

Modelización Basada en Agentes aplicada a sociedades cazadoras recolectoras patagónicas

María Florencia del Castillo Bernal
AECID-Universidad Autónoma de Barcelona
florenciadelcastillo@hotmail.com

RESUMEN

En este trabajo se presenta una propuesta metodológica basada en la simulación de poblaciones artificiales con el fin de abordar el análisis de la conformación de los límites étnicos de poblaciones patagónicas. La aplicación de modelos basados en sociedades artificiales es utilizada para comprender y explicar las sociedades reales. La aplicación de esta metodología supone que el comportamiento individual sigue reglas específicas, esperando que la sociedad concebida exhiba algunas propiedades particulares o regularidades estructurales. El modelo computacional propuesto no es una forma de validar teorías, es una herramienta que permite rastrear las implicaciones de las hipótesis con el fin de detectar donde se encuentra inconsistencias y contradicciones y así construir nuevas estructuras teóricas de explicación de los datos empíricos. La articulación de datos etnográficos sobre los grupos patagónicos históricos junto a las diferentes teorías de formación cazadora recolectora, constituyen el cuerpo básico sobre el que se intenta derivar la simulación de la emergencia de la etnicidad y las fronteras entre las sociedades patagónicas.

Palabras clave:

Patagonia. Etnicidad. Simulación Social.

ABSTRACT

This work proposes an artificial simulation methodology based on artificial social simulation in order to approach the development of ethnic boundaries in Patagonian populations.

The application of models based on artificial societies is used to understand and explain the real societies. This methodology assumes that individual behavior follows specific rules, hoping that the designed society exhibits some particular properties or structural regularities. The proposed computational model is not a way to validate theories, is a tool to trace the implications of the scenarios in order to detect inconsistencies and contradictions and build new structures and theoretical explanation of empirical data. The articulation of ethnographic and historical data from Patagonian groups with different theories of hunter-gatherer, is the statement from which it attempts to derive the simulation of the emergence of ethnicity and boundaries between patagonic-societies.

Keywords:

Patagonia. Ethnicity. Social Simulation.

Rebut: 1 septembre 2010; Acceptat: 1 decembre 2010

RESUM

Aquest treball presenta una proposta metodològica basada en la simulació de poblacions artificials per tal d'abordar l'anàlisi de la conformació dels límits ètnics de poblacions patagòniques. L'aplicació de models basats en societats artificials és utilitzada per a comprendre i explicar les societats reals. L'aplicació d'aquesta metodologia suposa que el comportament individual segueix regles específiques, esperant que la societat concebuda que es mostri algunes propietats particulars o regularitats estructurals. El model computacional proposat no és una forma de validar teories, és una eina que permet rastrejar les implicacions de les hipòtesis per tal de detectar on hi ha inconsistències i contradiccions i així construir noves estructures teòriques d'explicació de les dades empíriques. L'articulació de dades etnogràfics sobre els grups patagònics històrics al costat de les diferents teories de formació caçadora-recol•lectora, constitueixen el cos bàsic sobre el qual s'intenta derivar la simulació de l'emergència de l'etnicitat i les fronteres entre les societats patagòniques..

Paraules Clau:

Patagònia. Etnicitat. Simulació Social.

INTRODUCCIÓN

La aplicación metodológica de la simulación social es bastante reciente en arqueología. Las técnicas de simulación social han evolucionado rápidamente en los últimos años, desde la teoría de juegos basada en modelos matemáticos utilizados para la simulación de sistemas dinámicos, los autómatas celulares hasta la simulación basada en sistemas multiagentes. Este complejo desarrollo matemático, epistemológico y tecnológico vuelve más accesible a la investigación las técnicas de simulación social, permitiendo estudiar los fenómenos colectivos a partir de la implementación computacional de modelos y el seguimiento de la compleja dinámica de los procesos sociales.

La simulación social y modelización de sociedades artificiales no son métodos de investigación simplemente teóricos, la elaboración de los modelos computacionales se basa tanto en descubrimientos empíricos como en teóricos de los fenómenos sociales. Esto permite el análisis de las estructuras generales del sistema de interacciones e interpreta el grado de ajuste de estos con respecto a los datos arqueológicos, históricos y etnográficos introducidos en el modelo general. El diseño de un modelo de un sistema real permite que experimentemos con él para comprender el comportamiento del sis-

tema o para evaluar las estrategias de sus operaciones. De este modo el desarrollo de formalizaciones permite la evaluación de las causas de la interacción natural y social para prever las consecuencias materiales (arqueológicas) de la dinámica social.

El objetivo del presente trabajo se centra en exponer este enfoque metodológico, su utilidad y una propuesta de aplicación que incluya el diseño de simulación y la implementación de un modelo computacional sobre la diferenciación y la diversidad social de poblaciones de cazadores recolectores patagónicos.

¿Por qué simular en arqueología patagónica?

Las similitudes y diferencias culturales en tiempo y en espacio para Patagonia han sido explicadas a partir de diferentes mecanismos sociales como migraciones, difusión, colonización, adaptación o como evolución paralela o independiente. Esta situación de multiplicidad de factores explicativos y causales, ha llevado de algún modo a una falta de correlación entre los patrones de diversidad arqueológicos con la cuantiosa información empírica proporcionada desde el campo etnográfico e histórico. Las críticas a las analogías directas o a la transposición de fenómenos que histórica o

espacialmente no se encuentran relacionados es uno de los ítems centrales de la crítica de una etnoarqueología positivista hacia el múltiple uso de fuentes etnográficas o históricas.

En este trabajo se presenta como la metodología de simulación social puede constituirse en un instrumento de exploración y experimentación de procesos económicos, políticos, biológicos y lingüísticos, haciendo uso de un registro múltiple tanto histórico, etnográfico como arqueológico. Esta herramienta metodológica centra su interés en la simulación de sistemas complejos y modelos de dinámica no lineal, permitiendo la búsqueda de explicaciones causales basadas en las interacciones repetidas entre agentes que operan en ambientes específicos.

Buscar la causalidad de los sistemas complejos no resulta algo obvio porque las consecuencias de los efectos a largo plazo no pueden anticiparse, lo que permite la simulación es explicar estados generales del sistema derivados no de los atributos particulares de sus agentes, pero sí del comportamiento de estos. El objetivo de las ciencias interesadas en analizar los fenómenos complejos centra su interés en la comprensión de los fenómenos emergentes a partir de micro-procesos de interacción entre agentes con los patrones globales o efectos de amplia escala, las leyes que describen el comportamiento de un sistema complejo son cualitativamente diferentes de aquellas de las que gobiernan sus unidades (Vicsek 2001). A nivel general emergen patrones, estructuras o propiedades que no pueden ser reducidas sólo al nivel de sus componentes o de sus interacciones, es decir que serían irreducibles a la acción individual.

La base de esta propuesta metodológica es simular a los seres humanos que viven en un entorno virtual definido en base a la teoría social y a los datos históricos, en nuestro caso a las

sociedades cazadoras recolectoras patagónicas. Se espera que los resultados de la simulación proporcionarán los elementos necesarios para analizar cómo fueron confluyendo y delineando las diferentes conformaciones étnicas conocidas en Patagonia a la llegada de los europeos (XVI-XX): *mapuche, güinuna-künne, tehuelche, selk-nam, hausch, chono, kawesqar, yamana, etc.*

La aplicación de esta metodología en el campo arqueológico es bastante reciente. Uno de los primeros en aplicar la simulación computacional en arqueología fue James Doran (1989). Su trabajo proponía la simulación de los modelos arqueológicos propuestos con Paul Mellar y Clive Gamble para explicar el incremento de la complejidad social en los finales del Paleolítico Medio en el suroeste de Francia. En su trabajo utiliza una vasta cantidad de datos ambientales cuya dinámica y evolución puesta en ejecución se convierte en el principal factor motivador de la centralización política de la sociedad cazadora-recolectora analizadas. Su trabajo ha generado una importante línea de investigación sobre la reproducción social y el comportamiento en sociedades a nivel de micro-escala, ejemplo de esto son las investigaciones sobre comportamientos de homínidos, investigaciones que han ido incrementándose por las crecientes y continuas aportaciones de evidencia arqueológica y paleontológica (Mithen y Reed, 2002; Reynolds et al., 2001; Premo 2005; Janssen et al., 2005; Newton 2007; September et al., 2007; Lake, 2000^a; Costopoulos, 1999, 2001, 2002; Read, 2003). De igual modo las investigaciones centradas en las reconstrucciones dinámicas del paisaje (Ch'ng y Stone, 2006) o en la exploración de los cambios producidos durante el Neolítico (Parisi et al., 2003; Cecconi et al., 2006; Drechsler y Tiede, 2007; Vaart et al., 2006).

Directamente relacionado con los objetivos de este trabajo es la investigación de Kuznar y

Sedlmayer (2005) en el cual sugieren un conjunto de mecanismos que generadores de diversidad y homogeneidad social a partir de Modelización Basada en Agentes (MBA), reproducen la interacción entre grupos nómadas y sedentarios, centrándose en los factores ambientales y materiales que condicionan las respuestas de estos agentes individuales y el modo en que este comportamiento individual modela los comportamientos colectivos. Los trabajos de Bentley et al. (2005) también exploran la generación de la diversidad a partir del análisis de las redes de intercambio y como estas co-evolucionan con los cambios en la especialización de los agentes que la componen. El propósito de su trabajo fue probar si la especialización y la desigualdad en la posesión de bienes constituye un mecanismo natural. Con el uso de la simulación analizan las cualidades de la auto-organización en una escala económica micro, para ello definieron a cada uno de los agentes en base a su especialización, motivación, incluso sobre las representaciones abstractas de las bases ideológicas.

Sobre la misma línea de aplicación de simulación MBA el proyecto *Virtual Anasazi* (Dean et al., 2000; Axtell et al., 2002; Gumerman et al., 2003) explora como las poblaciones prehistóricas del sur de Estados Unidos ubican sus residencias subordinadas al ambiente social y físico. Esta es una simulación a escala real de las sociedades prehistóricas agrícolas. Utilizan a los núcleos familiares u hogares como agentes considerándolos como la unidad social mínima que puede ser definida arqueológicamente. Su modelo es utilizado para predecir respuestas de hogares individuales a los cambios en la productividad agrícola basándose en datos paleoclimáticos, geológicos y demográficos. La función de este modelo es evaluada a partir de parámetros conocidos de las sociedades modernas. El agente-unidad familiar es una construcción teórica basada en datos arqueológicos y etnográficos. Del mismo

modo el proyecto *Village EcoDynamics* dirigido por Tim Kohler y sus colegas (Kohler, 2003; Kohler et al., 2000; 2007, Johnson et al., 2005) introducen los datos paleoambientales en un mapa digital del área y ubicando a los agentes-unidades familiares de manera aleatoria. El objetivo es seguir las huellas de los efectos de las relaciones de intercambio en la conformación de grupos sociales más amplios. Los agentes fueron programados con una reciprocidad balanceada y codificados con comportamientos adaptativos cambiantes, también incluyeron los cambios en la producción natural y en la degradación de los recursos naturales en los modelos de simulación basados en los patrones de asentamiento de los hogares. A pesar de que los asentamientos simulados son más agregados que los reales la ubicación de los asentamientos más extensos demostraron coincidencias entre el modelo arqueológico y el simulado.

Por último debemos considerar las investigaciones desarrolladas en la Universidad de Chicago y por el Laboratorio Nacional Argonne (Altaweel y Christiansen, 2005; Christiansen y Altaweel 2006a) desde donde simularon las trayectorias de desarrollo y decadencia de los asentamientos de la Edad de Bronce tanto en las áreas irrigadas como en las no irrigadas de la Mesopotamia Norte. Los investigadores trataron de demostrar como los sistemas económicos de las ciudades antiguas del Cercano Oriente co-evolucionaron estrechamente relacionadas con su ambiente, principalmente a partir de la agregación de unidades pequeñas (hogares, familias) a través del tiempo. El modelo permite seguir el proceso de desarrollo de una familia a un pueblo y por último a un centro urbano con sus propias organizaciones subsidiarias y con los asentamientos más cercanos. La producción agrícola y la interacción social son modeladas basadas en una coherencia mutua en un nivel más detallado que mantiene una representación realística del proceso, de los

mecanismos de comportamiento no lineales y de ciertos grados de sistemas de auto-organización de los asentamientos de la Edad de Bronce. Las decisiones diarias en agricultura son también incorporadas al modelo así también los factores sociales que determinan el movimiento de ciertos recursos. Por otra parte el modelo completo incluye mecanismos de diferenciación social crecientes y permite a algunas familias crecer mientras otras se subordinan a estas.

Introducir nuevas herramientas analíticas en la arqueología patagónica implica la posibilidad de especificar y evaluar las categorías utilizadas en la construcción de los esquemas etnológicos clásicos y las categorías de clasificación arqueológica bajo el potencial de la experimentación teórica. Utilizando datos arqueológicos, etnográficos e históricos en un modelo de simulación computacional se pretende ofrecer una reconstrucción de la historia patagónica que nos permita entender la forma del presente etnográfico.

Desde la simulación y desde la creación de sociedades artificiales pretendemos experimentar con una variedad de mecanismos sociales que podrían permitirnos predecir los efectos de las acciones conocidas con el fin de poder realizar comparaciones con las evidencias materiales. La implementación computacional debería permitirnos entender de manera más dinámica las diferentes acciones causales cuyos mecanismos y relaciones aún nos son desconocidas (Barceló et al., 2008, 2009, 2010).

Modelos Basados en Agentes aplicado a sociedades cazadoras recolectoras patagónicas

Esta metodología permite estudiar computacionalmente los procesos modelados como sistemas dinámicos de agentes interactuantes. A cada agente se le otorga un conjunto de características o atributos que lo definen y con un comportamiento pautado por un protocolo que

le brinda la capacidad de tomar decisiones, de responder al ambiente y de interactuar con los diferentes agentes del sistema.

MBA constituye un sistema de modelado que permite trabajar con agentes que actúan como entidades autónomas, que gestionan sus acciones en base a un conjunto de atributos y de reglas que les son asignadas. Estos modelos se componen de tres elementos principales: los agentes, el entorno y las reglas:

- *los agentes* son las entidades de las sociedades artificiales
- *el entorno* es el medio sobre el cual los agentes interactúan
- *las reglas* son las pautas de comportamiento de los agentes y del entorno que pueden ser agente-entorno, entorno-entorno y/o agente-agente.

El modelo que estamos desarrollando es diseñado con el fin de observar la dinámica de interacción entre diferentes grupos étnicos, la dinámica de fisión y fusión entre las bandas de cazadores recolectores, con el fin de predecir qué tipo de configuraciones tienen mayor probabilidad de ocurrir. Nuestro modelo de sociedad artificial cuenta con tres elementos y un conjunto de atributos introducido en base a inferencias probabilísticas:

- Agentes (sexo, edad, lenguaje, tiempo de vida, capacidad de reproducción y producción)
- Ambiente (diferencia en la capacidad de carga)
- Reglas (parentesco y reciprocidad)

En nuestro caso se plantea el diseño y la experimentación sobre diferentes teorías y conceptos sobre fronteras sociales dentro de una estructura de simulación arqueológica. La simulación permite experimentar con un modelo que permita la descripción del comportamiento y la estructura de sistemas complejos del mundo real sobre largos períodos de tiempo. El diseño de investigación procura trazar un mo-

delo de investigación cuyos supuestos sean explícitos. A partir de la construcción de un mundo virtual, se programan los agentes que pueblan ese mundo, se establecen las condiciones iniciales del mundo virtual y se observa el desarrollo de ese mundo a través del tiempo. Esto permitirá evaluar los eventos que son los resultados de las interacciones entre agentes, explicar sus implicancias y facilitar la replicación del modelo.

Una articulación teórica metodológica desde una propuesta etnoarqueológica permite a nivel inicial utilizar datos de estudios etnográficos e históricos de los grupos históricos de Patagonia continental (Mapuche, Günün-kunne, Tehuelche, etc.) y de diferentes teorías de formación cazadora-recolectora, conformando el cuerpo básico sobre el cual se derivarán las simulaciones de las poblaciones humanas. Entendiendo a las fronteras sociales como el resultado de una dinámica histórica y de procesos particulares que expresan la diversidad espacial y temporal de los grupos sociales, de este modo se intenta abordar desde una perspectiva de interacción social la generación de modelos experimentales sobre las configuraciones étnicas patagónicas.

El programa de simulación utilizado es Netlogo (Uri Wilensky 1999), el cual permite trabajar en un mundo bidimensional compuesto por tres tipos de agentes: *patches*, *tortugas* y *observador*. El comportamiento global es representado como un conjunto de entidades cuyas acciones son realizadas en función de sus características, al mismo tiempo permite introducir variabilidad a partir de la definición heterogénea de los agentes en base a diferentes propiedades que pueden ser modificadas temporalmente. Las consecuencias dinámicas o propiedades que emergen a partir de los supuestos teóricos es una diferencia básica con respecto a los modelos de dinámica lineal cuyo comportamiento sólo es expresable a la suma de comporta-

mientos de sus descriptores.

MBA es una herramienta exploratoria, no contrasta la teoría con la observación, pero si sugiere los mecanismos que pueden generar desconcierto en los patrones empíricos. Bajo la ausencia de evidencia arqueológica los modelos analíticos intentan reconstruir el comportamiento de los grupos cazadores recolectores patagónicos utilizando los fenómenos observables como modelo de referencia y buscando explicar los patrones observados del comportamiento del sistema.

Es a partir de esta propuesta metodológica que nuestro trabajo intenta:

- Proveer los medios que permitan reconocer los procesos que pudieron haber generado los patrones observados en el registro arqueológico.
- Simular computacionalmente lo que sabemos acerca de las acciones realizadas en el pasado y experimentar y explorar (mediante la alteración de las variables) los efectos que pueden producirse en el mundo virtual.
- Describir computacionalmente un fenómeno históricamente documentado
- Analizar el registro desde el énfasis en la acción e interacción entre los agentes.
- Explorar el comportamiento del sistema bajo el uso de reglas o normas de comportamiento variables y exitosas a través del tiempo.
- Utilizar modelos computacionales para generar una explicación del pasado, es decir, poner en relación la programación computacional con el mundo "con el mundo real". De este modo, se espera que los resultados nos permitan probar un modelo de desarrollo que reconozca los recursos, las transformaciones y las permanencias de las fronteras étnicas y culturales y así nos habilite comprender la configuración de la diversidad socio-cultural patagónica.

BIBLIOGRAFÍA

- ALTAWHEEL, M., CHRISTIANSEN, J. (2004).** Simulating a Bronze Age City State Under Stress. Modeling Long-Term Culture Change. Workshop at the Santa Fe Institute. http://oi.uchicago.edu/OI/PROJ/MASS/papers/SFI2004_MASS_2.pdf
- AXTELL, R.L., EPSTEIN, M-L., DEAN, J.S., GUMERMAN, G., SWEDLUND, A.C., HARBURGER, J., CHAKRAVARTY, S., HAMMOND, R., PARKER, J., PARKER, J. (2002):** Population growth and collapse in a multiagent model of the Kayenta Anasazi in Long House Valley, *Proceedings of National Academy of Sciences*, Vol. 99, suppl. 3: 7275–7279
- BARCELÓ, J.A.; MORENO, E.J; DEL CASTILLO BERNAL, M.F.; MAMELI, L.; VIDELA, B. (2008):** Where does the South Begin? Social Variability at the Southern Top Of The World. *Arctic Anthropology* Vol. 45 (2). University of Wisconsin Press.
- BARCELÓ, JOAN A., DEL CASTILLO, M^a FLORENCIA, MAMELI, LAURA, MORENO, EDUARDO J. (2009):** The Computer Simulation of Social Dynamics and Historical Evolution. The case of “Prehistoric” Patagonia. Proceeding of the 2nd Workshop on Social Simulation and Artificial Societies Analysis (SSASA'08). CEUR Workshop Proceedings, Barcelona, Spain. ISSN 1613-0073, online <http://CEUR-WS.org/Vol-44>.
- BARCELO, J.A. CUESTA F. DEL CASTILLO, J.M. GALAN, L. MAMELI, F. MIGUEL, J.J. SANTOS, X. VILA (2010):** Simulating Social, Economic and Political Decisions in a hunter-Gatherer group. the case of prehistoric Patagonia. *Computer Applications in Archaeology Conference*. Granada.
- BENTLEY LAKE, M.W., SHENNAN, S.J. (2005):** Specialisation and Wealth Inequality in a Model of a Clustered Economic Network. *Journal of Archaeological Science*, 32:1346-1356.
- CALDAS, J.C., COELHO, H. (2006):** The Origin of Institutions: Socio-economic Processes, Choice, Norms and Conventions. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation* Vol. 2: 2.
- CECCONI, F., PARISI, D., ANTINUCCI, F., NATALE, F. (2006):** *Simulating the Expansion of Farming and the Differentiation of European Languages*. En: Bernard Laks (ed.): *Origin and Evolution of Languages: Approaches, Models, Paradigms*. Oxford University Press.
- CH'NG E. Y STONE R.J., (2006):** Enhancing Virtual Reality with Artificial Life: Reconstructing a Flooded European Mesolithic Landscape. Presence: Teleoperators and Virtual Environments. *Special Issue on Virtual Heritage*, Presence 15 (3): 341-352
- CHRISTIANSEN, J., ALTAWHEEL, M. (2006a):** Understanding Ancient Societies: A New Approach Using Agent-Based Holistic Modeling. Structure and Dynamics: *eJournal of Anthropological and Related Sciences*. Volume 1, Issue 2, Article 7
- COSTOPOULOS, A. (1999):** *Modeling and Simulation for Anthropological Archaeology: the logic of long-term change*, Ph.D. Dissertation held at Oulu University, Finland.
- COSTOPOULOS, A. (2001):** Evaluating the Impact of Increasing Memory on Agent Behaviour: Adaptive Patterns in an Agent-based Simulation of Subsistence. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation* Vol. 4, (4).

- COSTOPOULOS, A. (2002):** Playful Agents, Inexorable Process: Elements of a Coherent Theory of Iteration in Anthropological Simulation. *Archeologia e Calcolatori*, Vol. 13: 259-266.
- DEAN, J. S., GUMERMAN, G. J., EPSTEIN, J. M., AXTELL, R., SWEDLUND, A., PARKER, M., MCCARROLL, S. (2000):** *Understanding Anasazi Culture Change through Agent-based modeling*. En: Kohler, T., Gumerman, G. J. (eds.): *Dynamics in Human and Primate Societies: Agent-Based Modeling of Social and Spatial Processes*. Oxford Univ. Press, New York: 179–205.
- DORAN, J. (1989):** *Distributed Artificial Intelligence and Modeling of Socio-Cultural Systems*. En L. Murray y J. Richardson (eds.): *Intelligent Systems in Human Context: Development, Implications, Applications*, Oxford: Oxford University Press
- DRECHSLER, P. y D. TIEDE, (2007).** *Modelling the spread of Neolithic herders – a computer aided approach*. En: Figueiredo, Alexandra and Leite Velho, Gonçalo (eds). *The world is in your eyes - Proceedings of the XXXIII Computer Applications in Archaeology Conference: Tomar*.
- GUMERMAN, G. J., SWEDLUND, A. C., DEAN, J. S., EPSTEIN J. S. (2003):** The Evolution of Social Behavior in the Prehistoric American Southwest. *Artificial Life* 9 (4): 435-444.
- JANSSEN, M. A., SEPT, J. M., GRIFFITH, C. S. (2005):** Foraging of Homo Ergaster and Australopithecus Boisei in East African environments. *Annual Conference of the North American Association for Computational Social and Organizational Science. NAACSOS*, junio 26-28, 2005, Notre Dame, Indiana, USA.
- KOHLER, T. (2003):** *Agent-Based Modeling of Mesa Verde Region Settlement Systems: Introduction. Paper Symposium Building Models for Settlement Systems in the Late Prehispanic Mesa Verde Region: An Interdisciplinary Approach*. 68th Annual Meeting of the Society for American Archaeology, Milwaukee.
- KOHLER, T., GUMERMAN, G., (eds) (2000):** *Dynamics in Human and Primate Societies*, Santa Fe: Institute Studies in the Sciences of Complexity, Oxford University Press.
- KOHLER, T. A., JOHNSON, C. D., VARIEN, M., ORTMAN, S., REYNOLDS, R., KOBTI, Z., COWAN, J., KOLM, K., SMITH, S., YAP, L. (2007):** *Settlement Ecodynamics in the Prehispanic Central Mesa Verde Region*. En: Kohler Timothy A., van der Leeuw, Sander E. (eds.): *Model-Based Archaeology of Socionatural Systems* SAR Press
- KUZNAR Y SEDLMAYER (2005)** Collective violence in darfur: an agent-based model of pastoral nomad/sedentary peasant interaction. *Mathem Anthrop Culture Theory* 1(4):1–22 www.mathematicalanthropology.org.
- LAKE, M. W. (2000a):** *MAGICAL Computer Simulation of Mesolithic Foraging*. En: Kohler, T. A., Gumerman, G. J. (eds.): *Dynamics in Human and Primate Societies: Agent-Based Modelling of Social and Spatial Processes*, Oxford University Press 107-143
- MITHEN, S. J. REED, M. (2002):** Stepping Out: A Computer Simulation of Hominid Dispersal from Africa. *Journal of Human Evolution* 43: 433-462
- PARISI et al. 2003.** *Simulating the expansion of farming and the differentiation of European languages* Bernard Laks (ed.): *Origin and Evolution of Languages: Approaches, Models, Paradigms*. London, Equinox.

NEWTON, A. (in press): Modelling the Behavioural of Paranthropus and Homo Habilis. Layers of Perception. *Computer Applications in Archaeology Proceedings*. Berlin .

PREMO, L. S. (2005): Patchiness and Prosociality: An Agent-based Model of Plio/Pleistocene Hominid Food Sharing. En: Davidsson, P., Takadama, K., Logan, B. Multi-Agent and Multi-Agent-Based Simulation. *Artificial Intelligence*, Vol. 3415: 210-224. Springer, Berlin

REYNOLDS, R., WHALLON, R, GOODHALL, S. (2001): Transmission Of Cultural Traits By Emulation: An Agent-Based Model Of Group Foraging Behavior. *Journal of Memetics - Evolutionary Models of Information Transmission*, Vol. 4.

READ, D. (2003): Emergent Properties in Small-scale Societies. *Artificial life* 9 (4): 419 – 434 http://jom-emit.cfpm.org/2001/vol4/reynolds_r&al.html

SEPT, J.M., GRIFFITH, C.S., LONG, B. (In press): HOMINIDS: An Agent Based Model of Plio-Pleistocene Hominid Foraging Behaviour. Layers of Perception. *Computer Applications in Archaeology 2007 Berlin Conference proceedings*.

VAART, E. VAN DER, HANKEL, A., DE BOER, B., VERHEIJ, B. (2006): Agents Adopting Agriculture: Modeling the Agricultural Transition. From Animals to Animats 9, 9th International Conference on Simulation of Adaptive Behavior, SAB 2006, Rome, Italy, September 25-29, 2006. Proceedings Springer, Berlin. *Lecture Notes in Computer Science*: Vol. 4095: 750-761.

VICSEK, T. (2001): A question of scale - Concepts essay, *Nature*, Vol. 411: 421

WILENSKY, U. (1999): NetLogo. Northwestern University, Evanston, IL: The Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling <http://ccl.northwestern.edu/netlogo/>.