imitar o innovar dependiendo del tamaño de la empresa.

Finalmente los MBA han sido utilizados para evaluar el impacto de políticas económicas en los distritos industriales las cuales pueden proveer desde infraestructura hasta la creación de consorcios para la creación de una empresa estatal. En muchos casos estas políticas representan un esfuerzo conjunto entre el Gobierno y la empresa privada.

Fonseca, Ramos y Rodrigues da Silva, (2015) propusieron un modelo en el cual evaluaban la atractividad de parques industriales en una región conformada por cinco municipios en Portugal. La simulación hacia uso de políticas industriales las cuales se distinguían por el nivel de coordinación al que fueron implementadas dichas políticas y por el tipo de intervención, es decir, la dotación de infraestructura de baja y alta calidad. Sus resultados mostraron que una política coordinada entre los cinco municipios fomenta el desarrollo de parques de alta calidad.

En general todos estos modelos muestran que la localización industrial y en específico la generación de clúster o aglomeraciones industriales se dan debido a las relaciones que surgen entre las empresas y de su constante comunicación entre ellas. Consideran que las condiciones que generan una aglomeración no surgen de forma centralizada, pues los agentes o empresas son heterogéneas y toman sus propias decisiones.

Son muy pocos los trabajos que han simulado el uso de políticas para la generación de aglomeraciones mediante el uso de parques industriales, y el trabajo de Fonseca inspiró finalmente el desarrollo de este tercer capítulo en el cual se hace un MBA para simular la generación de aglomeraciones industriales en función de la calidad de un parque industrial.

### **3.3 El modelo**

El objetivo del modelo es simular la generación de aglomeraciones industriales en función de las características de atractividad industrial contenidas en parques industriales.

Para lograr el objetivo se hizo uso del programa NetLogo versión 5.2.0. Este programa se eligió principalmente por tres razones, primero; es un paquete con un

entorno de programación relativamente sencillo, es decir, que no se requiere de experiencia avanzada en programación para poder utilizarlo, segundo; NetLogo nos permite integrar SIG, y tercero; es un programa libre lo cual nos facilita su uso en cualquier momento.

A continuación se describen las características del modelo, propiedades y reglas de transición de los agentes, así como las condiciones iniciales con las que parten los agentes y que en conjunto dan pie al fenómeno emergente de estudio.

### 3.3.1 El mundo

Como se describió anteriormente, el mundo puede ser una representación abstracta de un lugar en específico, o bien una cartografía geo referenciada. En este trabajo se optó por el uso de un mundo abstracto en el cual se puedan generar fronteras para simular los cinco municipios que integra la región IV. Para ello se dividió el mundo en cinco rectángulos verticales con las mismas dimensiones en donde los agentes son colocados en cualquier parte fuera de la división gris (que representan las fronteras municipales).

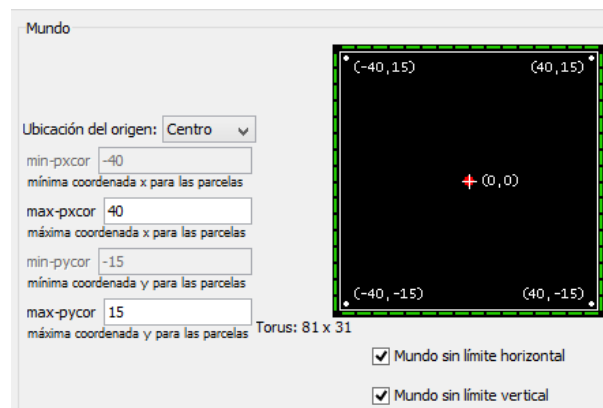
**Figura 3.** Visualización del mundo



Fuente: Elaboración propia en NetLogo

Dado que el mundo es una representación de una geografía real, no existe una conexión entre sus límites horizontales ni verticales y aunque su tamaño y dimensión del mundo pueden ser modificadas por el usuario, en este trabajo se considera un mundo de 40\*15 para cada cuadrante, más los patches de la columna y fila del origen (0,0), el mundo en total es de 81\*31, lo que equivale a 2,511 celdas (Ver Figura 3.1).

**Figura 3.1** Dimensiones técnicas del mundo



Fuente: Elaboración propia en NetLogo


### 3.3.2 Agentes

Este trabajo contempla el uso de dos tipos de agentes: empresas (grandes, medianas, pequeñas y micro) y parques industriales. NetLogo identifica como tortugas o *turtles* a aquellos agentes que se pueden mover en el mundo, en este caso, son representadas por la figura “triangulo”.

Las empresas se distinguen según su tamaño y tipo de industria manufacturera (TIM). Su tamaño se determinó con base a la clasificación de INEGI (2011), mientras que para el TIM, se consideró adecuado utilizar las cuatro tipo de industrias más relevantes (de acuerdo a los resultados del capítulo dos) en términos de unidades económicas, valor agregado y remuneraciones medias. El cuadro 3 muestra sus propiedades.

**Cuadro 3.** Características de las empresas

Agente	Figura	Variable de estado
Empresas de la industria alimentaria		Tamaño
		Ingreso
		Municipio de procedencia
		Lugar original?
		Empresa-objetivo
		Parques-evaluados
		Satisfecho?
		Costos de operación
Empresas de la industria productos metálicos		Tamaño
		Ingreso
		Municipio de procedencia
		Lugar original?
		Empresa-objetivo
		Parques-evaluados
		Satisfecho?
		Costos de operación
Empresas de la industria de fabricación de equipo de transporte		Tamaño
		Ingreso
		Municipio de procedencia
		Lugar original?
		Empresa-objetivo
		Parques-evaluados
		Satisfecho?
		Costos de operación
Empresas de la industria de la elaboración de bebidas y tabaco		Tamaño
		Ingreso

		Municipio de procedencia
		Lugar original?
		Empresa-objetivo
		Parques-evaluados
		Satisfecho?
		Costos de operación

**Fuente:** Elaboración propia con base en INEGI, 2011

Los parques industriales por su parte, son representados por *patches* que corresponden a celdas con las cuales el mundo se divide. Cada *patch* es un recuadro de suelo con coordenadas que no se mueve pero sobre las cuales los agentes (tortugas) lo hacen. Por lo tanto este tipo de agente se consideró adecuado para representar un parque.


Los parques contienen información sobre las condiciones que ofrece para atraer la localización de las empresas. Estas condiciones o *atractividad* se define como: la capacidad de un parque para atraer empresas y está determinada por los siguientes factores:

1. El nivel de *infraestructura*.
2. El grado *accesibilidad* a los principales accesos de transporte.
3. Concentración
4. Precio de los lotes

Cada uno de estos factores son operacionalizados con valores que reflejan las condiciones iniciales del territorio de estudio. Los diferentes escenarios son simulados cambiando estos valores descritos.

**Cuadro 3.2** Características de los parques Industriales

Agente	Figura	Variables de estado
--------	--------	---------------------

Parque Industrial		Atractividad
		Infraestructura <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cobertura básica</li> <li>• Cobertura amplia</li> </ul>
		Accesibilidad <ul style="list-style-type: none"> <li>• Carreteras</li> <li>• Puertos Ferroviarios</li> <li>• Aeropuertos</li> </ul>
		Atractividad inicial
		Precio
		Calidad del parque
		Concentración de empresas <ul style="list-style-type: none"> <li>• Industria Alimentaria</li> <li>• Industria de productos metálicos</li> <li>• Industria de equipo de transporte</li> <li>• Industria de bebidas y tabaco</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia

### 3.3.3 Descripción y calibración de variables

Para caracterizar ambos agentes se hizo uso de dos tipos de variables, reales y artificiales. Las reales son valores traídos desde una base de datos mientras que las artificiales son valores que se construyeron debido a la nula disponibilidad de datos y se ajustaron en el modelo para que sean lo más consistentes con la realidad y lógica de este.

Para el caso de las empresas, las variables que se obtuvieron de datos reales fueron el *número de empresas* por cada tipo de industria, *Gastos por consumo de bienes y servicios* (costos de operación) que es el valor de los insumos y servicios que requiere la empresa para la producción de sus bienes, e *Ingresos por suministro de bienes y servicio (Ingresos)*, que es el valor de las ventas por producción de bienes, comercialización de mercancías y prestación de servicios (INEGI, 2014). (Cuadro 3.3).

**Cuadro 3.3** Calibración de las variables por tipo de industria

Agente	Variable de estado	Media	Desviación estándar	Rango
Empresas de la industria alimentaria	Número de empresas	NA	NA	0 - 998
	Ingresos (Miles de pesos)	\$4,951,552.08	\$32,127,214.55	\$13,160.25 - \$18,571,324.66
	Costos de operación (miles de pesos)	\$4,388,786.39	\$ 25,752,603.80	\$7,240.84 - \$16,722,394.75
Empresas de la industria productos metálicos	Número de empresas	NA	NA	0 - 120
	Ingresos	\$39,705,420.25	\$32,073,906.95	\$ 1,304.94 - \$1,509,740.61
	Costos de operación	\$31,598,881.75	\$25,672,552.02	\$741.76 - \$1,555,543.68
Empresas de la industria de fabricación de equipo de transporte	Número de empresas	NA	NA	0 – 16
	Ingresos	\$44,770,096.42	\$31,395,130.17	\$956,771.25 - \$25,323,380.86
	Costos de operación	\$35,824,181.09	\$25,151,492.96	\$533,658.93 - \$21,126,496.70
Empresas de la industria de la elaboración de bebidas y tabaco	Número de empresas	NA	NA	162
	Ingresos	\$44,770,096.42	\$31,395,130.17	\$571.43 - \$16,126,946.48
	Costos de operación	\$35,824,181.09	\$25,151,492.96	\$1,011.90 - \$11,504,287.92

Fuente: Elaboración propia

Para el caso de las variables artificiales, se construyeron índices de atractividad para medir la capacidad de atracción de un parque industrial hacia una empresa. El primer índice es “*Atractividad\_total*” definido por la cobertura de infraestructura y grado de accesibilidad y un precio. Su rango es entre 1 y 0 donde 1 indica que el parque es atractivo y 0 que no es atractivo.

Se asignó un grado de ponderación distinto por variable para definir la importancia que representa cada factor para la empresa, así la ecuación [1] muestra la *atractividad* de un parque industrial desde el comienzo de la simulación:

$$[1] \text{ Atractividad} = .15(\text{Accesibilidad}) + .35 (\text{Infraestructura}) + .5(\text{Precio})$$



Donde:

$$[2] \text{ Accesibilidad} = (\text{Distancias prom.} = .5 (\text{Carreteras}) + .25(\text{Puertos ferroviarios}) + .25(\text{Aeropuertos}))$$

$$[3] \text{ Infraestructura} = \text{Cobertura} = .4(\text{Basica}) \text{ o } .6(\text{Amplia})$$

$$[4] \text{ Precio} = .5(\text{Calidad de parque}) + .5(\text{Concentracion})$$

Donde:

$$[5] \text{ Calidad de parque} = \text{Atractividad}_{\text{inicial}} = .4 (\text{Accesibilidad}) + .6 (\text{Infraestructura})$$

$$[6] \text{ Concentracion} = \text{Numero de empresas}$$

El precio de los parques va a estar en función de dos variables: La calidad del parque y la cantidad de empresas que contenga el parque. En la primera el nivel de cobertura de infraestructura y el grado de accesibilidad determinan la calidad de un parque, es decir, que entre mayor sea la cobertura de infraestructura y mejor ubicación tenga el parque, mayor será su precio.

En la ecuación [6] la concentración está definida por un número de empresas de diferente sector manufacturero localizadas en el parque. Entre más empresas tenga el parque mayor será el precio del parque por los beneficios que implica la aglomeración o concentración de la actividad industrial. A continuación se describen las características de cada factor de localización considerados para construir los índices de atractividad.

### 3.3.3.1 Infraestructura

En el capítulo anterior se mostró que la región IV cuenta con quince parques industriales que disponen de una serie de servicios de infraestructura necesarios para la producción de sus empresas. Para definir su cobertura se utilizó la información que la Asociación Mexicana de Parques Industriales (AMPIP) y la norma oficial mexicana de parques industriales (SE, 2011) que en conjunto dieron un indicio del tipo y cantidad de infraestructura mínima con la que deben tener los parques industriales.

### **Cuadro 3.3** Coberturas de infraestructura en parques industriales

	<b>Cobertura básica</b>	<b>Cobertura amplia</b>
<b>Eléctricos</b>	Instalación eléctrica Alumbrado público	Instalación eléctrica Alumbrado público <i>Subestación eléctrica</i>
<b>Hídricos</b>	Agua potable Drenaje sanitario Drenaje pluvial	Agua potable Drenaje sanitario Drenaje pluvial <i>Red de agua tratada</i>
<b>Otros</b>	Redes telefónicas Pavimento Banquetas	Redes telefónicas Pavimento Banquetas <i>Sistema de comunicaciones</i> <i>Red de gas</i> <i>Espuela de ferrocarril</i> <i>Redes subterráneas</i>

Fuente: Elaboración propia con base en SE 2011 y AMPIP, 2015.

En total un parque con una cobertura adecuada contaría con servicios básicos y amplios, es decir con catorce servicios de infraestructura. Para poder hacer un criterio de evaluación, se le asigna al parque una cobertura amplia o básica, con un valor de ponderación diferente tal como la ecuación [3] lo muestra:

$$[3] \text{ Infraestructura} = \text{Cobertura} = (\text{Basica}) \cdot 4 \text{ o } \cdot 6 (\text{Amplia})$$

La diferencia entre las dos coberturas radica en la cantidad de servicios que ofrecen. En la básica las empresas encontrarían la disponibilidad de servicios mínimos que requiere el parque, mientras que los parques con una cobertura amplia encontrarían además de los básicos otra serie de servicios “extras” que si bien no son indispensables para la empresa, si mejoran las condiciones para la producción de sus empresas y por lo tanto hacen más atractivo al parque industrial.

### 3.3.3.2 Accesibilidad

La *accesibilidad* es otra variable artificial que fue estimada considerando las distancias de un parque a la infraestructura de transporte o comunicación y esta determinada por la suma de los tres tipos de accesos utilizados para este modelo.

$$[2] \text{ Accesibilidad} = (\text{Distancias prom.} = .5 (\text{Carreteras}) + .25(\text{Puertos ferroviarios}) + .25(\text{Aeropuertos}))$$

Con base a la relevancia que se consideró por cada tipo de acceso, se construyó la ecuación [2] en la cual las carreteras son el acceso más importante (50%) para la empresa dado que representa la ruta más utilizada y cercana a un parque industrial, después los aeropuertos y puertos ferroviarios fueron considerados con la misma relevancia debido a que su cercanía con respecto a los parques suele ser más distante y por lo tanto su uso es menor uso aunque no dejan de ser importantes para la empresa.

Siguiendo el método que Ramos y Mendes (2001) implementaron para el estudio de una región en el noroeste de Portugal, los niveles de accesibilidad se clasificaron como: excelente, moderada, y mala, donde excelente significa que la cercanía es menor a la distancia promedio mientras que la mala está por encima de ese promedio. Basado en esta clasificación se les asignaron diferentes valores que fueron estimados de acuerdo al cuadro 3.4.

**Cuadro 3.4** Criterios utilizados para la evaluación de la accesibilidad

Distancia promedio (KM)	Servicio de comunicación	Excelente	Moderada	Mala
10	Carreteras	(.5)	(.25)	(.125)
		$D \leq 5$	$5 < D \leq 10$	$D > 10$
30	Puertos aéreos	<b>Excelente</b>	<b>Moderada</b>	<b>Mala</b>
		(.25)	(.125)	(.0625)
		$D \leq 15$	$15 < D \leq 30$	$D > 30$
50	Puertos ferroviarios	$D \leq 25$	$25 < D \leq 50$	$D > 50$

**Fuente:** Elaboración propia con base en Ramos y Mendes, 2001

Debido a la falta de disponibilidad de datos sobre las distancias promedio entre las rutas de acceso y los parques, se asignaron distancias congruentes con la realidad para que sea lo más consistente posible.

### 3.3.3.3 Precios por lote

De acuerdo a la teoría centro periferia de Krugman, la cercanía entre las empresas permite disminuir costos de transporte lo cual significa que pueden acceder a sus mercados desde pocos lugares, provocando que la actividad económica se tienda a concentrar. Sin embargo, los precios de los factores como el uso del suelo también

tienden a crecer por el aumento de su demanda, incitando a las empresas a encontrar otros lugares donde ubicarse.

Siguiendo este razonamiento, se plantea que dado que el parque industrial es un espacio delimitado y ubicado estratégicamente con la infraestructura y accesibilidad que requiere la empresa, la demanda de su uso provoca que su precio incremente con la llegada de más empresas. Por lo tanto el precio del parque depende de la calidad del parque (infraestructura + accesibilidad) y la concentración de empresas.

$$[5] \text{ Precio} = .4 (\text{Calidad de parque}) + .6 (\text{Concentracion})$$

**Cuadro 3.5** Ponderación de los determinantes del precio

	Atractividad inicial (Ai)	Calidad de parque	Número de empresas (Ne)	Concentración
Mala	$A_i \leq .33$	.2	$N_e \leq 10$	.2
Moderada	$.33 < A_i \leq .66$	.3	$10 < N_e \leq 20$	.3
Excelente	$.66 < A_i \leq 1$	.5	$N_e > 20$	.5

Fuente: Elaboración propia

El cuadro muestra una ponderación de la calidad de parque y concentración con respecto a la clasificación de tres tipos de Atractividad inicial. Cuando la atractividad inicial es mala el parque muy pocas empresas tenderán a localizarse en el parque, pero cuando la calidad del parque es excelente más empresas tendrían que estar ubicadas ahí por lo que la concentración es mayor.

### 3.3.4 Tiempo

No existe una teoría que explique con exactitud cuánto tiempo tarda en generarse una aglomeración industrial pues son muchas las fuerzas que motivan o explican una concentración espacial de la actividad. Rosenthal y Strange (2004), argumentan que el entorno industrial y urbano propicia la actuación de una determinada fuente de economía de aglomeración que suele afectar la temporalidad.

De acuerdo a (Iturribarria, 2007)) el argumento esencial se basa en el hecho de que las características industriales iniciales afectan su crecimiento futuro como por

ejemplo la población local con conocimientos sobre la industria y/o mano de obra con habilidades específicas. La preservación de estas habilidades y conocimientos definen la temporalidad de una economía de aglomeración.

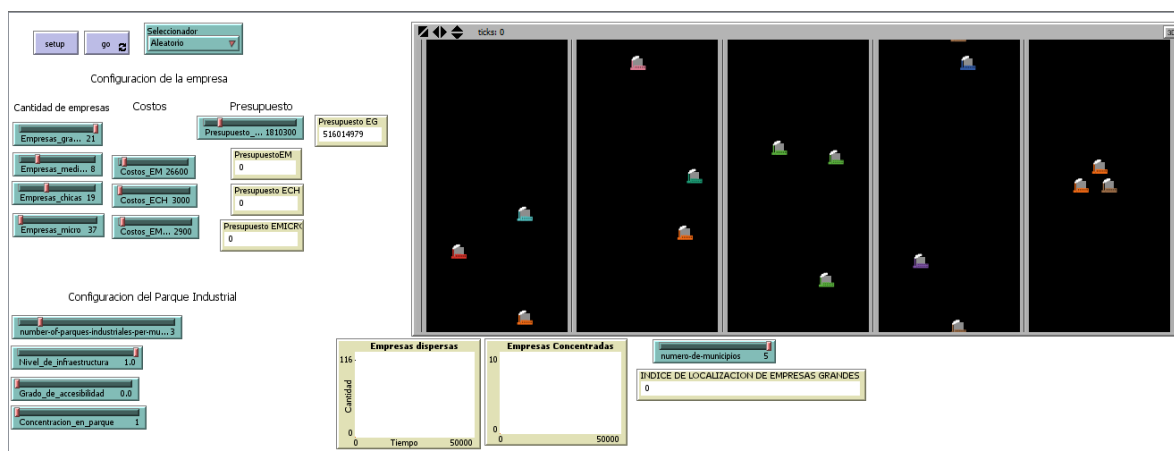
### 3.3.5 Inicialización del modelo

Al inicializar el modelo, lo que se está haciendo es sembrar las condiciones iniciales con las que va a partir a operar. En este caso, se genera el escenario principal o inicial, el cual contempla el uso del número real de empresas por tipo de industrias, así como la cantidad de parques industriales distribuidos aleatoriamente en el mundo aunque con el mismo número de empresas y parques por municipio.

Como escenario principal tanto las características de las empresas como de los parques se siembran de manera aleatoria, sin embargo en la figura 3.2 se muestra la interfaz en la cual se pueden modificar las condiciones iniciales del mundo. Para ello el modelo fue codificado de tal forma que el usuario pueda simular la localización bajo condiciones no solo aleatorias sino también determinísticas.

El usuario puede modificar la cantidad de empresas por tamaño así como sus costos de operación (a excepción de las empresas grandes que solo se puede modificar su presupuesto inicial). Al parque industrial se puede modificar su dotación factores como la infraestructura, accesibilidad y concentración.

**Figura 3.2** Visualización del interfaz con las condiciones iniciales



Fuente: Elaboración propia

Las características iniciales con las que parte cada tipo de agente son importantes, pues esto ayuda a explicar los resultados que se generarían después de que se simule la interacción entre estos. Así pues el siguiente cuadro resume las características de cada uno en la inicialización del modelo.

**Cuadro 3.5** Condiciones iniciales de los agentes

<b>Agente</b>	<b>Variable de estado</b>	<b>Sembrado</b>	<b>Descripción</b>
Empresas de la industria alimentaria	Tamaño	Aleatorio	Pequeña, mediana o grande
	Ingreso	Aleatorio	\$571.43 - \$25,323,380.86
	Cantidad	Fijo	998
	Costos de operación	Aleatorio	\$1,344.32- \$21,126,496.70
Empresas de la industria productos metálicos	Tamaño	Aleatorio	Pequeña, mediana o grande
	Ingreso	Aleatorio	\$571.43 - \$25,323,380.86
	Cantidad	Fija	120
	Costos de operación	Aleatorio	\$1,344.32- \$21,126,496.70
Empresas de la industria de fabricación de productos de transporte	Tamaño	Aleatorio	Pequeña, mediana o grande
	Ingreso	Aleatorio	\$571.43 - \$25,323,380.86
	Cantidad	Fijo	16
	Costos de operación	Aleatorio	\$1,344.32- \$21,126,496.70
Empresas de la industria de la elaboración de bebidas y tabaco	Tamaño	Aleatorio	Pequeña, mediana o grande
	Ingreso	Aleatorio	\$571.43 - \$25,323,380.86
	Cantidad	Fijo	162
	Costos de operación	Aleatorio	\$1,344.32- \$21,126,496.70
Parque Industrial	Infraestructura	Aleatorio	Cobertura básica o Cobertura amplia
	Accesibilidad	Aleatorio	Las distancias por cada tipo de acceso se asignan aleatoriamente

	Número de empresas (concentración)	Aleatorio	Rango: 1-20
--	------------------------------------	-----------	-------------

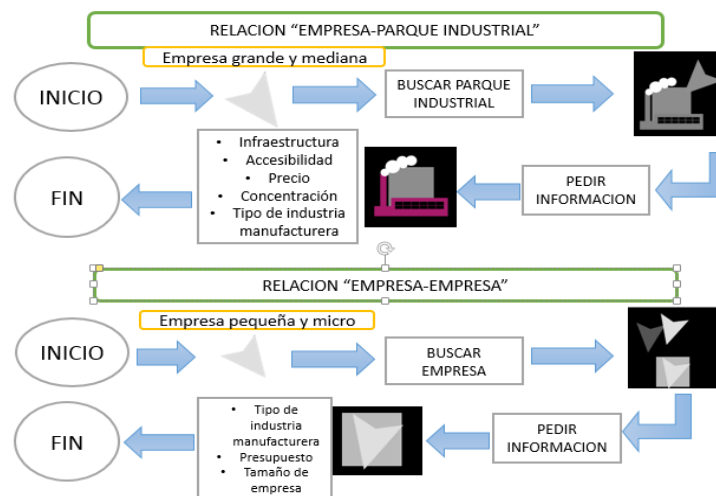
Fuente: Elaboración propia

La aleatoriedad de la mayoría de los elementos por tipo de empresa y parque, permite darle un mayor grado de realismo al modelo y de esta manera su decisión de localización está sujeta a las condiciones aleatorias con las que parta el modelo.

### 3.3.5 Interacción empresa-parque y empresa-empresa

El modelo simula dos tipos de relaciones: empresa-parque y empresa-empresa. En la primera las empresas grandes y medianas interactúan con los parques y piden información sobre su dotación de infraestructura, accesibilidad, precios de sus lotes, así como la cantidad y tipo de empresas manufactureras instaladas. En la segunda, las empresas de menor tamaño (pequeñas y micro) piden información a las más grandes sobre su perfil manufacturero, sobre su presupuesto o capacidad de compra y el tamaño de empresa. (Ver esquema 3.0)

**Esquema 3.0** Procesos generales de interacción entre la empresa y el parque

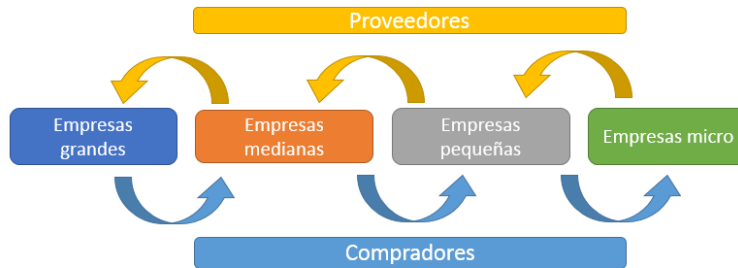


Fuente: Elaboración propia

Es importante mencionar que la lógica en la relación compra y venta entre las empresas, está definida por su tamaño. Todas buscan un proveedor que les pueda surtir los productos necesarios para la fabricación final de los propios y para ello se

hace el supuesto de que la empresa más pequeña solo puede vender a otra más grande (proveedores), y la más grande comprar una más pequeña (compradores) (Ver esquema 3.1).

**Esquema 3.1** Relación de compra-venta entre las empresas



Fuente: Elaboración propia

En este proceso de compra-venta entre proveedores y compradores, el presupuesto de la empresa cambia dependiendo de la cantidad de empresas con las que se esté relacionando. Así por ejemplo, el presupuesto de una empresa grande tenderá a cero en la medida que interactué con más medianas, y el presupuesto de estas aumentará hasta que la grande se quede sin recursos.

### 3.3.6 Reglas de transición

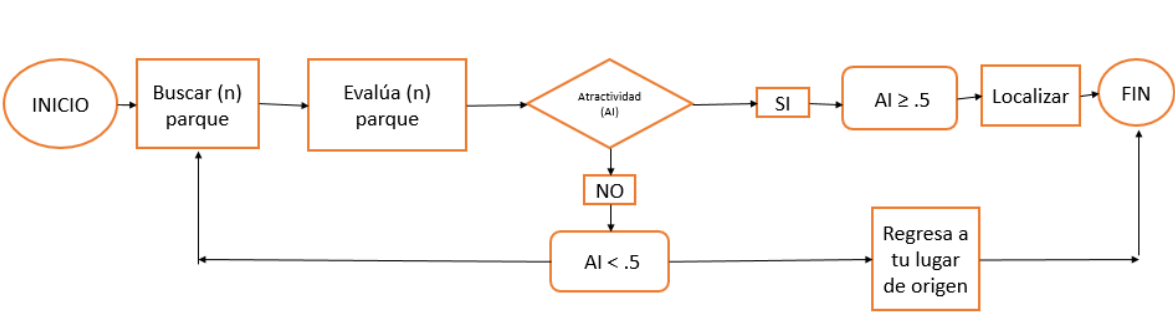
Este apartado tiene como objetivo describir los mecanismos de intercambio de información entre los agentes y como bajo las condiciones de aleatoriedad mencionadas anteriormente las empresas toman información de los parques y de otras empresas para poder decidir su localización y así generar aglomeraciones industriales.

En este sentido, las decisiones que toman los agentes durante todo el procedimiento involucran un intercambio de información tipo Bayesiana, esto es, que a nivel local las empresas evalúan ciertos niveles de información que las condiciona a asumir ciertas decisiones, sin embargo no son necesariamente definitivas ya que se puede manipular el estado de determinadas variables que modifican estos niveles de información y por ende sus decisiones.



Cada empresa sigue una trayectoria diferente pero con un mismo objetivo: encontrar el parque con la información que más se asemeje a lo que está buscando. Los primeros en interactuar son las empresas grandes con los parques. Primero salen en busca de un parque y al encontrarse con este, piden información sobre su las condiciones de las variables que determinan su “Atractividad” si cumple con el mínimo su decisión será quedarse, de lo contrario sigue buscando n-número de parques localizados en el mundo hasta encontrar el primero que cumpla con lo requerido. Cuando ningún parque cumple con las características regresa a su lugar de origen.

**Esquema 3.1** Toma de decisión de las empresas grandes



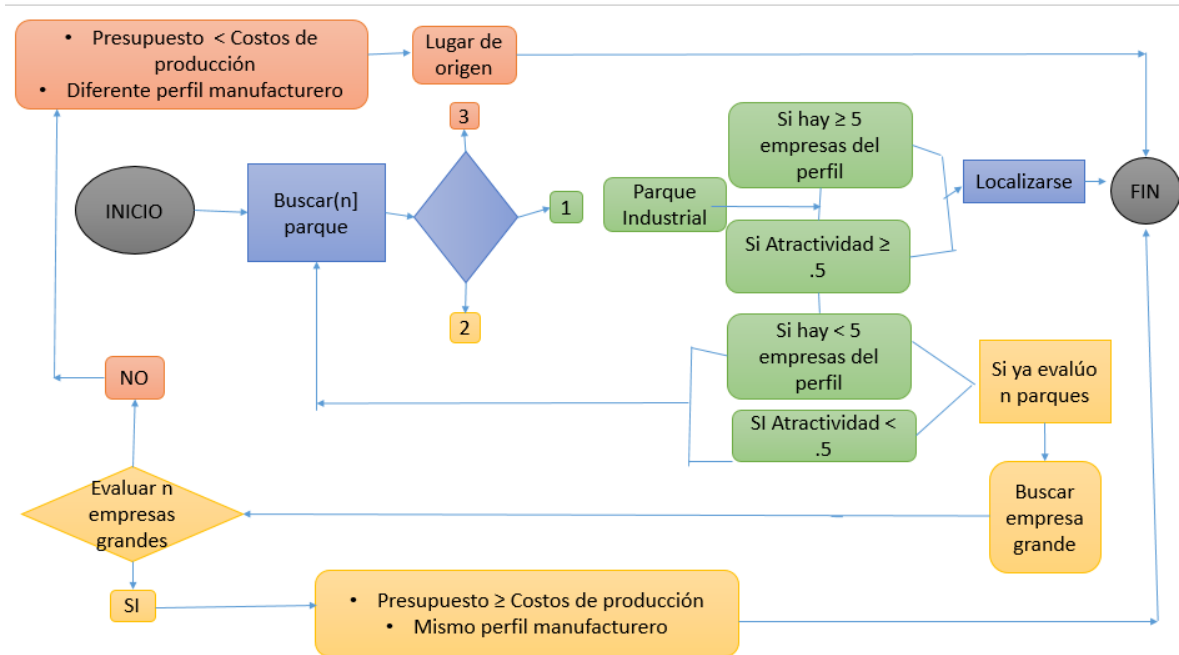
**Fuente:** Elaboración propia

Una vez que las empresas grandes hayan quedado satisfechas con su posible relocalización o en su defecto con su lugar de origen, las siguientes empresas en actuar son las medianas. Ellas ahora tienen tres opciones de localización: en un parque, junto a una empresa grande (fuera del parque) o en su mismo lugar. Primero buscan el parque y cuentan el número de empresas grandes, sí por lo menos hay cinco de su mismo perfil continua con la evaluación que consiste en evaluar su “Atractividad”. Este procedimiento con cada parque hasta encontrar el primero que cumpla con los requisitos.

Si el parque industrial no cuenta con la atractividad necesaria, sale a buscar una empresa grande que haya quedado dispersa y evalúa primero su perfil manufacturero y en seguida su presupuesto que le asegure una demanda capaz de cubrir sus costos de operación (en este caso ya no evalúa ningún tipo de infraestructura y nivel de accesibilidad). Si tampoco cumple con el mínimo requerido

por la empresa, pasará a evaluar otras y en caso de no encontrar, regresa a su lugar de inicio (Esquema 3.2)

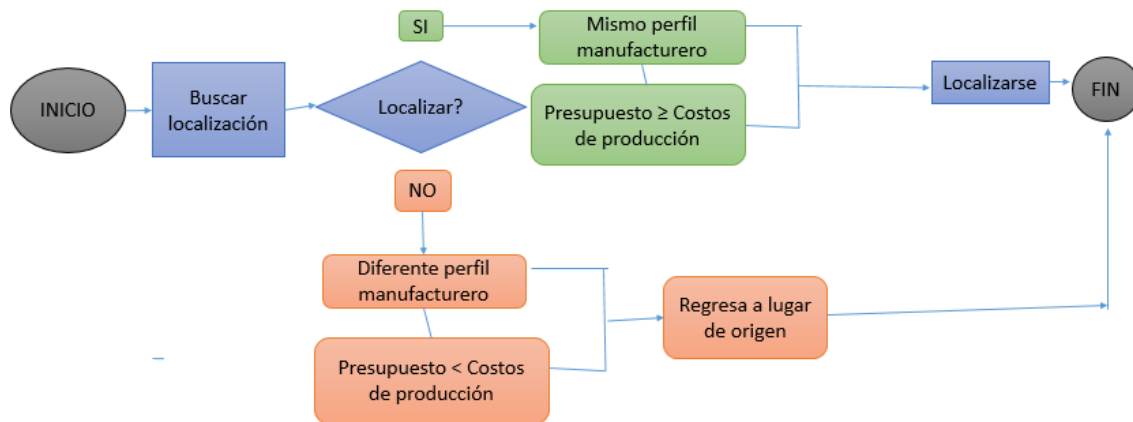
**Esquema 3.2** Toma de decisión de la empresa mediana



Fuente: Elaboración propia

Una vez esto, las empresas pequeñas continúan en el proceso de localización. A diferencia de las grandes y medianas, estas no buscan localizarse en un parque ya que su capacidad de producción no les exige el espacio e infraestructura que un parque industrial ofrece, por ello tienen dos opciones para localizarse: *junto a una empresa mediana o en su lugar de inicio*. Al iniciar su procedimiento, salen en busca de una empresa mediana y evalúan; su perfil manufacturero, y en seguida su capacidad de compra (presupuesto). Si cumple con el mínimo, se localiza junto a esta, de lo contrario regresa a su posición original. Este mismo procedimiento de localización lo lleva a cabo la empresa micro.

### Esquema 3.3 Toma de decisión de la empresa chica y micro



Fuente: Elaboración propia

Así la concentración de la actividad industrial y por ende el intercambio de información termina cuando las empresas chicas se queden sin presupuesto para comprar a las micro, que al no encontrar una empresa que cubra sus costos de operación decide no relocalizarse.

### 3.4 Resultados

En esta sección se deben plantear los principales hallazgos del problema a partir de la implementación del modelo, de la siguiente forma:

- 1) Mediante su funcionamiento básico, es el escenario principal, ¿bajo qué supuestos se da el primer fenómeno emergente?
- 2) Plantear algunos escenarios ¿qué parámetros modificamos? ¿Hay resultados diferentes? (Con dos o tres escenarios alternativos es suficiente).

Este análisis implica el uso de recursos gráficos:

La propia interfaz del modelo si es necesario

Lo más importante es la descripción gráfica de las trayectorias y comprar si es posible con algunos datos del capítulo 2.

*Si existe una modificación sustantiva al modelo vale la pena explicarla y reflexionar sobre los resultados que se desprenden de esa versión, en términos: económicos, política, si hay un componente aleatorio extra, etcétera.*

### **3.5 Conclusión**

Sintetizar los hallazgos más importantes, haciendo énfasis en la potencialidad de los modelos de este tipo para estudiar el tema en cuestión.

¿Qué parte del fenómeno que no habíamos visto pudo ser explicada por medio de la implementación computacional?

¿Mediante la implementación del modelo se pudieron entender algunos procesos que no era posible mediante los datos analizados en el capítulo 2?

### **Bibliografía**

- [1] CASTAÑEDA, GONZALO (2010). Introducción a la sociomática. El estudio de los sistemas adaptables complejos en el entorno socioeconómico. El Colegio de México. Centro de Estudios Económicos. Mimeo.
- [2] WILENSKY, RAND (2015). "An introduction to Agent-Based Modelling natural, social, and engineered complex systems with NetLogo. MIT PRESS
- [3] GILBERT, TROITZSCH, (2005). " Simulación para las ciencias sociales: Una guía práctica para explorar cuestiones sociales mediante el uso de simulaciones informáticas". Madrid: McGraw-Hill, 2006
- [4] GILBERT, HEMILL (2016). "Agent-Based Modelling in economics" Centre for research in Social Simulation (CRESS), University of Surrey, UK

- [5] CANESSA, QUESADA (2010). "Agent-Based modeling: A tool for complementing the analysis of social phenomena" *Avances en Psicología Latinoamericana/Bogota (Colombia)/Vol..28* pp. 226-238
- [6] AXELROD (2005) "Advancing the art of simulation in social sciences" in: *Handbook of research on nature inspired computing for economy and management*, Jean-Philippe Rennard.
- [7] FONSECA, RAMOS, RODRIGUES DA SILVA (2015). "An Agent-Based model to assess the attractiveness of industrial estates" in: *Journal of artificial societies and social simulation (JASSS)*.
- [8] ROSENTHAL, STRANGE (2004). "Evidence on the nature and sources of agglomeration economics" in: *Handbook of urban and regional economics*, vol. 4.
- [9] FIORETTI (2006). "Agent-Based models of industrial clusters and districts" in: *Progress in economics research*, vol IX chapter VIII, pp. 125-142 FIORETTI (2004) "Information structure and behaviour of a textile industrial district" in: *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 4(4), 2001. <http://jass.soc.surrey.ac.uk/4/4/1.html> . !
- [10] BOERO, CASTELLANI, SQUAZZONI. (2004) "Micro behavioural attitudes and macro technological adaptation in industrial districts: an agent-based prototype" in: *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 7(2) <http://jass.soc.surrey.ac.uk/7/2/1.html> . !
- [11] OTTER, VAN DER VEEN, J. DE Vriend (2001). "Abloom: Location behaviour, spatial patterns, and agent-based modelling" in: *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 4(4), 2001. <http://jass.soc.surrey.ac.uk/4/4/2.htm> . !
- [12] ZHANG (2003). "Growing silicon valley on landscape: an agent-based approach to high-tech industrial clusters" in *Journal of evolutionary economics* vol. 13, pp. 529-548.

## **Anexo 1**

El siguiente anexo contiene el código programado en NetLogo con el fin de facilitar al lector su análisis, observación. EL código se divide en tres partes: I. Definición de variables y agentes, II. Configuración de los agentes y del mundo y III. Procedimiento.

### **I. Definición de variables y agentes**

```

globals [ municipios parques-industriales ]
breed [empresasGrandes empresaGrande]
breed [empresasMedianas empresaMediana]
breed [empresasChicas empresaChica]
breed [empresasMicros empresasMicro]
breed [parques parque]

empresasGrandes-own
[ tamaño           ; El tamaño va estar definido por el numero de empleados que contienen las empresas.
  TDM               ; Tipo de industria manufacturera
  Mun              ; Municipio en el cual esta evaluando
  lugar-original   ; Indica si la empresa se relocalizo o se quedo en su posicion original
  parque-objetivo  ; Parque industrial hacia el cual se dirige para evaluar.
  parques-evaluados ; Cantidad de parques que ha evaluado la empresa
  satisfecho       ; False si la empresa aun no encuentra un mejor lugar para localizarse.
  presupuestop     ; Presupuesto disponible para invertir
]

empresasMedianas-own
[ tamaño
  TDM
  Mun
  lugar-original
  parque-objetivo
  empresa-objetivo ;Empresa grande hacia la que se dirige para evaluar
  parques-evaluados
  satisfecho
  presupuestop
  costos-de-operacion ;Costos de la empresa que para la produccion de sus bienes
]

empresasChicas-own [tamaño
  TDM
  Mun
  lugar-original
  empresa-objetivo
  satisfecho
  presupuestop
  costos-de-operacion
  parques-evaluados
]

empresasMicros-own [tamaño
  TDM
  Mun
  lugar-original
  empresa-objetivo
  satisfecho
  presupuestop
  costos-de-operacion
  parques-evaluados
]

```

## II. Configuración de los agentes y del mundo

```

to setup
  clear-all
  setup-municipios numero-de-municipios ;Para generar la division municipal hasta cinco municipios
  setup-parques-industriales ;Genera un numero de parques industriales por municipio asi como sus propiedades
  setup-empresas ;Genera un numero de empresas por municipio, y sus propiedades
  reset-ticks
end

to setup-municipios [ n ]
  foreach municipio-divisions n draw-municipio-division ; Primero hace una division en los intervalos reportados como "municipio-divisions"
  set municipios municipio-definitions n ; Las definiciones de municipios las guarda como global para un acceso más rapido
  (foreach municipios (n-values n [ ? + 1 ])) [ ; Pone la variable "municipio" a todos los patches incluyendo en "municipios"
  ask patches with [ pxcor >= first ?1 and pxcor <= last ?1 ] [ set municipio ?2 ] ; Se hace una conexión entre municipios-definitions y numero de municipios
  ]
end

;;Para reportar la division municipal y distinguir patches que actuarán como divisores entre los municipios.
;;de aquellos que forman parte de un municipio

to-report municipio-definitions [ n ]
  let divisions municipio-divisions n
  report (map [ list (?1 + 1) (?2 - 1) ] (but-last divisions) (but-first divisions))
end

to-report municipio-divisions [ n ]
  report n-values (n + 1) [
  [ pxcor ] of patch (min-pxcor + (? * ((max-pxcor - min-pxcor) / n))) 0
  ]
end

to draw-municipio-division [ x ] ;Este procedimiento hace la division de color gris y dibuja una linea vertical en medio.
  ask patches with [ pxcor = x ] [
  set pcolor grey + 1.5
  ]
  create-turtles 1 [ ; utiliza un tortuga temporal para dibujar una linea en medio de cada division
  setxy x max-pycor + 0.5
  set heading 0
  set color grey - 3
  pen-down
  forward world-height
  set xcor xcor + 1 / patch-size
  right 180
  set color grey + 3
  forward world-height
  die ; la tortuga ya realizo su trabajo por lo que ya no se necesita
  ]
end

*****
;;
*****PARQUES INDUSTRIALES*****
;;
*****

to setup-parques-industriales ;Se genera la atractividad de un parque

ask patches [ if one-of patches with [municipio = 1] != nobody [ while [ all? patches with [ municipio = 1 ] [ count patches with [municipio = 1 and pcolor = gray] != number-of-parques-industriales-per-municipio ]
[ ask patch random-xcor random-ycor [if municipio = 1 [set pcolor gray asignar-Atractividad_inicial ] ] ] ]
ask patches [ if one-of patches with [municipio = 2] != nobody [ while [ all? patches with [ municipio = 2 ] [ count patches with [municipio = 2 and pcolor = gray] != number-of-parques-industriales-per-municipio ]
[ ask patch random-xcor random-ycor [if municipio = 2 [set pcolor gray asignar-Atractividad_inicial ] ] ] ] ]
ask patches [ if one-of patches with [municipio = 3] != nobody [ while [ all? patches with [ municipio = 3 ] [ count patches with [municipio = 3 and pcolor = gray] != number-of-parques-industriales-per-municipio ]
[ ask patch random-xcor random-ycor [if municipio = 3 [set pcolor gray asignar-Atractividad_inicial ] ] ] ] ]
ask patches [ if one-of patches with [municipio = 4] != nobody [ while [ all? patches with [ municipio = 4 ] [ count patches with [municipio = 4 and pcolor = gray] != number-of-parques-industriales-per-municipio ]
[ ask patch random-xcor random-ycor [if municipio = 4 [set pcolor gray asignar-Atractividad_inicial ] ] ] ] ]
ask patches [ if one-of patches with [municipio = 5] != nobody [ while [ all? patches with [ municipio = 5 ] [ count patches with [municipio = 5 and pcolor = gray] != number-of-parques-industriales-per-municipio ]
[ ask patch random-xcor random-ycor [if municipio = 5 [set pcolor gray asignar-Atractividad_inicial ] ] ] ] ] ]

create-parques number-of-parques-industriales-per-municipio * numero-de-municipios
[set shape "factory"
set size 1.8
move-to one-of patches with [pcolor = gray and not any? turtles-on self]
set attract [Atractividad_total] of patch-here
set attract1[Atractividad_inicial] of patch-here
set Muni [Municipio] of patch-here]
end

to asignar-Atractividad_inicial

;La calidad del parque sera la suma de la cobertura de infraestructura + el nivel de accesibilidad

; en total son 14 los servicios disponibles en los parques. Para definir la cobertura, se dividieron dos tipos de servicios
; Basicos y Amplios. Los basicos contienen el minimo (8 servicios) requerido por (NOPI,2011), mientras que los amplios
; contienen los basicos más otros 6 servicios.

ifelse seleccionador = "deterministico" [set infraestructura Nivel_de_infraestructura]

[set servicios round random 2
if servicios = 0 [set servicios "amplios" set infraestructura .6]
if servicios = 1 [set servicios "basicos" set infraestructura .4] ]

```

;La accesibilidad esta en funcion de tres tipos de infraestructura de comunicacion, cada una con una distancia promedio ;de acuerdo a cada tipo de infraestructura.

```

;Ifelse seleccionador = "deterministico" [set accesibilidad Grado_de_accesibilidad]
;Para definir el valor de la accesibilidad por patche, se suma el kilometraje que el programa elige aleatoriamente por tipo de acceso
[
  set accesibilidad precision ( aeropuertos + puertos_ferrovianos + carreteras) 2

  let carretera round random-float 11 ;tipo de acceso: carreteras con 11 kms de distancia promedio.
  if carretera <= 5 [set carreteras .5]
  if carretera > 5 and carreteras < 10 [set carreteras .25]
  if carretera >= 10 [set carreteras .125 ]

  let puertos_ferroviano round random-float 30 ;tipo de acceso: puertos_ferrovianos con 30km de distancia promedio
  if puertos_ferroviano <= 20 [set puertos_ferrovianos .25]
  if puertos_ferroviano > 20 and puertos_ferroviano < 30 [set puertos_ferrovianos .125]
  if puertos_ferroviano > 30 [set puertos_ferrovianos 0.0625]

  let aeropuerto round random-float 50 ;tipo de acceso: aeropuertos con 50km de distancia promedio
  if aeropuerto <= 40 [set aeropuertos .25]
  if aeropuerto > 40 and aeropuertos < 50 [set aeropuertos .125]
  if aeropuerto > 50 [set aeropuertos 0.0625]
]

```

;En las condiciones iniciales la atractividad de los parques esta definida por [Infraestructura y accesibilidad].  
;A esta variable se le define como Atractividad\_Inicial

```

set Atractividad_inicial precision (infraestructura * .6 + accesibilidad * .4 ) 2

;; Hasta este punto, las empresas grandes evaluan unicamente la Atractividad_inicial para decidir su localizacion.
;; Para asignarles un precio se define el Precio como la suma de la calidad del parque + la cantidad de empresas localizadas en él.
;; para asignar la calidad del parque está se basará en la atractividad inicial con la que cuente el parque.

if Atractividad_inicial <= .33 [set calidad .2 ]
if Atractividad_inicial > .33 and Atractividad_inicial <= .66 [set calidad .3 ]
if Atractividad_inicial > .67 and Atractividad_inicial <= 1 [set calidad .5 ]

;; La cocentracion se asigna con base en la cantidad de empresas. Entre más empresas tenga, mayor grado de cocentracion.
;ifelse seleccionador = "deterministico" [ set Concentracion Concentracion_en_parque ]
[
  set Concentracion round random 21 ;of patches with [pcolor = gray]
  if Concentracion <= 10 [set concent .2]
  if Concentracion > 10 and Concentracion <= 20 [set concent .3]
  if Concentracion > 20 [set concent .5]
]

```

```

-
set precio precision ( calidad * .4 + concent * .6 ) 2

set Atractividad_total precision ( .15 * accesibilidad + .35 * infraestructura + .5 * precio) 2

end

```

```

; *****
; *****EMPRESAS*****
; *****
to setup-empresas ; Para caracterizar a las empresas
  foreach n-values length municipios [ ? + 1 ] [
    let municipio-patches patches with [ municipio = ? ]

    ;ifelse seleccionador = [ "deterministico"] set empresasGrandes Empresas_grandes
    ;[
    create-empresasGrandes Empresas_grandes [
      move-to one-of municipio-patches with [not any? turtles-on self and patches != gray]
      set color pcolor + 3
      set lugar-original patch-here
      set mun [municipio] of patch-here
      set satisfecho false
      set tamaño "Grande" ; Emplean 250 y más trabajadores
      set size 1.2
      set TIM random 4
      if TIM = 0 [set TIM "industria alimentaria" set color yellow]
      if TIM = 1 [set TIM "industria de productos metalicos" set color green]
      if TIM = 2 [set TIM "fabricacion de equipo de transporte" set color red]
      if TIM = 3 [set TIM "fabricacion de equipo de computo" set color blue]
      set parque-objetivo one-of patches with [ pcolor = gray and Municipio = [mun] of myself]
      set presupuestop round random 10000000
    ]
  ]
]

```



```

    foreach n-values length municipios [ ? + 1 ] [
      let municipio-patches patches with [ municipio = ? ]
create-emresasMedianas Empresas_medianas [
  move-to one-of municipio-patches with [not any? turtles-on self and patches != gray]
  set color pcolor + 3
  set lugar-original patch-here
  set mun [municipio] of patch-here
  set satisfecho false

  set tamaño "Mediana" ; Emplean 51-250 trabajadores
  set size .9
  set TIM random 4
  if TIM = 0 [set TIM "industria alimentaria" set color yellow]
  if TIM = 1 [set TIM "industria de productos metalicos" set color green]
  if TIM = 2 [set TIM "fabricacion de equipo de transporte" set color red]
  if TIM = 3 [set TIM "fabricacion de equipo de computo" set color blue]
;;Este costo de operacion equivale a "Gastos por consumo de bienes y servicios" que de acuerdo a INEGI es;
;; El valor de todos los bienes y servicios consumidos por el establecimiento para su uso en las
;; las actividades de produccion u operacion del establecimiento.
  set costos-de-operacion round random 300000

]

    foreach n-values length municipios [ ? + 1 ] [
      let municipio-patches patches with [ municipio = ? ]
create-emresasChicas Empresas_chicas [
  move-to one-of municipio-patches with [not any? turtles-on self and patches != gray]
  set color pcolor + 3
  set lugar-original patch-here
  set mun [municipio] of patch-here
  set satisfecho false

  set tamaño "Chica" ; Emplean de 11 a 50 trabajadores
  set size .6
  set TIM random 4
  if TIM = 0 [set TIM "industria alimentaria" set color yellow]
  if TIM = 1 [set TIM "industria de productos metalicos" set color green]
  if TIM = 2 [set TIM "fabricacion de equipo de transporte" set color red]
  if TIM = 3 [set TIM "fabricacion de bebidas y tabaco" set color blue]

  set costos-de-operacion round random 100000

]

    foreach n-values length municipios [ ? + 1 ] [
      let municipio-patches patches with [ municipio = ? ]
create-emresasMicros Empresas_micro [
  move-to one-of municipio-patches with [not any? turtles-on self and patches != gray]
  set color pcolor + 3
  set lugar-original patch-here
  set mun [municipio] of patch-here
  set satisfecho false
;Para categorizar el tamaño de la empresa se consulto la clasificacion propuesta por INEGI,2011

  set tamaño "Chica" ; Emplean de 1 a 10 trabajadores
  set size .5
  set TIM random 4
  if TIM = 0 [set TIM "industria alimentaria" set color yellow]
  if TIM = 1 [set TIM "industria de productos metalicos" set color green]
  if TIM = 2 [set TIM "fabricacion de equipo de transporte" set color red]
  if TIM = 3 [set TIM "fabricacion de bebidas y tabaco" set color blue]

  set costos-de-operacion round random 50000

]
]
ask empresasMedianas [ht]
ask empresasGrandes [ht]
ask empresasChicas [ht]
ask empresasMicros [ht]
end

```

### III. Procedimiento

```
*****
*****PROCEDIMIENTO*****
*****
to go
;; Las empresas grandes evaluarán la calidad del parque industrial, si no les conviene regresarán a su posición original
ask empresasGrandes [ st if satisfecho = false [moverse] ]
;; cuando todas las empresas grandes estén satisfechas con su posición, las empresas medianas buscarán ser sus proveedores (para esto tienen que ser del mismo ramo),
;; basándose en el presupuesto que las empresas grandes tienen
;; si este puede cubrir sus costos de operación, se situarán cerca de las empresas grandes (no necesariamente dentro de un parque)
;; si se convierten en proveedor-cliente la empresa grande resta de su presupuesto (compra) los costos de operación de la empresa mediana
;; mientras que la empresa-mediana convierte ese dinero en su presupuesto
;; si no encuentra clientes regresa a su posición inicial
if all? empresasGrandes [satisfecho = true] [ask empresasMedianas [ st if satisfecho = false [set empresa-objetivo one-of patches with [pcolor = 18] ]moverse2 ] ]
if any? empresasMedianas with [satisfecho = false] [ask empresasMedianas [moverse3]]
;; cuando las empresas medianas están satisfechas con su posición, las empresas chicas las buscan para venderles
;; si el presupuesto de la empresa mediana cubre los costos de operación de la empresa chica, se situará cerca de esta, de lo contrario regresará a su posición inicial
if all? empresasMedianas [satisfecho = true] [ask empresasChicas [ st if satisfecho = false [ set empresa-objetivo one-of patches with [ pcolor = 88 ] moverse3]]]
if all? empresasChicas [satisfecho = true] [ask empresasMicros [ st if satisfecho = false [ set empresa-objetivo one-of patches with [pcolor = 88] moverse4 ]]]

ask parques [set Densidad_de_empresas count empresasGrandes in-radius 3 / ( count empresasGrandes)]; + count empresasMedianas + count empresasChicas + count empresasMicros)]

tick
end

to moverse
face parque-objetivo fd .1
if patch-ahead 1 = parque-objetivo [ evaluar ]
end

to evaluar

let parque-a-evaluar one-of parques in-radius 1
if parque-a-evaluar != nobody [let empresa-evaluadora [empresasGrandes with [ satisfecho = false ] in-radius 1] of parque-a-evaluar
ask parque-a-evaluar [ifelse attract1 >= .5 [ask empresa-evaluadora [set satisfecho true move-to one-of neighbors with [pcolor != gray] ask patch-here [set pcolor 18 ] stop ] ]
[ ask empresa-evaluadora [set parques-evaluados parques-evaluados + 1 set parque-objetivo one-of patches with [pcolor = gray and Municipio = [mun] of myself ] ]]]]

if parques-evaluados >= number-of-parques-industriales-per-municipio [move-to lugar-original set satisfecho true set pcolor 18 stop ]
end

to evaluar2
let posible-comprador one-of empresasGrandes in-radius 1
if posible-comprador != nobody [let posible-proveedor one-of [empresasMedianas with [ satisfecho = false ] in-radius 1] of posible-comprador
ask posible-comprador [ if posible-proveedor != nobody [ifelse presupuesto >= [costos-de-operacion ] of posible-proveedor and TIM = [TIM] of posible-proveedor
[set presupuesto presupuesto - [costos-de-operacion ] of posible-proveedor
ask posible-proveedor [set presupuesto costos-de-operacion set satisfecho true move-to one-of patches in-radius 3 with [pcolor != gray and pcolor != 18] ask patch-here [set pcolor 88 stop ] ] ]
[ask posible-proveedor [set parques-evaluados parques-evaluados + 1 set empresa-objetivo one-of patches with [ pcolor = 18 ] ] ] ] ] ]
if parques-evaluados >= Empresas_Grandes [move-to lugar-original set satisfecho true set pcolor 88 stop ]
end

to moverse3
ifelse empresa-objetivo != nobody [face empresa-objetivo fd 1] [ ]
if patch-ahead 1 = empresa-objetivo [ evaluar3 ]
end

to evaluar3
let posible-comprador one-of empresasMedianas in-radius 1
if posible-comprador != nobody [let posible-proveedor one-of [empresasChicas with [ satisfecho = false ] in-radius 1] of posible-comprador
ask posible-comprador [ifelse presupuesto >= [costos-de-operacion ] of posible-proveedor and TIM = [TIM] of posible-proveedor [set presupuesto presupuesto - [costos-de-operacion ]
of posible-proveedor
ask posible-proveedor [set presupuesto costos-de-operacion set satisfecho true move-to one-of patches in-radius 5 with [pcolor != gray and pcolor != 18 and pcolor != 88] ask patch-here [set pcolor 48 stop ] ] ]
[ask posible-proveedor [set parques-evaluados parques-evaluados + 1 set empresa-objetivo one-of patches with [ pcolor = 88 ] ] ] ] ] ]
if parques-evaluados >= Empresas_Medianas [move-to lugar-original set satisfecho true set pcolor 48 stop ]
end

to moverse4
ifelse empresa-objetivo != nobody [face empresa-objetivo fd 1] [ ]
if patch-ahead 1 = empresa-objetivo [ evaluar4 ]
end

to evaluar4
let posible-comprador one-of empresasChicas in-radius 2
if posible-comprador != nobody [let posible-proveedor one-of [empresasMicros with [satisfecho = false] in-radius 1] of posible-comprador
ask posible-comprador [if posible-proveedor != nobody [ ifelse presupuesto >= [costos-de-operacion] of posible-proveedor and TIM = [TIM] of posible-proveedor [set presupuesto presupuesto - [costos-de-operacion]
of posible-proveedor
ask posible-proveedor [set presupuesto costos-de-operacion set satisfecho true move-to one-of patches in-radius 5 with [pcolor != gray and pcolor != 18 and pcolor != 88] ask patch-here [set pcolor 48 stop ] ] ]
[ask posible-proveedor [set parques-evaluados parques-evaluados + 1 set empresa-objetivo one-of patches with [ pcolor = 88]]]] ] ] ] ]
if parques-evaluados >= Empresas_Chicas [move-to lugar-original set satisfecho true set pcolor 48 stop ]
end
```