

APROXIMACIÓN A LA INFORMALIDAD EN EL MERCADO LABORAL: UNA MODELACIÓN BASADA EN AGENTES¹

María Jennifer Novoa Alvarez ²
Orlando Vargas Rayo ³

Resumen

Este documento es un estudio del mercado laboral con particular énfasis en las actividades productivas de carácter informal que se evidencian al interior de ese mercado. Por medio de un Modelo Basado en Agentes (MBA) se establecen características propias de los agentes quienes, a lo largo de una serie de procesos, asumen uno de los cinco posibles roles que un agente puede tomar en el mercado de trabajo: desempleado, trabajador formal, trabajador informal, empresario formal o empresario informal. Las funciones de probabilidad de los agentes de pertenecer a uno de estos grupos están condicionadas igualmente por variables del mercado y del sistema político; algunas de estas variables cambian en el transcurso de la simulación del modelo por las acciones colectivas de los agentes. Los MBA permiten realizar un análisis de la informalidad laboral teniendo en cuenta características únicas de los agentes, además de posibilitar la comparación de diversos escenarios macroeconómicos e institucionales.

Palabras claves: *Simulación Basada en Agentes, Informalidad Laboral, Economía evolucionista, Regulación Laboral.* **JEL:** B52- C63 - J08

¹ Ponencia que obtuvo el 2do puesto en el IX Concurso Nacional de Ponencias de Estudiantes de Economía “Jesús Antonio Bejarano”: Mercado Laboral, Aspectos Macroeconómicos y Microeconómicos. Actividad organizada por FENADECO en el 2010. Docente Asesor: Anselmo José Vega Armenta

² Estudiante de pregrado en Economía de la Universidad Nacional de Colombia. Miembro del grupo de estudio en Historia Económica. E-mail: mjnovoa@unal.edu.co

³Estudiante de pregrado en Economía de la Universidad Nacional de Colombia. Miembro del grupo de estudio en Historia Económica. E-mail: ovargasra@unal.edu.co



Rector

Moisés Wassermann Lerner

Vicerrector Sede Bogotá

Julio Esteban Colmenares

**FACULTAD DE CIENCIAS
ECONÓMICAS**

Decano

Jorge Iván Bula Escobar

Vicedecano Académico

Gerardo Ernesto Mejía Alfaro

ESCUELA DE ECONOMÍA

Director

Leonardo Duarte Vergara

**Coordinador Programa Curricular de
Economía**

Héctor William Cárdenas

La serie Econografos considera para publicación manuscritos originales de estudiantes de pregrado de la Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad Nacional de Colombia, que hayan sido propuestos, programados, producidos y evaluados en una asignatura, en un grupo de estudio o en otra instancia académica.

**Econografos
Escuela de Economía
ISSN 2011-6292**

La serie Documentos FCE puede ser consultada en el portal virtual:
<http://www.fce.unal.edu.co/publicaciones/>

Coordinador Centro Editorial

Álvaro Zerda Sarmiento
Profesor Asociado - FCE

Equipo Centro Editorial

Sergio Perez
David Alejandro Bautista Cabrera
Juan Carlos García Sáenz

Correo electrónico:

publicac_fcebog@unal.edu.co

Este documento puede ser reproducido citando la fuente. El contenido y la forma del presente material es responsabilidad exclusiva de sus autores y no compromete de ninguna manera a la Escuela Administración y Contaduría Pública, ni a la Facultad de Ciencias Económicas, ni a la Universidad Nacional de Colombia

Introducción

En la teoría económica se han producido distintas aproximaciones rigurosas al tema del mercado de trabajo, ofreciéndose perspectivas con diferentes grados de acercamiento al denominado *mainstream de la economía*. Las corrientes teóricas neoclásicas, keynesianas y heterodoxas han perseguido caracterizar el mercado y las diversas fuerzas micro y macroeconómicas que se tejen a su interior; de esa forma han llegado a lo que sería un punto en común entre aquellas teorías, al distinguir mercados peculiares que responden a ámbitos complementarios de la economía en su conjunto.

El mercado de trabajo es uno entre aquellos sub-mercados. La explicación acerca de la forma en que éste opera en su interior e interactúa en la economía se ha transformado a la par del desarrollo de la teoría económica; nociones como la tasa de desempleo han sido explicadas y aplicadas en la más amplia gama de teorías y modelos. No obstante, dicho avance teórico ha sido sujeto de críticas en la medida que el conocimiento y el cuestionamiento acerca de los fenómenos económicos y sociales se hacen mayores. Así, por ejemplo, el surgimiento del concepto de economía informal sugirió la necesidad de adaptar los esquemas teóricos con el fin de lograr explicaciones satisfactorias ante la evidencia del desconocimiento de las normas laborales, fiscales y urbanísticas por parte de los agentes económicos. La teoría también buscó y continúa buscando respuestas que ofrecer a los hacedores de políticas públicas. De manera complementaria, surge la necesidad de usar nuevas herramientas interdisciplinarias que permitan explicar la complejidad de los fenómenos socioeconómicos.

Para responder a la falta de herramientas interdisciplinarias que expliquen los fenómenos observados en el mercado laboral, en este documento se evalúa si una explicación desarrollada a partir de modelos basados en agentes satisface la necesidad de comprender las interrelaciones entre los diferentes elementos que influyen sobre el mercado laboral y, por ende, la de comprender con mayor amplitud la informalidad laboral. Con base en lo anterior, se cuestiona la pertinencia de construir un algoritmo que modele la complejidad de dichas interrelaciones, cuyo sustento sean algunos de los argumentos y supuestos de teorías que han abordado el tema del mercado laboral.

Con este fin, el documento aborda desde una perspectiva teórica el mercado laboral informal, partiendo de los enfoques estructuralista e institucionalista⁴, y ofrece un aporte novedoso apoyado en la metodología aplicada por la economía evolucionista⁵; en esta perspectiva, desarrolla un modelo económico basado en agentes (MBA) para el mercado laboral, construyendo un algoritmo que posibilite la elaboración de simulaciones computarizadas de las acciones particulares y colectivas de los agentes en un entorno predeterminado; esta construcción constituye uno de los objetivos de este escrito. Es de notar que las simulaciones obtenidas no representan un caso particular, sino que constituyen un referente empírico de las cuestiones arriba planteadas. De igual forma, el documento busca ampliar la complejidad de los argumentos atribuidos al mercado laboral informal y trascender los análisis meramente cuantitativos; los cuales, aunque valiosos, afrontan falencias en los criterios de medición de la informalidad, quizá por un sustento teórico aún insuficiente para arribar a consensos frente a tales criterios.

⁴ No significa esto que la finalidad de este trabajo y de la construcción del modelo sea comprobar las hipótesis de los enfoques de los cuales se parte para el desarrollo del algoritmo propuesto.

⁵ La originalidad del análisis radica en que los modelos de economía evolucionista revisados en fuentes indexadas no abordan el tema de la informalidad laboral.

El documento se divide en nueve secciones, empezando por ésta, cuya organización se sustenta en los lineamientos sugeridos en el artículo *A standard protocol for describing individual-based and agent-based models* (Grimm et. al., 2006). La segunda sección presenta argumentos de los enfoques ya mencionados, incluyendo el enfoque de la economía evolucionista. Las secciones tres, cuatro, cinco y seis presentan y desarrollan el modelo propuesto para el mercado laboral, siendo específicas en la descripción de las variables, los detalles de la programación y los resultados de las simulaciones. Finalmente, las secciones siete, ocho y nueve muestran los resultados de las simulaciones, las conclusiones y las recomendaciones, respectivamente.

Enfoques teóricos

Entre las muchas preguntas surgidas en la segunda mitad del siglo pasado acerca de las transformaciones evidenciadas en el mercado laboral, algunas que aún continúan más vigentes se refieren al grado de voluntariedad con que el individuo resulta en alguna actividad de carácter informal o, en otras palabras, a las diferentes causas de ese resultado: causas culturales e idiosincráticas, causas que responden a la racionalidad ilimitada o limitada del individuo para deducir un análisis costo beneficio entre participar en actividades productivas en el sector formales y participar en aquellas en el sector informal, causas geográficas, o causas estructurales.

Una de las aproximaciones al tema de la informalidad es precisamente la que ve en las causas estructurales la explicación a tal característica de la economía. Este enfoque, propuesto en los años 80's por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) y el Programa Regional de Empleo para América Latina y el Caribe (PREALC), emplea como principales variables la evolución de la oferta de trabajo, los perfiles salariales y la disponibilidad de capital (Pineda, 2008, p.283). Su argumentación señala como fuentes de la informalidad al exceso de oferta de mano de obra no calificada, consecuencia de la migración rural y la transición demográfica, y a la fragmentación de la economía en sector moderno y sector tradicional; esto último genera una brecha entre ambos sectores, asociada al tamaño y al nivel de productividad de la firma (Uribe, 2006, p.26). Ambos elementos se traducen en factores promotores de exclusión y, por tanto, de informalidad involuntaria.

Una idea opuesta es concluida por el enfoque institucional, para el cual la informalidad constituye una opción ante la desvinculación laboral o ante los elevados costos de constitución de una firma, siendo ambos casos producto de una regulación estatal excesiva. Este enfoque toma como variables algunos de los componentes que en el enfoque estructural se observan como límites: la existencia de relaciones laborales y el cumplimiento de las normas; incluyendo elementos que rompen el esquema lineal del estructuralismo según el cual actividades productivas de baja productividad encuentran cabida en el sector tradicional y tienden con mayor probabilidad a situarse en el sector informalidad.

El enfoque aplicado al modelo propuesto combina los anteriores argumentos. Toma de la visión estructuralista la noción de ciclo económico, la cual en este contexto es empleada en dos sentidos: el primero, para sustentar el incremento de la actividad empresarial durante los periodos de crecimiento económico, dado un aumento de la demanda en la economía; el segundo, para indicar la influencia de las fluctuaciones del producto interno sobre el tamaño del sector informal en una economía: en este enfoque la informalidad es contracíclica y procíclica, en función de la interacción entre mercados a través de los intercambios monetarios y de trabajadores; en otras palabras, la demanda de bienes y servicios en el sector informal depende de las rentas producidas en el sector formal (obteniendo así una tendencia procíclica) y, en cuanto a la movilidad de trabajadores, durante periodos de auge las empresas informales de mayor productividad atraen individuos antes desempleados (comportamiento procíclico), mientras que las de menor productividad o de subsistencia expulsan trabajadores hacia el sector formal y hacia las empresas informales de mayor productividad (comportamiento contracíclico) (Pineda, 2008, 284).

Del enfoque institucionalista se apropian, igualmente, dos ideas generales:

(1) El agente realiza un balance entre los costos y los beneficios de ser formal. En la situación de los trabajadores la decisión de ser informal respondería a lo que Perry (2007) define como escape de los trabajadores en búsqueda de mayor independencia y flexibilidad⁶. En la de los empresarios se trata de sopesar los costos para el agente que implican obtener el registro mercantil, el pago de impuestos y las cargas laborales de contratación, frente a los beneficios de la formalidad⁷; este balance o costo de oportunidad se inclina a favorecer la decisión de ser informal cuando la formalidad no ofrece mayores beneficios relativos, bien sea por la existencia de mercados internos desarticulados, costos elevados de crédito financiero, o un sector informal suficientemente grande como para ofrecer ventajas equiparables con las asociadas a la formalidad, por hacer mención de unos pocos factores.

(2) Los agentes modifican las instituciones formales, en particular al nivel de regulación laboral, mientras persiguen aumentar su probabilidad de obtener mayores beneficios; a través de esta dinámica, las acciones de los agentes se articulan configurando instituciones que responden a un resultado histórico de la acción colectiva. En otras palabras, los agentes se encuentran divididos en varios grupos identificándose con el interés que cada grupo busca y, en la medida que la organización social (o sistema político) se los permite, procurarán incidir sobre las instituciones (o reglas de juego) en función de su interés. Por ejemplo, para el caso de los trabajadores formales, Uribe y Ortiz (2004, citado en Pineda, 2008) señalan que “*el nivel de segmentación de los mercados de trabajo devela los mecanismos formales e informales de las rigideces del mercado, que surgen de los procesos de negociación colectiva que logran los trabajadores y que perpetúan las condiciones laborales que mantiene las diferencias entre el sector formal y el informal*”; es de dicho modo que, por medio de mejores condiciones laborales, los trabajadores formales incrementan su probabilidad de obtener mayores beneficios.

Así mismo, el enfoque aplicado asume al trabajo informal como mayoritariamente involuntario y a la empresa informal como mayoritariamente voluntaria. Las decisiones de los individuos son autónomas, no obstante, el mecanismo por el cual el agente se apropia de uno u otro rol en la economía inicia por un agente quien sopesa sus posibilidades en la economía teniendo en cuenta información privada e información pública, siendo esta última quien restringe o impulsa las decisiones del agente. Esta característica de los agentes se basa en el principio de la racionalidad limitada de los agentes. El presente documento busca la complementación de perspectivas a fin de obtener diferentes resultados acerca de las dinámicas de acción individual de los agentes y de interacción entre estos.

Modelo propuesto para el mercado laboral

El propósito del modelo es realizar una simulación basada en agentes que integre las dos corrientes teóricas hasta ahora descritas, con el fin de exponer, a partir de la metodología aplicada en la economía evolucionista, el modo en que variables estructurales e institucionales afectan la forma de participación de los agentes en el mercado laboral. Con ese objetivo son definidas una serie de variables estado para definir el tipo de agente y para establecer las características del ambiente en el que los distintos tipos de agentes se desenvuelven, individual y colectivamente. Además, resulta de interés obtener una aproximación al comportamiento del mercado laboral en un modelo dinámico, en el cual se obtiene una variable representativa del tiempo por medio de las iteraciones sucesivas que tiene lugar en cada simulación. A partir de esta noción de tiempo el agente, quien permanentemente enfrenta la opción de ser desempleado o no, trabajador o empresario y formal o informal, dispone de una información pública (reglas del mercado y del sistema político) que se encuentra en constante movimiento.

⁶ El escape se contrapone a la exclusión, esta última, como ya se explicó, corresponde a la perspectiva estructural.

⁷ Acceso a servicios gubernamentales, a proveedores y clientes formales, a mercados financieros y a externalidades positivas favorecidas por aglomeraciones de mercado.

Al final de cada simulación se observa el tamaño de los diferentes grupos integrantes del mercado laboral y el nivel de regulación laboral; la primera característica permite visualizar, desde un nivel macroeconómico, la influencia de las variables estado estructurales e institucionales en la configuración del mercado laboral; y en segunda instancia, observar el nivel de regulación laboral en los diferentes momentos (iteraciones) posibilita el análisis del comportamiento de los agentes al interactuar entre ellos. Estos aspectos serán ampliados en las próximas secciones.

Variables del modelo para el mercado laboral

El modelo consta de tres estructuras: la estructura principal, la estructura del ciclo económico y la estructura institucional. El modelo se organiza a partir de la interacción entre dichas estructuras, tal como es representado por la Figura 1.

FIGURA 1. Relaciones entre estructuras.



En la estructura del ciclo económico son modeladas las fluctuaciones cíclicas de la actividad productiva en la economía, oscilaciones en las cuales una fase de disminución es seguida por una fase de crecimiento. Para realizar esta modelación es aplicada la función seno, ésta nos permite representar los ciclos de la economía de una manera armónica, en la cual las fases de disminución sean iguales a las fases de incremento.

La estructura principal contiene los agentes y el ambiente: los agentes son quienes participan en la economía y el ambiente es quien da las reglas que condicionan el comportamiento de los primeros. Los agentes son caracterizados por dos variables estado: Dotaciones Iniciales y Gustos. Dotaciones Iniciales es los recursos que poseen los agentes antes de entrar al modelo, estos recursos afectarán la participación del agente en el mercado laboral; Gustos hace referencia a las preferencias de un individuo por desarrollar una actividad específica en el mercado laboral. Este conjunto de variables constituye los principales atributos de los agentes.

El ambiente define la forma en que cada agente participará en el mercado laboral. Para esto, en el ambiente ocurren tres procesos (pasos) diferentes en los cuales cada agente podrá pertenecer a los siguientes grupos: empleado, desempleado, trabajador, empresario, trabajador informal, empresario informal, trabajador formal o empresario formal; dichos procesos serán descritos en detalle en el apartado de “Simulaciones del modelo”. El ambiente usa la información contenida en las estructuras del ciclo económico y de la regulación institucional con el fin de fijar las pautas aplicables a los agentes que participan en el mercado laboral.

Por último, la estructura institucional acoge las instituciones políticas cuyo objetivo es fijar las reglas para el entorno en que se desenvuelve el mercado laboral; estas reglas son usadas por el ambiente incorporándolas en los procesos donde participan los agentes, siendo la regulación laboral una de las variables condicionantes sobre las posibilidades del agente de pertenecer a uno u otro grupo de los que ya han sido definidos. Las variables estado de la estructura institucional son: la regulación laboral y el alcance y fuerza del Estado. La primera variable hace referencia a la normatividad establecida por el

sistema político con el fin de que ésta sea aplicada en las relaciones laborales a través de los contratos formales de trabajo⁸. La segunda se debe interpretar como el interés y la capacidad del Aparato de Estado para hacer cumplir un determinado conjunto de normas, bien sea en el ámbito de la contratación laboral o en aquel donde operan las firmas; un nivel muy bajo de control favorece la informalidad, sin embargo, un nivel muy alto de control ocasiona el mismo efecto (ver la paradoja básica del control del Estado en Portes y Haller, 2006, p.28); en otras palabras, el alcance y fuerza del Estado posee rendimientos decrecientes frente al nivel de efectividad del control gubernamental. Es importante no confundir estas dos variables: la primera son las reglas, la segunda los mecanismos con los que se busca el cumplimiento de estas reglas.

CUADRO 1. Variables Estado del modelo para el mercado laboral

Estructura Ciclo Económico	Estructura Principal	Estructura Institucional
Función Seno del ciclo económico (variable del ambiente)	Gustos del agente	Nivel Regulación Laboral (variable del ambiente)
	Dotaciones Iniciales del agente	Alcance y fuerza del Estado (variable del ambiente)

FUENTE: Elaboración propia

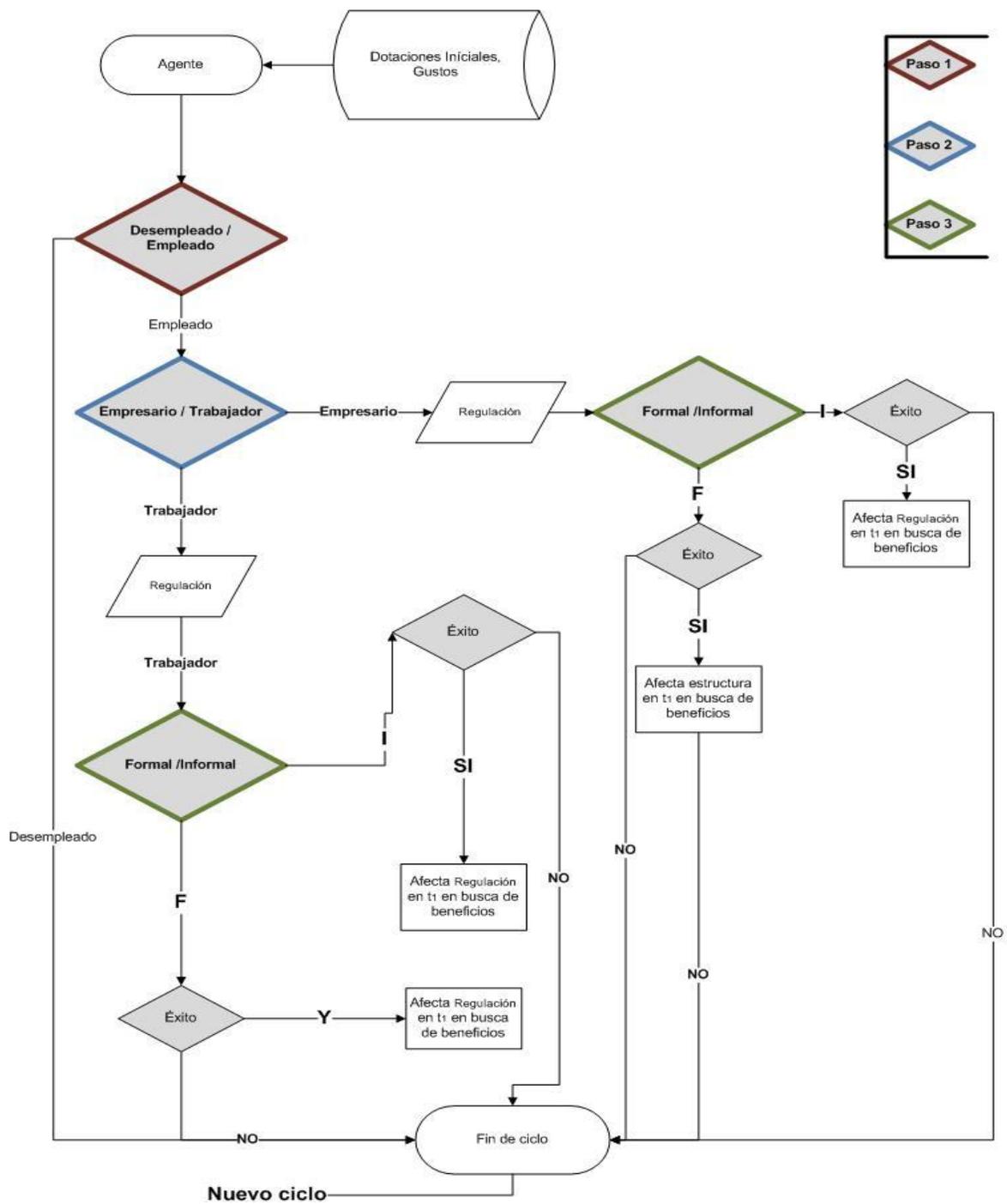
Detalles de la programación

El modelo para el mercado laboral se realiza en un número definido de iteraciones. Cada iteración representa una unidad de tiempo y en cada una se llevan a cabo tres procesos, siguiendo el orden que aparece a continuación:

- Paso 1: Los agentes pueden ser empleados o desempleados.

⁸ Esta variable refleja el número de convenciones internacionales (sobre condiciones contractuales en las relaciones laborales) ratificadas por el gobierno local, el nivel de los impuestos a la nómina y los costos asociados al despido de empleados

FIGURA 2. Diagrama de flujo



FUENTE: Elaboración propia

- Paso 2: los agentes empleados pueden ser trabajadores o empresarios.
- Paso 3: los agentes que son trabajadores o empresarios pueden ser formales o informales.

En la Figura 2 se pueden observar las diversas opciones y elementos que afronta el agente en el modelo para el mercado laboral, tal como se describe más adelante.

Paso 1: En este proceso los agentes pueden ser desempleados o empleados. Para obtener alguno de los dos resultados, cada uno de los agentes da un número al azar entre 0 y 1, si este número es menor a A el agente será desempleado, si el número es mayor a A será empleado. A corresponde al primer parámetro del modelo, el cual representa la probabilidad por la cual puede ser desempleado un agente capaz de desempeñar alguna actividad empresarial o laboral; este parámetro puede tomar valores distintos en cada simulación que se desee realizar. Los agentes que han resultado empleados participan en el siguiente proceso de la estructura principal y los agentes que son desempleados finalizan su participación en la simulación.

Paso 2: En este proceso los agentes que han sido empleados pueden ser empresarios o trabajadores. Para cada agente aplica una función de probabilidad a fin de ingresar al grupo de empresarios o trabajadores. Esta función arroja como resultado un número entre 0 y 1, el cual es comparado con un número al azar dado por el ambiente, de modo que el agente será trabajador si el número resultado de la función es mayor al número del ambiente. La función se describe a continuación:

$$\begin{aligned} & \text{Probabilidad de ser trabajador} \\ & = 1 - (1 / (\text{derivadaCicloEconomico} * C + \text{Gustos} * D \\ & + \text{DotacionesIniciales} * E + (\text{EXITO1} + \text{EXITO2}) * F)) \end{aligned} \quad (6.1)$$

Donde los parámetros C , D , E y F significan la ponderación otorgada a cada una de las variables incluidas en la función, estos parámetros pueden tomar valores distintos en cada simulación que se desee realizar. La Probabilidad de ser empresario se define como el complemento de la Probabilidad de ser trabajador ($1 - \text{Probabilidad de ser trabajador}$).

La *función de probabilidad de ser trabajador* utiliza la información del ciclo económico con el fin de sumar mayor probabilidad de ser trabajador si la economía se encuentra en una fase de contracción o de sumar mayor probabilidad de ser empresario si la economía se encuentra en una fase de crecimiento. La variable *Gustos* se obtiene a partir del grado de aversión al riesgo de los agentes (*variable proxy*), tomando un valor (entre 0 y 10) que es fijado aleatoriamente para cada uno de los agentes (es una característica propia de cada agente). El grado de aversión al riesgo será mayor entre más bajo sea el valor de esta variable y será menor entre más alto sea aquel valor; los agentes adversos al riesgo tendrán una mayor probabilidad de ser trabajadores y los agentes amantes al riesgo tendrán una mayor probabilidad de ser empresarios. La variable *Dotaciones Iniciales* resulta de un número aleatorio fijado para cada uno de los agentes, al igual que en la variable *Gustos*. Las dotaciones representan la cantidad de capital que posee un agente para iniciar una empresa, por lo que, los agentes con menor cantidad de dotaciones iniciales tienen mayor probabilidad de ser trabajadores y los agentes con mayor dotación de capital tienen mayor probabilidad de ser empresarios.

Finalmente, la variable *Éxitos* representa el éxito de los agentes en la actividad que realizan. Este valor se define hasta el momento en que opera la Estructura Institucional del modelo, razón por la cual el origen de esta variable será explicado más adelante. Si un agente en el periodo anterior tuvo éxito en la Estructura Institucional, en su función de probabilidad (en el Paso 2) se suma un valor positivo; si no tuvo éxito no suma nada. De esta manera se reconoce al agente que tuvo éxito, siendo trabajador o empresario, otorgándole una mayor probabilidad de repetir este resultado. Por ejemplo, si un agente

que es trabajador formal o informal tiene éxito en la Estructura Institucional en la iteración 1, el mismo agente tendrá mayor probabilidad de ser nuevamente trabajador en la siguiente iteración. Cabe aclarar, que al iniciar una nueva etapa o iteración, quien tuvo o no éxito en la Estructura Institucional, y si las condiciones del ambiente se lo permiten, puede pasar de ser trabajador a empresario o viceversa. Es necesario hacer énfasis en esto, ya que, los agentes según los resultados obtenidos en la Estructura Principal y en la Estructura Institucional podrán cambiar su rol en la dinámica del mercado laboral.

Paso 3: Una vez los agentes han jugado contra el ambiente, y pertenecen ya sea al grupo de los trabajadores o al de los empresarios, participan en el Paso 3 en el cual podrán ser trabajadores formales o trabajadores informales (en el caso de resultar en el grupo de trabajadores en el paso anterior) y empresarios formales o empresarios informales (en el caso de resultar en el grupo de empresarios en el paso precedente). En cada proceso los agentes afrontan una función de probabilidad, el resultado de las funciones proyecta un número entre 0 y 1, el cual es comparado con un número al azar dado por el ambiente; el agente será empresario o trabajador informal si el número resultado de la función es mayor que el número del ambiente, en la situación opuesta el agente será empresario o trabajador formal. En la situación de los agentes empresarios aplica la siguiente función de probabilidad:

$$\begin{aligned} & \textit{Probabilidad de ser empresario informal} \\ & = 1 - (1 / ((\textit{numTrabajadorInformal} + \textit{numEmpresarioInformal}) * J \\ & + g(\textit{alcanceestado}) * K + \textit{regulacionlaboral} * L)) \end{aligned} \quad (6.2)$$

Donde los parámetros J , K y L indican la ponderación otorgada a cada una de las variables incluidas en la función, dichos parámetros pueden tomar valores distintos en cada simulación que se desee realizar. La Probabilidad de ser empresario formal se define como el complemento de la Probabilidad de ser empresario informal ($1 - \textit{Probabilidad de ser empresario informal}$). De forma análoga, la siguiente función de probabilidad aplica para los agentes trabajadores:

$$\begin{aligned} & \textit{Probabilidad de ser trabajador informal=} \\ & 1 - (1 / (\textit{regulacionlaboral} * H + g(\textit{alcanceestado}) * I)) \end{aligned} \quad (6.3)$$

Donde los parámetros H e I representan la ponderación otorgada a cada una de las variables incluidas en la función, estos parámetros pueden tomar valores distintos en cada simulación que se desee realizar. La Probabilidad de ser trabajador formal se define como el complemento de la Probabilidad de ser trabajador informal ($1 - \textit{Probabilidad de ser trabajador informal}$).

En cuanto a las componentes de las funciones de probabilidad, la variable referida al alcance y fuerza del Estado toma valores entre -5 y 5 para cada simulación, teniendo que valores negativos ubican el alcance del Estado en un grado positivo de efectividad e influyen negativamente sobre la probabilidad de ser informal, siguiendo los argumentos de siguiendo los argumentos de Portes y Haller (2006) indicados en la sección 3. La variable regulación laboral asume valores entre 0 y 10, siendo 0 el nivel más bajo de regulación y 10 el más alto. Teniendo en cuenta el enfoque institucionalista, la regulación laboral desincentiva a las empresas de contratar trabajadores formalmente. En consecuencia, un alto valor de la regulación laboral aumenta la probabilidad de que un trabajador sea un trabajador informal. De manera similar, un nivel alto de regulación laboral incrementa la probabilidad de ser empresario informal.

Adicionalmente, y en particular, la función de probabilidad de ser empresario informal utiliza la información de la cantidad de trabajadores informales ($\textit{numTrabajadorInformal}$) y de la cantidad de empresarios informales ($\textit{numEmpresarioInformal}$) del periodo anterior. Este valor pretende reflejar el tamaño del sector informal en la economía caracterizada por el modelo, de manera que sirva como variable sustituta (*proxy*) del costo de oportunidad que sopesa el empresario entre los beneficios y costos de ser formal.

De otra parte, a través de un proceso incluido en el Paso 3, la evolución de la variable regulación laboral se determina en la Estructura Institucional. En esta estructura se realiza un juego entre los grupos que continúan activos para el modelo: trabajadores formales, trabajadores informales, empresarios formales y empresarios informales. Cada grupo posee un intervalo de números de igual o distinto tamaño y el ambiente actúa dando un número al azar, al grupo al que pertenezca este número gana el juego (éxito). En el juego, el tamaño del intervalo para cada grupo se traduce en la probabilidad que tiene cada uno de estos de afectar la regulación laboral, esta probabilidad puede ser modificada en las simulaciones para darle una mayor fuerza a uno de los grupos y restarle fuerza a los demás; el nivel de influencia de los grupos se define por la configuración de los mecanismos de decisión en el sistema político.

Cada uno de los grupos busca modificar la regulación institucional para lograr mayores beneficios en las próximas etapas o iteraciones. Los trabajadores formales buscan aumentar la regulación laboral, con el fin de presionar su remuneración hacia arriba (Uribe, 2006). Los empresarios formales buscan reducir la regulación laboral para mejorar sus beneficios. Los empresarios informales buscan reducir la regulación laboral para acceder a los beneficios de ser formal. Cuando uno de los grupos de empresarios formales y empresarios informales gana en el juego de la Estructura Institucional (éxito), reduce en la función de probabilidad de la siguiente iteración el valor de la variable regulación laboral en b ; esto para cada uno de los agentes que lo conforman. En el caso de los trabajadores informales estos modifican el valor de la variable regulación laboral en $+b/2$. Por el contrario aumentan el valor de la regulación laboral en $+b$

Una vez se han desarrollado todos los procesos de la Estructura Principal concluye la iteración; la siguiente iteración inicia nuevamente en el Paso 1. En ese instante, los agentes que fueron desempleados en la primera iteración participan nuevamente en el primer paso, eventualmente podrán ser empleados, e igualmente quienes en la primera iteración resultaron empleados en la siguiente iteración podrán ser desempleados.

Simulaciones del modelo

Para efectos de la simulación, deben ser establecidos los valores que tomarán los parámetros y los valores iniciales que se asignarán a las variables definidas en las secciones anteriores, al igual que deben ser elegidos un número de agentes y un número de iteraciones que se tendrán en cuenta en el modelo; estos valores son eventualmente modificables para efectos de cada simulación. En este documento los valores fueron estipulados de forma arbitraria, ya que no se espera caracterizar ninguna economía específica. A continuación se presentan los resultados de tres de las simulaciones que se realizaron mediante la programación ya detallada. Estas simulaciones tienen en común los siguientes valores iniciales:

TABLA 1. Valores iniciales que comparten las tres simulaciones

Parámetro o variable	Valor
Probabilidad de ser desempleado = A	0,12
Nivel Ciclo Económico en t=0	0
Parámetros función probabilidad de ser trabajador	0,25
Parámetros función probabilidad de ser empresario informal	0,33
Parámetros función probabilidad de ser trabajador informal	0,5
Nivel en que se afecta la regulación laboral = b	0,1
Probabilidad éxito para cada grupo	0,25
Número de Agentes	50
Número de Iteraciones	100

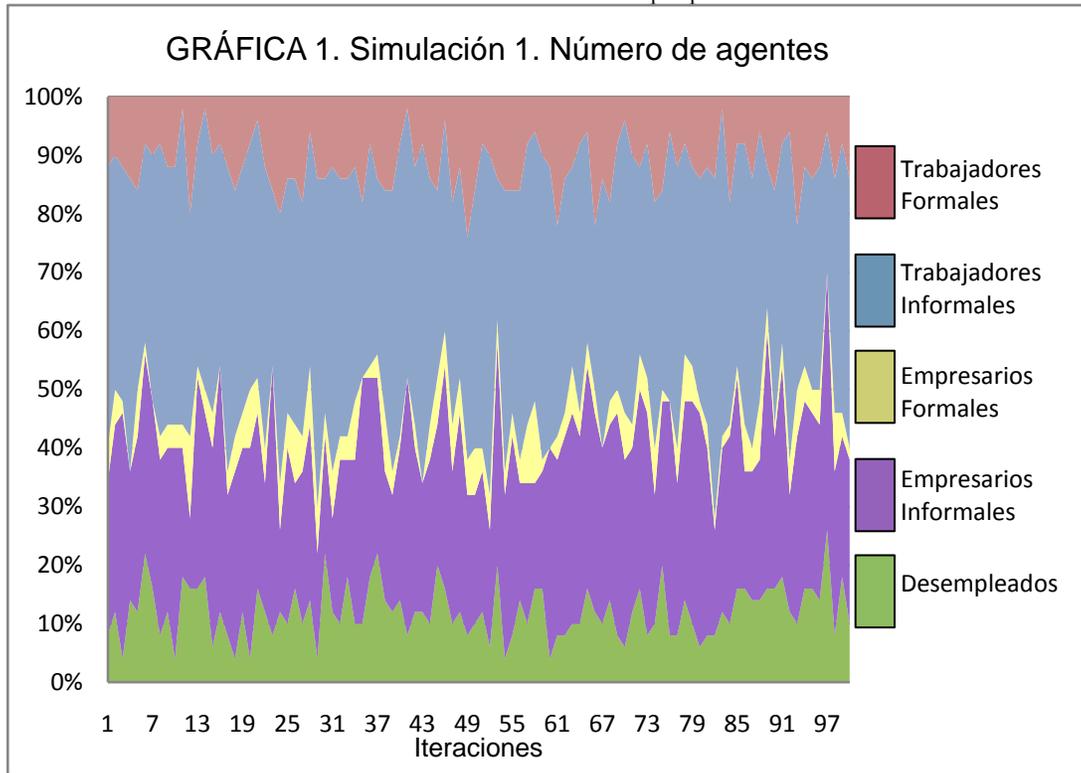
FUENTE: Elaboración propia

SIMULACIÓN 1

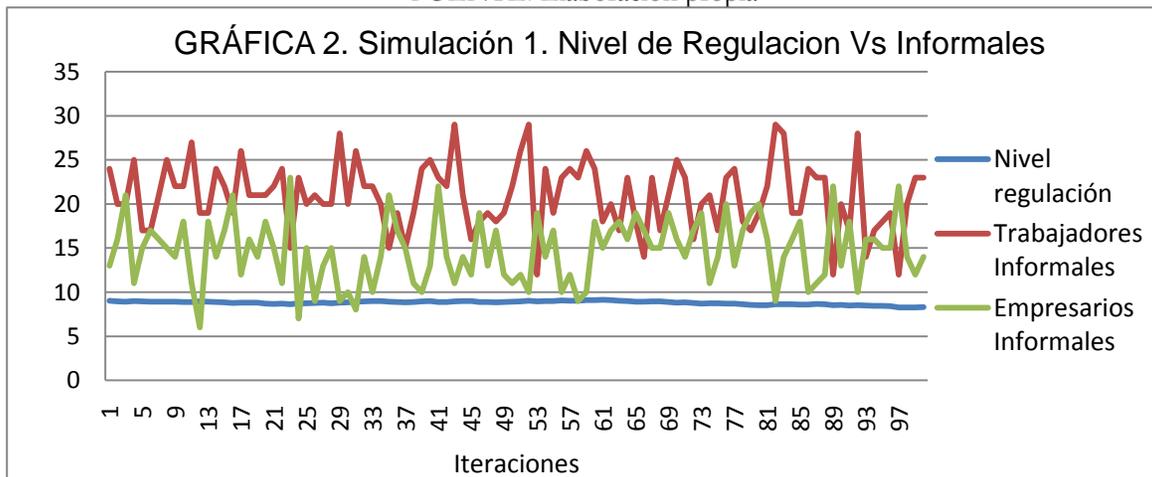
TABLA 2. Valores iniciales Simulación 1

Variable	Valor	Nivel
Nivel de Regulación laboral inicial	9	Alto
Alcance del estado	0	Medio

FUENTE: Elaboración propia



FUENTE: Elaboración propia



FUENTE: Elaboración propia

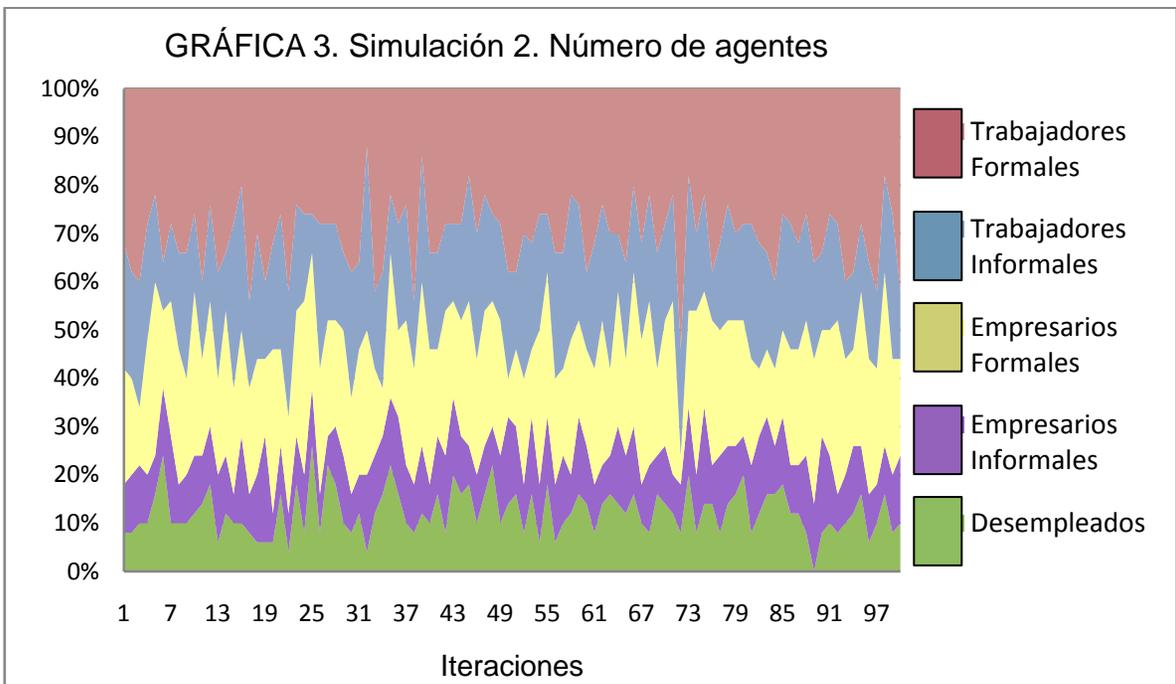
Los resultados de esta simulación reflejan que una alta regulación laboral impuesta por parte del Estado implica un mayor tamaño de los grupos informales, frente a los formales.

SIMULACIÓN 2

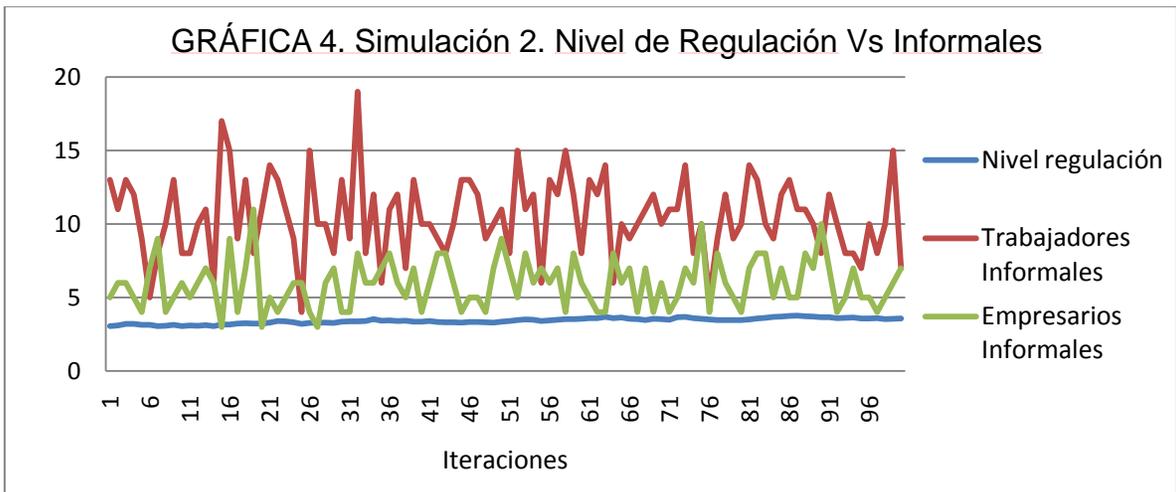
TABLA 3. Valores iniciales Simulación 2

Variable	Valor	Nivel
Nivel de Regulación laboral inicial	3	Bajo
Alcance del estado	3	Bajo

FUENTE: Elaboración propia



FUENTE: Elaboración propia



FUENTE: Elaboración propia

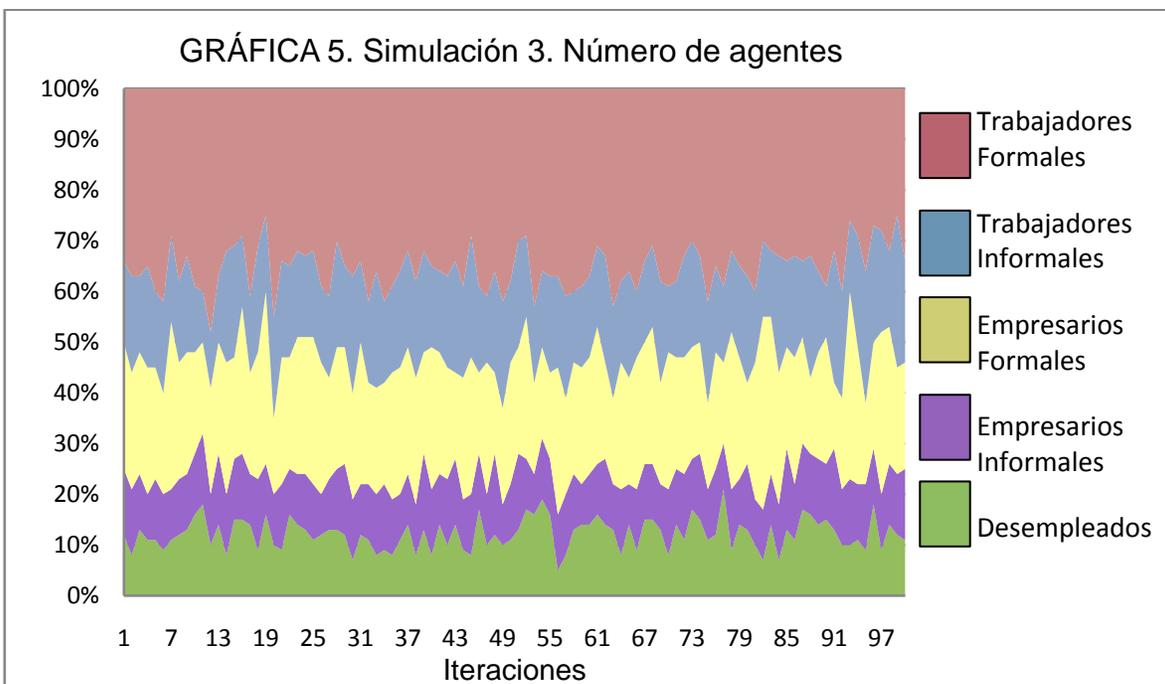
En esta simulación, se obtuvo grupos informales de menor tamaño con respecto a la primera simulación, aunque con mayores fluctuaciones.

SIMULACIÓN 3

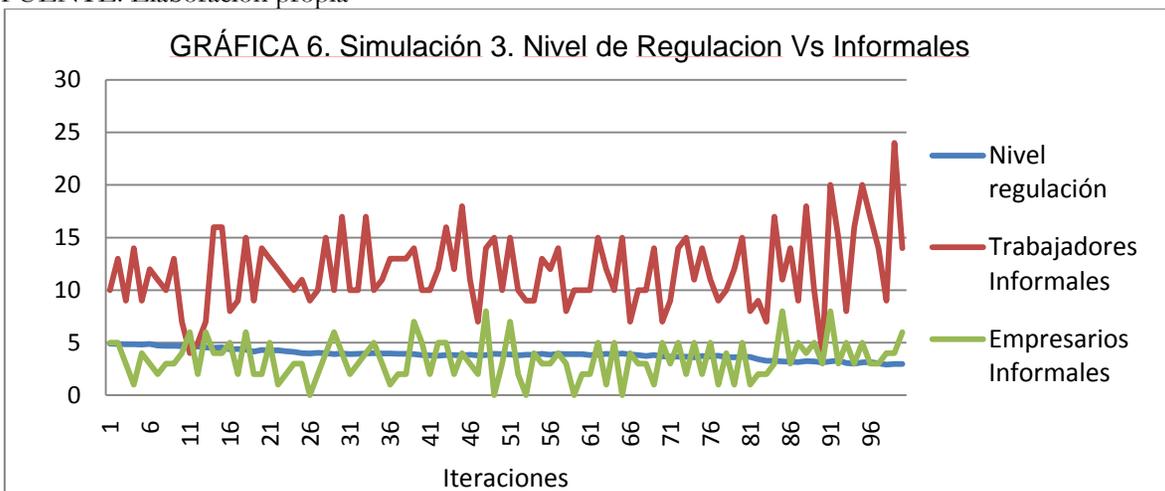
TABLA 4. Valores iniciales que comparten las tres simulaciones

Variable	Valor	Nivel
Nivel de Regulación laboral inicial	5	Medio
Alcance del estado	5	Bajo

FUENTE: Elaboración propia



FUENTE: Elaboración propia



FUENTE: Elaboración propia

En comparación con la simulación anterior, no se presentan tantas fluctuaciones en los tamaños de los grupos y los grupos informales son un poco más amplios, mas no son los de mayor proporción como en la primera simulación.

Conclusiones y recomendaciones

En las simulaciones presentadas en la anterior sección se observa que una alta regulación laboral implica un tamaño mayor de los grupos informales frente al tamaño de los grupos formales. Así, un nivel bajo de regulación permite que el tamaño de los grupos formales sea mayor que el de los informales; sin embargo, si este nivel de regulación se combina con una baja efectividad del alcance del estado, se puede incentivar el crecimiento de la informalidad. De igual forma, la baja eficiencia del control estatal permite la presencia de grupos informales con un tamaño considerable, aún cuando el nivel de regulación no sea elevado.

Lo anterior evidencia que los resultados de las simulaciones, basadas en el algoritmo construido, son consistentes con las conclusiones de los enfoques teóricos institucionalista y estructuralista. Esto permite señalar que es posible considerar la construcción de algoritmos basados en la complementación de diferentes enfoques o propuestas de análisis teórico.

El modelo puede ser ampliado a fin de representar más características particulares de los agentes ofreciendo una mayor complejidad de las interacciones entre la regulación institucional, el comportamiento de los agentes y las fluctuaciones macroeconómicas.

Mediante la programación y las simulaciones realizadas se logra una aproximación a las dinámicas del mercado laboral y en particular de los grupos que lo conforman, no obstante, se sugiere la complementación de este trabajo con estudios de mayor profundidad en lo que respecta a la evidencia empírica de algunos hechos fundamentales para establecer el valor de parámetros y variables, en caso de querer caracterizar una economía específica y con cierto grado de rigurosidad; para las simulaciones anteriormente presentadas estos valores fueron asignados de forma arbitraria.

Se sugiere complementar este análisis con investigaciones más detalladas y dirigidas a casos particulares, con el fin de obtener una mejor caracterización de los agentes y el ambiente, a partir de la construcción de un algoritmo más complejo. Esto será posible al incrementar la especificidad de las variables y el sustento de los valores establecidos para los parámetros del modelo. Igualmente con el uso de herramientas informáticas específicas para la construcción de modelos basados en agentes.

Este es un camino que brinda muchas posibilidades de interdisciplinariedad, principalmente si el objetivo se trata de comprender la interacción entre agentes, y aún está pendiente por explorar.

Bibliografía

- Alcaraz, C. (2009). Informal and Formal Labour Flexibility in Mexico. *Desarrollo y sociedad*, 63 (primer semestre), 115-143.
- Avella, M., Fergusson, L. (2004). El ciclo económico. Enfoques e ilustraciones. Los ciclos económicos de Estados Unidos y Colombia. *Borradores de Economía*, 284, 1 – 78.
- Bernal, R. (2009). The Informal Labor Market in Colombia: identification and characterization. *Desarrollo y sociedad*, 63 (primer semestre), 145-208.
- Castellar, C. E., Uribe, J. I. (2006). La participación en el mercado de trabajo: componentes micro y macroeconómicos. En: Uribe, J. I. (comp.) *Ensayos de economía aplicada al mercado laboral* (pp. 43-76). Cali : Universidad del Valle.
- Castillo, J. A. El trabajo informal, entre autonomía y marginalidad: una perspectiva ergonómica de las condiciones del trabajo informal en una ciudad colombiana. En: Lopez C. M. (et. al.) *Vías y escenarios de la transformación laboral: aproximaciones teóricas y nuevos problemas* (pp. 330-361). Bogotá : Universidad del Rosario.
- Gabriele, R. (2002, junio). Labor Market Dynamics and Institutions: an Evolutionary Approach. *LEM Working Paper Series*. Extraído el 20 de abril de 2010 desde : <http://www.lem.sssup.it/WPLem/files/2002-07.pdf>
- García, G. A. (2008). Informalidad regional en Colombia. Evidencia y determinantes. *Desarrollo y sociedad*, 61 (primer semestre), 43-86.
- Grimm, V., et. al. (2006). A standard protocol for describing individual-based and agent-based models. *Ecological Modelling*, 198 (1-2), 115-126.
- Fagiolo, G., Dosi, G., Gabriele, R. (2004, 21 de enero). *Towards an Evolutionary Interpretation of Aggregate, Labor Market Regularities*. Extraído el 20 de abril de 2010 desde : http://econ2.econ.iastate.edu/tesfatsi/Fagiolo_Dosi_Gabriele.pdf
- Frenkel, R., Ros, J. (2004, abril-junio). Desempleo, políticas macroeconómicas y flexibilidad del mercado laboral. Argentina y México en los noventa. *Desarrollo Económico*, vol. 44, No. 73, 33-56.
- Hernández, I. D. (2008). Difusión y generación de conocimiento bajo estructuras organizacionales por necesidad y por oportunidad. En: Hernández, I. D. *Empresa, innovación y desarrollo*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- OIT. (2003, noviembre – diciembre). *Directrices sobre una definición estadística de empleo informal, adoptadas por la Decimoséptima Conferencia Internacional de Estadísticos del Trabajo*. Extraído el 20 de abril de 2010 desde: http://www.oit.org/global/What_we_do/Statistics/standards/guidelines/lang--es/docName--WCMS_087625/index.htm
- Perry, G. et. al. (2007). *Informality: exit and exclusion*. Washington, D.C.: The World Bank.
- Pineda, J. A. (2008). Informalidad y calidad de empleo. En: Lopez C. M. (et. al.) *Vías y escenarios de la transformación laboral: aproximaciones teóricas y nuevos problemas* (pp. 281-305). Bogotá: Universidad del Rosario.
- Portes, A.; Haller, W. (2004). *La economía informal* (Publicación Serie Políticas Sociales N° 100). Santiago de Chile. CEPAL, División de Desarrollo Social.
- Tesfatsion, L. (2009, 10 de diciembre). *Labor Institutions and Market Performance: An Agent-Based Computational Economics Approach. Última revisión*. Extraído el 20 de abril de 2010 desde : <http://www.econ.iastate.edu/tesfatsi/>
- Tesfatsion, L. (2001). Structure, behavior, and market power in an evolutionary labor market with adaptive search. *Journal of Economic Dynamics & Control*, 25, 419-457.
- Tesfatsion, L. (1999, octubre). Hysteresis in an evolutionary labor market with adaptive search. *Economic Report*, 50. Extraído el 20 de abril de 2010 desde : <http://econ2.econ.iastate.edu/tesfatsi/evlab.pdf>
- Santa María, M., Roza, S. (2008, primer semestre). Análisis cualitativo y cuantitativo de la informalidad empresarial en Colombia. *Desarrollo y sociedad*, 61, 269-296.
- Uribe, J. I. (2006). *Informalidad laboral en Colombia, 1988-2000. Evolución, teorías y modelos*. Cali : Universidad del Valle.