

Análisis de Distribución de la Riqueza en Función del Intervalo de Renovación de los Recursos Naturales Mediante Simulación Basada en Agentes

Analysis of Wealth Distribution Based on the Renewal Interval of Natural Resources Through Agent-Based Simulation

*Efraín de la Hoz Granadillo**
*Tomás Fontalvo Herrera***
*Juan Carlos Vergara Schmalbach****

RESUMEN

El presente artículo de investigación presenta los resultados del análisis del comportamiento en la distribución de las riquezas en tres niveles sociales a partir de la evaluación de economías basadas en recursos renovables y recursos no renovables, contextualizados a la economía colombiana, teniendo en cuenta los altos niveles de pobreza que se registran en el país. En el desarrollo de la investigación se hizo una revisión profunda de aspectos teóricos relacionados con los recursos renovables y no renovables, los niveles de los grupos sociales y la simulación basada en agentes. Así mismo se diseñó un modelo de simulación basado en agentes que permitió analizar la distribución de riquezas en tres niveles sociales a partir de la construcción de escenarios planteados por las variables del modelo en el contexto colombiano. Finalmente, se realizó un análisis comparativo de los resultados mediante la técnica estadística de análisis de varianza. Los resultados muestran que las economías en recursos renovables generan a la larga mejores niveles de riqueza.

Palabras clave: Simulación basada en agentes, Niveles sociales, Recursos renovables.

ABSTRACT

This research paper presents the results of the performance analysis in the distribution of wealth in three social standards of living from the assessment of economies based on renewable and non-renewable resources, contextualized in the Colombian economy, given the high levels of poverty that are registered in this country. In the course of the investigation a thorough review of theoretical aspects of renewable and non-renewable resources, levels of social groups and agent-based simulation was made. Also, a model of agent-based simulation was designed which allowed to analyze the distribution of wealth in three social levels from the construction of scenarios posed by model's variables in the Colombian context. Finally, a comparative analysis of the results was performed using the statistical technique ANOVA. The results show that economies based in renewable resources generate higher levels of wealth in the long run.

Key words: Agent-based simulation, Social standard, Renewable and non-renewable resources.

* Ph. D. Ciencias Sociales. Universidad del Zulia.(C). Docente de Planta, Programa de Administración Industrial. Facultad Ciencias Económicas. Universidad de Cartagena, Avenida El Consulado Calle 30 No. 48-152 Cartagena 1382. Bolívar, Colombia. edelahozyg@unicartagena.edu.co

** Ph. D. Ciencias Sociales, Mención Gerencia. Universidad del Zulia.(C). Docente de Planta, Programa de Administración Industrial. Facultad Ciencias Económicas, Jefe del Departamento de Organización Industrial, Universidad de Cartagena, Avenida El Consulado Calle 30 No. 48-152 Cartagena 1382. Bolívar, Colombia. tfontalvo@unicartagena.edu.co

*** Ph. D. Ciencias Sociales. Universidad del Zulia.(C). Docente de Planta, Programa de Administración Industrial. Facultad Ciencias Económicas. Universidad de Cartagena, Avenida El Consulado Calle 30 No. 48-152 Cartagena 1382. Bolívar, Colombia. jvergaras@unicartagena.edu.co

1. INTRODUCCIÓN

Colombia es un país en el que la desigualdad socioeconómica ha sido marcada, lo cual se evidencia en las cifras reportadas por el Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas, DANE, para el año 2011, en el que la pobreza nacional fue 34,1 %, en las cabeceras 30,3 % y en el resto 46,1 %. En el mismo año, la pobreza extrema fue del 10,6 %, 7,0 % y 22,1 % respectivamente [1]. Por otra parte, si bien el crecimiento económico no es garantía para alcanzar los objetivos de progreso social, o de reducción de pobreza e inequidad, sí es un requisito fundamental para alcanzarlos [2]. En este sentido es fundamental que el país desarrolle planes orientados a fortalecer la economía colombiana como mecanismos para generar riquezas que proporcionen mejores niveles de vida. Así mismo es importante analizar cuáles son las fuentes de generación de riquezas más apropiadas para el país, teniendo en cuenta por una parte los recursos renovables, los cuales tradicionalmente Colombia ha venido explotando y por otra los recursos no renovables, que han venido desarrollándose y tomando un papel fundamental en el crecimiento del país. En este sentido, es necesario analizar los efectos socioeconómicos que se tendrían en la generación de riquezas a partir de economías basadas en recursos renovables y no renovables en el largo plazo, así como su distribución en los diferentes grupos sociales. Ante los planteamientos anteriores se requiere aplicar metodologías como la simulación basada en agentes que proporcionan herramientas de análisis y experimentación en los que se pueden evaluar diferentes escenarios en búsqueda de los mejores resultados.

2. MARCO TEÓRICO

La simulación basada en agentes es una metodología aplicada ampliamente en distintas disciplinas en la que se requiere conocer el comportamiento de los sistemas sociales ante diferentes escenarios que pueden presentar en el sistema real y de esta forma identificar el mejor curso de acción acorde a los objetivos.

Entre las disciplinas científicas se pueden nombrar aplicaciones en: ciencias políticas [3, 4], antropología [5], finanzas [6], economía [7], medicina [8, 9], biología [10 - 12] y gestión de recursos naturales y ecología [13, 14], en los que a partir del comportamiento individual se analizan las propiedades globales del sistema [15].

Así mismo, en las ciencias sociales se acostumbra a representar los sistemas sociales a través de modelos que establecen sociedades de agentes y analizan su comportamiento [16]. Lo anterior muestra que la simulación basada en agentes se constituye en una herramienta importantísima en el análisis de sistemas sociales y económicos que expliquen el comportamiento de los mismos y permitan adquirir conocimiento para el diseño de estrategias que orienten la acción sobre sistemas reales.

La simulación basada en agentes, consiste en considerar que los sistemas complejos, y en particular

los sociales, son producto de comportamientos individuales y de sus interacciones [17]. En este sentido se atribuyen características de comportamiento que pueden ser distintas para cada uno de los individuos o agentes y se establecen reglas o parámetros de interacción que modifican las características y/o el comportamiento de los agentes, con lo que se logra mostrar la evolución del sistema.

En el proceso de modelado mediante simulación basada en agentes se debe seguir de manera secuencial las siguientes etapas:

- **Abstracción:** En esta se define el problema del sistema real y se identifican las variables relevantes.
- **Diseño y codificación:** En esta se construye un modelo formal que refleje de manera aceptable el comportamiento del sistema real.
- **Inferencia:** Se plantean los supuestos o hipótesis asociados al sistema real y se ejecuta el modelo codificado.
- **Análisis:** En esta etapa se analizan los posibles escenarios del sistema real y se registran los resultados de la simulación.
- **Interpretación:** Se establecen relaciones de causa-efecto y comportamientos de las variables del sistema en relación con el sistema real.
- **Aplicación:** Corresponde a la utilización de los conocimientos adquiridos a partir de los resultados del modelo, para mejorar el comportamiento del sistema real.

La Figura 1 muestra esquemáticamente las etapas en la simulación de un sistema real y quién ejecuta cada una de estas etapas:

En la simulación basada en agentes se identifican tres componentes básicos:

• **Agentes**

No existe ninguna definición universalmente aceptada del término “agente”, sin embargo mencionamos algunas de las mayormente aceptadas. Por su parte [18] definen un agente como un dispositivo o hardware o un sistema software que, situado en un determinado entorno, es capaz de exhibir un comportamiento autónomo flexible, con el propósito de conseguir los objetivos para los que fue diseñado.

Otros autores [19] definen un agente inteligente como un hardware o (más frecuentemente) una entidad software que, situada en un entorno, es capaz de exhibir un comportamiento autónomo flexible, con el propósito de conseguir unos objetivos propios. En este sentido los agentes deben cumplir las siguientes características:

Autonomía: Los agentes operan sin la intervención humana y tienen control sobre sus acciones. De tal forma que pueden tomar alternativas de acción según las condiciones que se encuentren en el entorno. Según el grado de complejidad, los agentes pueden mostrar inteligencia en la forma en que operan.

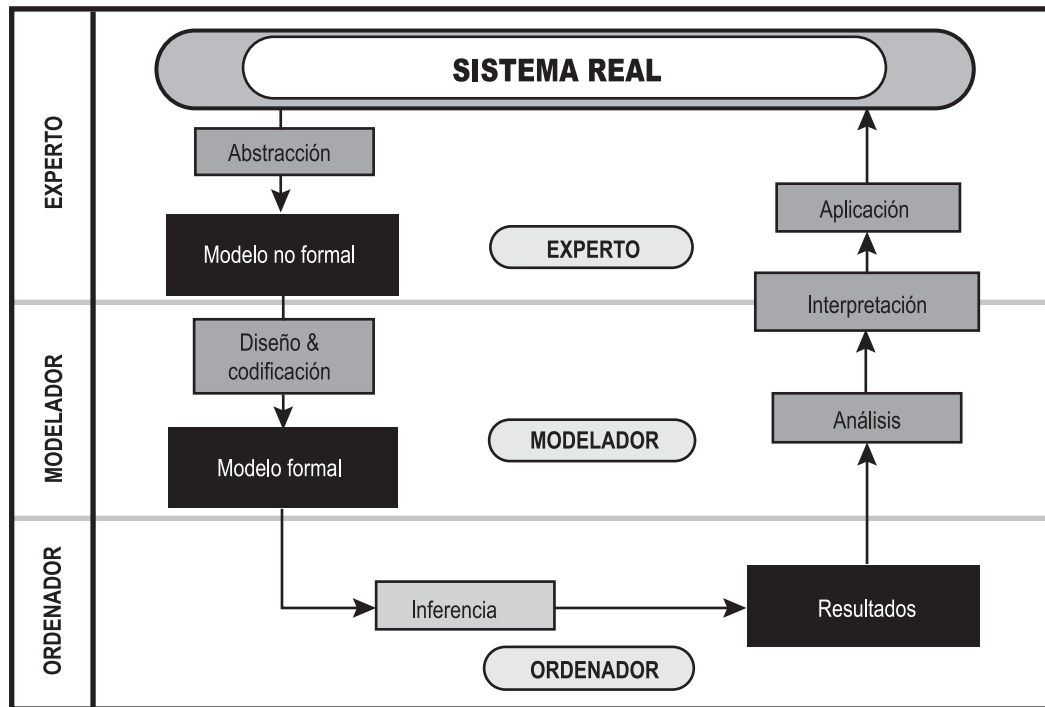


Figura 1. Proceso de modelado para la simulación de un sistema real [17]

Fuente: Izquierdo et al., 2008

Habilidad social: Se refiere a que los agentes interactúan entre sí y pueden modificar su conducta como resultado de esta interacción.

Reactividad: Los agentes perciben el entorno en el que se encuentran y pueden interactuar con él, pudiendo modificar sus características o el comportamiento según estas.

Proactividad: Los agentes pueden tomar iniciativas mostrando comportamientos dirigidos al logro de objetivos independientemente de las condiciones del entorno.

Por otra parte, se definen agentes como entidades computacionales autónomas, solucionadoras de problemas, capaces de operaciones efectivas y dinámicas en entornos abiertos. Es posible que los agentes tengan conflictos de intereses en los entornos en que se encuentran, tales entornos se conocen como sistemas multiagentes [20].

Así mismo, un agente autónomo es cualquier sistema parte de un entorno y situado en él, que siente y actúa, a lo largo del tiempo, en persecución de sus propios objetivos que dependerán de lo que sienta en el futuro [21]. Esta definición es bastante amplia y da cabida a gran cantidad de tipologías de agentes. En la Figura 2 se muestra una clasificación taxonómica de los agentes autónomos según estos autores.

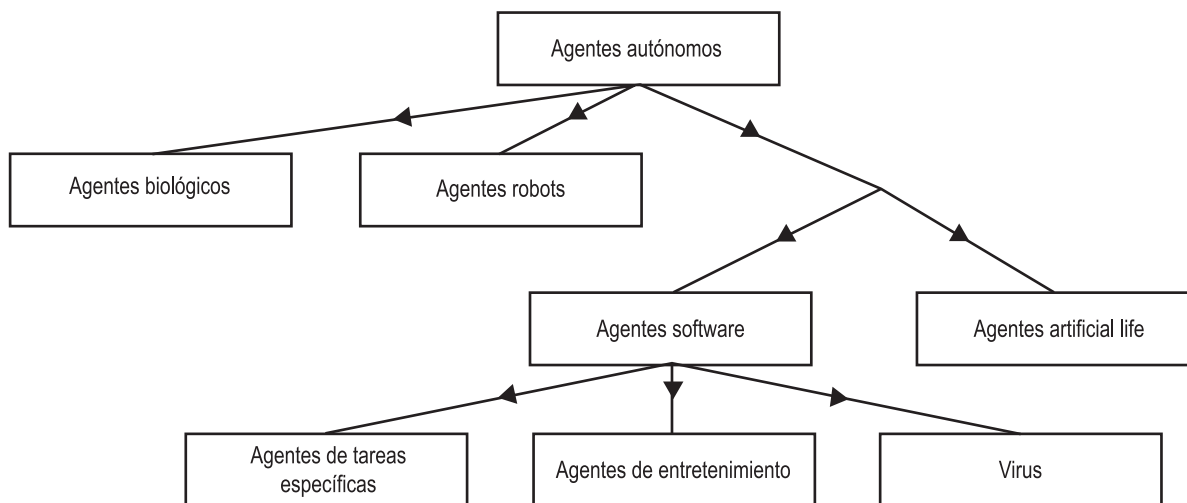


Figura 2. Clasificación taxonómica de los agentes autónomos [21]

Fuente: Franklin y Graesser, 1997

• **Entorno**

Corresponde al sistema o ambiente en el que desenvuelve el agente, el cual posee propiedades que pueden condicionarlo y moldear su comportamiento. Es importante definir bien el entorno puesto que este es el que permite que se contextualicen los resultados de la simulación.

• **Interacción**

La interacción se puede dar entre agentes y entre agentes y el entorno. La interacción es la que condiciona la acción de los agentes y el cambio en las condiciones ambientales del entorno.

Teniendo en cuenta lo anterior, la presente investigación pretende analizar mediante la Modelación Basada en Agentes, el comportamiento de los sistemas sociales en la distribución de las riquezas con la cual se quiere explicar su composición desigual en las sociedades a partir del análisis de economías basadas en recursos renovables y recursos no renovables lo que permitiría establecer los escenarios más convenientes para la economía colombiana en vía de desarrollo. Es importante anotar que no existen investigaciones previas en las que se analicen estas variables en el contexto de los grupos socioeconómicos, lo que se constituye en un aporte de importancia para la formulación de planes estratégicos de desarrollo a largo plazo. Así mismo, la investigación proporcionará una herramienta de simulación en la que se podrán analizar el comportamiento de grupos socioeconómicos en diferentes escenarios.

3. METODOLOGÍA

Esta es una investigación descriptiva, soportada en un análisis cuantitativo y cualitativo de las variables asociadas a los recursos renovables y no renovables en el contexto colombiano.

Para el desarrollo de la investigación, en primera instancia, se realizó una revisión profunda del marco de conocimiento que sustenta la presente investigación como son los recursos renovables y no renovables, los niveles de los grupos sociales y la simulación basada en agentes. Seguidamente, se realizó una caracterización de los actores sociales (agentes) que intervienen en el análisis del comportamiento de las economías con recursos renovables y no renovables para lo cual se utilizaron informes oficiales relacionados con la distribución de la riqueza. Con los resultados anteriores, se desarrolló un modelo de simulación basado en agentes que permitiera analizar la distribución de riquezas en tres niveles sociales a partir de la construcción de escenarios planteados por las variables del modelo en el contexto colombiano en el que los Agentes (personas) pueden heredar la riqueza de sus padres.

Finalmente se realizó análisis comparativo de los resultados obtenidos en el artículo *“An Agent-Based Computational Study of Wealth Distribution in Function of Resource Growth Interval Using Netlogo”* [22]. En el que se describe un modelo computacional basado en agentes que simula la distribución de la riqueza en tres clases: alta, media e inferior y los resultados experimentales (propios) obtenidos en la implementación de la simulación en los escenarios analizados y se establecieron las conclusiones y recomendaciones basadas en estos resultados.

4. RESULTADOS

En primera instancia, en la Tabla 1 se presentan los resultados experimentales iniciales de número de personas en cada una de las clases: alta, media e inferior, así como el indicador de riqueza total. En la Figura 2 se presenta la evolución de la riqueza en función del intervalo de crecimiento de los recursos. En el que se observa un mayor índice de riqueza para el caso en el que los recursos son renovables, adicionalmente se observa que el índice de riqueza disminuye con el aumento del intervalo de crecimiento de los recursos renovables. Esta situación muestra que en la medida que los recursos naturales tardan más tiempo en recuperarse, la economía se deprime generando menores niveles de riqueza y por tanto menores niveles de vida en la población.

Tabla 1. Resultados iniciales

Experiments	Number of turtles			Wealth
	Lower class	Middle class	Upper class	
N01	491	7	2	510
R01	13	231	256	1243
R02	18	217	265	1247
R03	24	275	201	1176
R04	40	305	155	1114
R05	61	327	112	1051
R06	103	323	74	972
R07	158	289	53	896
R08	203	250	47	844
R09	287	186	27	740
R10	349	134	16	667

Fuente: Romulus, 2008 [22]

Seguidamente en la Tabla 2 se presentan los resultados experimentales (propios) obtenidos en la simulación y en la Figura 3 los resultados propios de la evolución de la riqueza en función del intervalo de crecimiento de los recursos. En esta gráfica se observa un comportamiento similar al observado en los resultados iniciales, lo cual muestra que la acumulación de riqueza en unos pocos individuos no se ve afectada por la condición de heredar los recursos. Para comparar los resultados obtenidos en los dos casos del índice de riqueza se hizo una prueba de hipótesis de igualdad de medias suponiendo que no se conocen las varianzas poblacionales.

Tabla 2. Resultados propios

	Int-Crec-Riq	Clase Baja	Clase Media	Clase Alta	Ind. Riqueza
No-Renov.	N01	500	0	0	500
Renov.	R01	7	238	255	1248
	R02	7	224	269	1262
	R03	7	145	348	1341
	R04	3	238	259	1256
	R05	31	269	200	1169
	R06	80	279	141	1061
	R07	130	290	80	950
	R08	238	238	24	786
	R09	231	203	66	835
	R10	296	172	32	736

Fuente: Elaboración de los autores

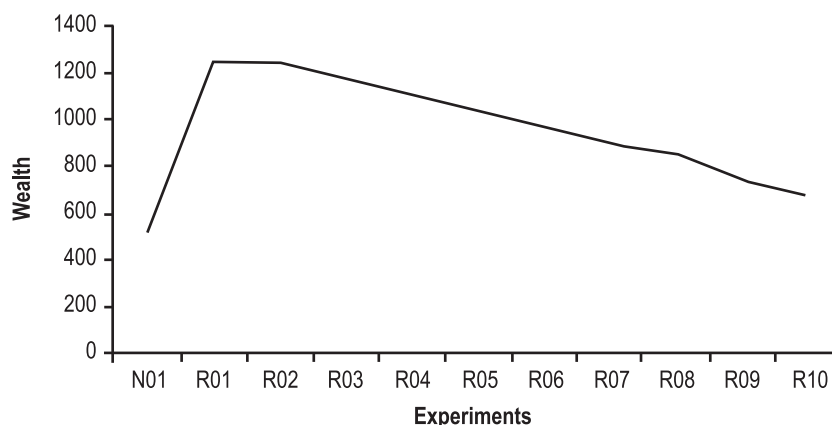


Figura 3. Evolución de la riqueza en función del intervalo de crecimiento de los recursos (Romulus, 2008)

Fuente: Romulus, 2008 [22]

4.1. Prueba de hipótesis

Una vez verificados los supuestos de normalidad, independencia y homoscedasticidad, se realizó primeramente una prueba de hipótesis de igualdad de varianzas con un nivel de significancia de 0.05, para lo

cual se aplicó una prueba F, seguidamente se hizo la prueba de hipótesis de igualdad de medias. Los resultados se muestran en la Tabla 3.

De la Tabla 3 se concluye que las varianzas son iguales dado que $0.05 < 0.369990565$. Por tanto en la prueba de hipótesis de igualdad de medias se utilizó la prueba t para varianzas iguales. Los resultados se muestran en la Tabla 4.

La Tabla 4 muestra que se acepta la hipótesis de que las medias son iguales al observar que el nivel de significancia 0.05 es menor que el valor-P de 0.578337546.

Las pruebas demuestran que no existe diferencia significativa entre los dos resultados obtenidos con un nivel de significancia de 0.05.

Tabla 3. Prueba F para varianzas de dos muestras

	Ind. Riqueza Inicial	Ind. Riqueza Propio
Media	950,9090909	1013,090909
Varianza	59464,69091	73757,89091
Observaciones	11	11
Grados de libertad	10	10
F	0,806214632	
P(F<=f) una cola	0,369990565	
Valor crítico para F (una cola)	0,335769113	

Fuente: Elaboración de los autores

Tabla 4. Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales

	Ind. Riqueza Inicial	Ind. Riqueza Propio
Media	950,9090909	1013,090909
Varianza	59464,69091	73757,89091
Observaciones	11	11
Varianza agrupada	66611,29091	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	20	
Estadístico t	-0,565029127	
P(T<=t) una cola	0,289168773	
Valor crítico de t (una cola)	1,724718243	
P(T<=t) dos colas	0,578337546	
Valor crítico de t (dos colas)	2,085963447	

Fuente: Elaboración de los autores

4.2. Análisis de evolución de la clase baja, media y alta en función del intervalo de crecimiento de los recursos

A continuación en la Figura 4 se presentan los resultados iniciales de la evolución de las clases baja, media y alta en función del intervalo de crecimiento. La gráfica muestra que la clase baja aumenta conforme aumenta el intervalo de crecimiento de los recursos. Si se compara con las demás clases se observa que esta es la menor hasta un intervalo de crecimiento de 5, superando en cantidad a las demás clases cuando el intervalo de crecimiento es 9. Respecto a las clases media y alta, la clase media es inferior a la clase alta mientras que el intervalo de crecimiento sea menor o igual a 2. A partir de un intervalo de crecimiento de 3 la clase alta disminuye, mientras que la clase media aumenta obteniéndose un pico máximo en 5, luego del cual disminuye.

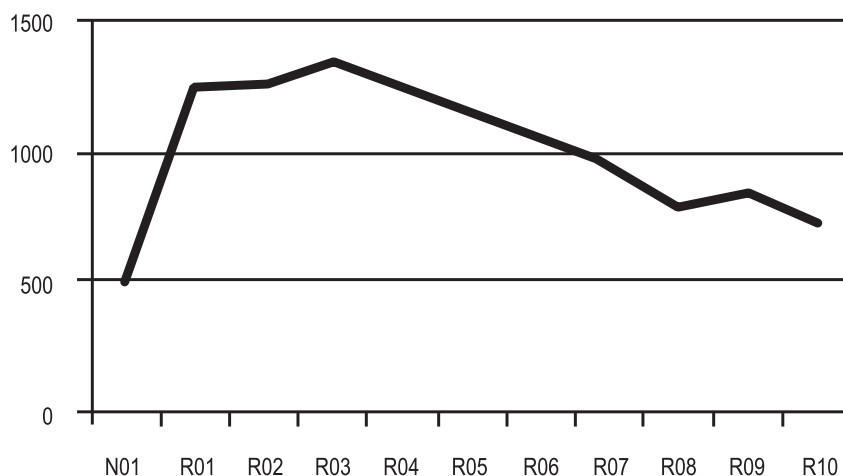


Figura 4. Evolución de la riqueza en función del intervalo de crecimiento de los recursos

Fuente: Elaboración de los autores

En la Figura 5 se muestran los resultados de la experimentación propia. En esta se observa nuevamente que la clase baja aumenta conforme aumenta el intervalo de crecimiento de los recursos superando en cantidad a la clase alta cuando el intervalo de crecimiento es 6 y a la clase media cuando es 8. Con intervalos de crecimiento de los recursos por debajo de 4 la clase alta supera a la clase media.

En general al comparar las Figuras 4 y 5 se observa el mismo comportamiento de los datos, las diferencias se atribuyen a su aleatoriedad.

5. CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos se puede concluir que para que las economías sean viables deben estar sustentadas en recursos renovables, de lo contrario se exponen a entrar en una crisis general, esto

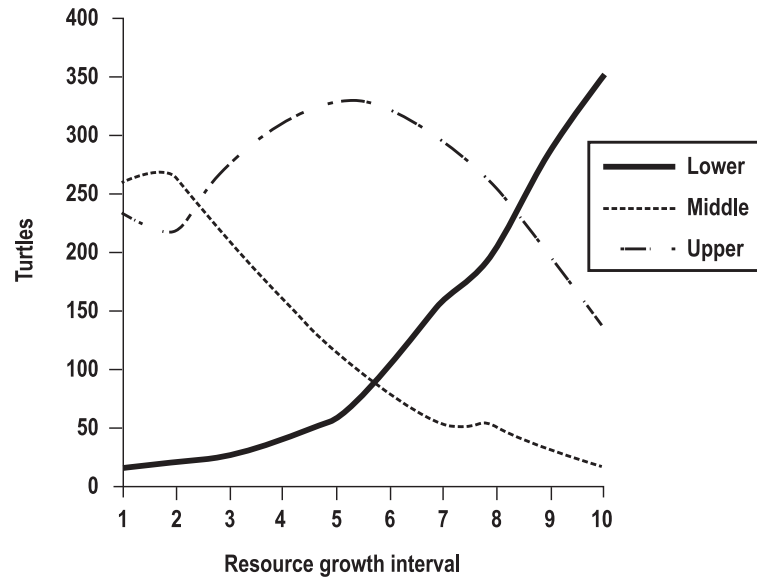


Figura 5. Comportamiento de las clases sociales según intervalo de crecimiento de los recursos renovables (resultados iniciales)

Fuente: Resultado de la investigación

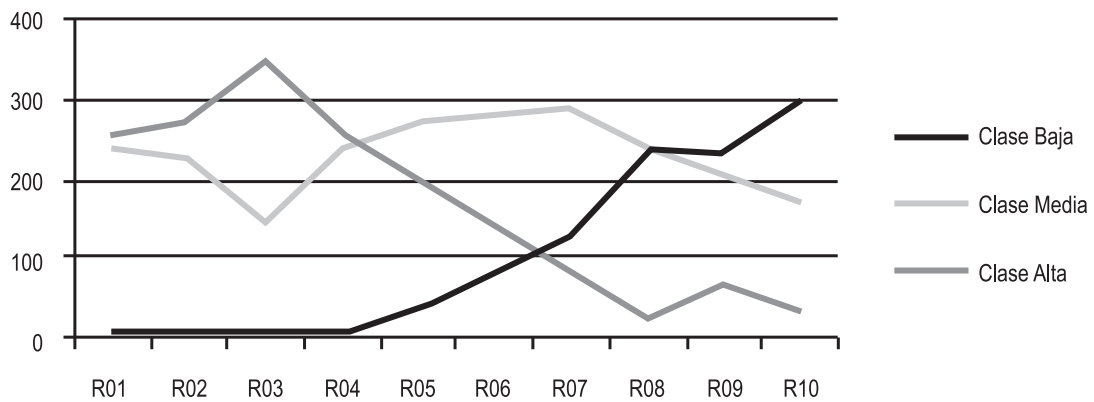


Figura 6. Evolución de las clases baja, media y alta en función del intervalo de crecimiento de los recursos

Fuente: Resultado de la investigación

justifica que los gobiernos orienten esfuerzos y recursos a desarrollar economías basadas en fuentes renovables o sociedades donde la reutilización de los recursos sea parte de la cultura de la sociedad. Adicionalmente se observa que en la medida que los recursos se renueven más rápidamente los niveles de riqueza son mayores, lo que puede orientar sobre qué recursos renovables son más convenientes para una economía en particular. Esto se puede ver en la utilización actual de la ciencia en el área agropecuaria en la que se emplean insumos químicos para acortar el tiempo de crecimiento o levante

de las especies siendo más productivos. En este sentido el desarrollo de técnicas de producción en el campo permite que se aumente la productividad y por tanto se mejore la economía en general.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] DANE. (2012). Declaración –Comité de Expertos– Pobreza, pobreza extrema y desigualdad. Consultado el 31 de agosto en www.dane.gov.co/files/investigaciones/condiciones_vida/pobreza/declaracion_expertos_pobreza_2012.pdf
- [2] Departamento Nacional de Planeación. (2010). Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014. Capítulo III Crecimiento sostenible y competitividad. Consultado en febrero 15 2012 en <http://www.dnp.gov.co/PND/PND20102014.aspx>
- [3] R. Axelrod, “Advancing the Art of Simulation in the Social Sciences. En Conte, R., Hegselmann, R. & Terna, P. (Eds.)”, *Simulating Social Phenomena, Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems*, n°. 456, pp. 21-40, 1997a.
- [4] P. E. Johnson, “Simulation modeling in political science”, *American Behavioral Scientist*, n°. 10, pp. 1509-1530, 1999.
- [5] T. Kohler y G. J. Gumerman, *Dynamics in human and primate societies: Agent-based modeling of social and spatial processes*. New York: Oxford University Press & Santa Fe Institute, 2000.
- [6] B. Lebaron, “Agent Based Computational Finance: Suggested Readings and Early Research”, *Journal of Economic Dynamics & Control*, n°. 5-7, pp. 679-702, 2000.
- [7] L. Tesfatsion, “Agent-based computational economics: growing economies from the bottom up”, *Artificial life*, n°. 1, pp. 55-82, 2002.
- [8] Y. Mansury, M. Kimura, J. Lobo y T. S. Deisboeck, “Emerging Patterns in Tumor Systems: Simulating the Dynamics of Multicellular Clusters with an Agentbased Spatial Agglomeration Model”, *Journal of Theoretical Biology*, n°. 3, pp. 343-370, 2002.
- [9] Y. Mansury y T. S. Deisboeck, “Simulating the time series of a selected gene expression profile in an agent-based tumor model”, *Physica D: Nonlinear Phenomena*, n°. 1-2, pp. 193-204, 2004.
- [10] R. Paton, R. Gregory, C. Vlachos, J. Saunders y H. Wu, “Evolvable social agents for bacterial systems modeling”, *IEEE Transactions on Nanobioscience*, n°. 3, pp. 208-216, 2004.
- [11] D. C. Walker, G. Hill, R. H. Smallwood y J. Southgate, “Agent-based computational modelling of wounded epithelial cell monolayers”, *IEEE Transactions on Nanobioscience*, n°. 3, pp. 153-163, 2004.
- [12] D. C. Walker, J. Southgate, G. Hill, M. Holcombe, D. R. Hose, S. Wood, S. Mac Neil, y R. H. Smallwood, “The epitheliome: agent-based modelling of the social behaviour of cells”, *Biosystems*, n°. 1-3, pp. 89-100, 2004b.
- [13] F. Bousquet y C. Le Page, “Multi-agent simulations and ecosystem management: A review”, *Ecological Modelling*, n°. 3-4, pp. 313-332, 2004.
- [14] A. López Paredes y C. Hernández Iglesias, *Agent Based Modelling in Natural Resource Management*. España: Insiso, 2008.

- [15] J. H. Holland, *Emergence. From chaos to order*. Addison-Wesley: Reading, 1998.
- [16] C. Sansores y J. Pavón, "Simulación Social basada en Agentes. Inteligencia Artificial", *Revista Iberoamericana de Inteligencia Artificial*, n°. 25, pp. 71-78, 2005.
- [17] J. Izquierdo, J. Galán, J. Santos, y R. Del Olmo, "Modelado de Sistemas Complejos Mediante Simulación basada en Agentes y Mediante Dinámica de Sistema", *EMPIRIA. Revista de Metodología de Ciencias Sociales*, n°. 16, pp. 85-112, 2008.
- [18] N. Jennings, K. Sycara, M. Wooldridge. "A Roadmap of Agent Research and Development Autonomous Agents and Multi-Agent Systems", n°. 1, pp. 7-38, 1998.
- [19] M. Wooldridge y N. Jennings, "Intelligent Agents: Theory and Practice", *Knowledge Engineering Review*, n°. 2, pp. 115-152, 1995.
- [20] M. Luck, P. McBurney, & C. Preist, "Agent Technology: Enabling Next Generation computing. A Roadmap for Agent-Based Computing", *AgentLink*, 2003.
- [21] S. Franklin y A. Graesser, Is it an agent, or just program? A Taxonomy for Autonomous Agents. En Müller, J., Wooldridge, M. & Jennings, N. Intelligent Agents III Proceedings of the third International Workshop on Agent Theories, Architectures, and Languages, Lecture Notes in Artificial Intelligence 1193: 21-36. Berlin, Germany: Springer-Verlag, 1997.
- [22] D. Romulus, An Agent-Based Computational Study of Wealth Distribution in Function of Resource Growth Interval Using Netlogo, 2008. Consultado en http://www.researchgate.net/publication/222199673_An_agent-based_computational_study_of_wealth_distribution_in_function_of_resource_growth_interval_using_NetLogo