

# SOCIEDADES ARTIFICIALES PARA EL ANÁLISIS DE PROCESOS SOCIALES EN LA PREHISTORIA

Artificial societies for the analysis of social processes in Prehistory

JUAN A. BARCELÓ\*

**RESUMEN** En los últimos años, en arqueología, sociología y otras disciplinas, se han empezado a programar ordenadores de manera que simulen el nacimiento y muerte de agentes sociales, sus actividades y sus formas de interacción. Esta metodología se considera fundamental en el ámbito de la Arqueología Prehistórica, cuyo objetivo, la acción humana en el pasado más remoto, es por definición no-observable. La simulación computacional, las sociedades artificiales nos permiten representar modelos hipotéticos de lo que pudo haber pasado, facilitando el análisis y la contrastación de esos modelos.

**Palabras clave:** Teoría, Simulación, Modelización, Ordenadores, Procesos sociales, Etnicidad, Causalidad, Programación.

**ABSTRACT** Recently, researchers in Archaeology, Sociology and related disciplines have begun to program computers in such a way that they seem to be able to reproduce the birth and death of social agents, their activities and their ways of interaction. This methodology is basic for Prehistoric Archaeology, whose objective, human behavior in the most ancient past, is out of observability by definition. Computer Simulation and artificial societies allow the representation of hypothetical modeling of what could have occurred in Prehistory. In this way, social analysis and hypotheses testing are made possible.

**Key words:** Theory, Simulation, Modeling, Computers, Social processes, Ethnicity, Causality, Programming.

## ¿QUÉ HICIERON LOS HOMBRES Y LAS MUJERES EN EL PASADO?

Preguntarse *qué* es lo que una persona o varias hicieron en un momento dado del remoto pasado no es lo mismo que preguntarse *por qué* lo hicieron. Introducimos aquí el concepto clave en cualquier investigación histórica: la noción de “causalidad”

---

\* Departamento de Prehistoria. Universidad Autónoma de Barcelona. [http://prehistoria.uab.cat/Barcelo\\_juanantonio.barcelo@uab.cat](http://prehistoria.uab.cat/Barcelo_juanantonio.barcelo@uab.cat)

Fecha de recepción: 03-11-10. Fecha de aceptación: 20-01-11

(Barceló, 2009a). *Causa* ha sido definida como “la manera en que una entidad llega a ser lo que es” (Bunge, 1972). Es decir, hay un sentido en el que una causa produce su efecto que hace que la causa esté “físicamente” conectada a su consecuencia. Para encontrar la causa de lo que sucedió en la prehistoria, prehistoriadores y prehistoriadoras necesitan generar teorías acerca de procesos concretos (“físicos”, en el sentido que le dan Salmon, 1998 o Kim, 2001, entre otros autores), cuyo propósito es proporcionar una comprensión de la determinación causa-efecto como una determinación física o mecánica en el sentido más general de la expresión. Lo que los humanos hicieron hace cientos o miles de años aparece como un proceso de transformación al que historiadores e historiadoras atribuyen la finalización de un nuevo estado del mundo físico: un propósito, un objetivo, un resultado. Por consiguiente, lo que alguien hizo entonces se debiera analizar en términos de las características espacio-temporales de las transformaciones implicadas. Un cuidadoso examen mostraría que no todo cambio constituye una transformación causal. Transformación significa el cambio interno de la entidad de modo tal que aquello que la definía y diferenciaba de otras entidades ya no lo hace. Muchos cambios en la realidad social y/o natural llevados a cabo por hombres y/o mujeres o por factores naturales afectan tan sólo exteriormente a la entidad, sin cambiarla en aquello que la hace distintiva. Esos cambios no pueden denominarse transformaciones.

Se suele definir el concepto de *acción social* como el cambio intencional de la realidad social y natural (Leont’ev, 1974, Engeström, 1987, Wobcke, 1998, Davydov, 1999). Las acciones sociales son procesos intencionales —dirigidos por objetivos— que deben tener lugar para cumplir determinada necesidad o motivación. Son conscientes (porque cada agente tiene el objetivo en la mente), si bien diferentes acciones pueden seleccionarse para cumplir un mismo objetivo. En cualquier caso, una acción puede ser intencional sin que el agente sea consciente de la intención en cada momento. Motivaciones o intenciones no son simples condiciones para desarrollar una actividad cognitiva, sino factores reales que influyen en la productividad de la causa y en su estructura perceptible.

Por lo tanto, deberíamos poder llegar a distinguir entre:

- Las acciones causales, que son procesos y mecanismos capaces de transformar la realidad social y/o natural.
- Interacciones causales: que son acontecimientos en los que los efectos de una acción han introducido transformaciones por obra de su propia capacidad de generar cambio. En cierto sentido, esas interacciones son los factores que explican por qué una acción social tuvo lugar en un momento determinado, que es precisamente su *motivo* o razón de ser.

Para entender las formas sociales de los procesos causales, debiéramos poder añadir una distinción adicional:

- El resultado de una acción social es el estado que debe obtenerse para que la acción pueda llevarse a cabo. El *resultado* de una acción está conceptualmente vinculado a una interacción causal

- La *consecuencia* de una acción es un estado adicional que se produce cuando la acción social tiene lugar. Las consecuencias de una acción están contingentemente relacionadas con esa acción, y son independientes del acontecimiento en el que la acción tuvo lugar.

Debemos explicar los sucesos sociales mostrando cómo sus resultados y consecuencias se ajustan a una estructura causal, es decir, una amplia red de acciones y entidades que interactúan, en donde un cambio en la propiedad característica de una entidad produce dialécticamente un cambio en una propiedad de otra entidad (transformación). Lo que debemos descubrir es la manera en que un sistema complejo está configurado para producir la evidencia reconocible por medio de la interacción entre una serie de acciones y entidades (Barceló, 2009b).

Obviamente no ganamos nada si usamos como explicación de cómo ha sucedido *x*, un indicador de que cierto *y* también ocurrió (donde *x* e *y* se refieren a distintos actos, sucesos o procesos). Esas afirmaciones descriptivas, aun cuando sean ciertas, no son explicaciones sino algo que todavía debe ser explicado. Las regularidades estadísticas no explican, sino que requieren explicación en términos de las actividades particulares de las entidades que tomaron parte en la acción estudiada. La manera más simple de entender la acción social será, por tanto, darse cuenta de que en muchas ocasiones, la *misma acción* puede ser llevada a cabo por diversas *conductas* diferentes. Al mismo tiempo, una misma conducta puede ser la instanciación de diversas acciones diferentes. La presencia de variabilidad en la instanciación de una conducta es precisamente una característica de la acción intencional. La variabilidad con la que se realiza una acción de determinado tipo forma parte de lo que esa acción significa para su agente. La actividad social se caracteriza, pues, por una variabilidad estructural en las conductas con las que se lleva a cabo. La naturaleza guiada por objetivos de las acciones implica la capacidad de variar la conducta concreta que implementa determinada acción en determinado contexto.

Necesitamos la estipulación adicional de que una relación entre dos (o más) acciones y entidades debe implicar una *intervención* si lo que pretendemos explicar es cómo un efecto se relaciona con otro efecto. Por *intervención* entenderemos una manipulación idealizada que determina si cambios en una variable están relacionados causalmente con cambios en otra variable. El énfasis en la naturaleza de esa intervención se relaciona con el papel clave de la *práctica* en nuestro análisis. Para prehistoriadores y prehistoriadoras, los seres humanos en la prehistoria son aquello que hicieron, la forma cómo lo hicieron, y la manera como modificaron la manera anterior de hacer las mismas cosas. Lo que los humanos hicieron y la manera en que lo hicieron está inextricablemente vinculado a la matriz social en la cual cada agente es un miembro, una matriz que debe ser descubierta y analizada. Por consiguiente, no es posible entender cómo la gente actuó y trabajó en el pasado, si la unidad de estudio es el individuo diferenciado, sin información acerca de cómo accedió a otras personas o a los efectos de las acciones de otras personas. La unidad de análisis es entonces la acción orientada a objetivos medida por símbolos y útiles producidos por los mismos seres humanos.

Como resultado de centrarnos en las acciones sociales tal y como fueron puestas en práctica en el pasado por sus agentes en referencia a otros agentes, debemos tener

en cuenta que toda acción social tuvo un propósito en la mente de las personas que estuvieron implicadas en su circunstancia. La Teoría socio-psicológica de la acción (Leont'ev, 1974, Nardo, 1996, Zinchenko, 1996, Engeström, 1987, 1999, Davydov, 1999) enfatiza la motivación humana y su propósito. Estos investigadores e investigadoras sugieren que la actividad social está conformada principalmente por la intención mantenida por el agente; de hecho, los humanos son capaces de distinguir una actividad de otra, básicamente por sus distintos motivos o intenciones.

Es decir, las acciones sociales no pueden entenderse sin un marco general de referencia creado por la correspondiente intención o motivo. Leont'ev, uno de los principales arquitectos de la teoría de la acción, la describe como compuesta por agentes, necesidades, motivos, objetivos, acciones y operaciones (o conducta), junto con artefactos mediadores (signos, útiles, reglas, normas y formas de diferenciación de roles) (Leont'ev, 1974). Un agente es una persona o grupo de personas envuelto en una actividad. La intención o motivación es mantenida por el agente y explica la actividad, concediéndole una dirección y un sentido. Las actividades se realizan como acciones individuales y cooperativas, cadenas y redes de acciones relacionadas unas con otras por el mismo objetivo o motivación. Por su parte, las acciones consisten en cadenas de operaciones concretas, que son formas de conducta bien definidas utilizadas como respuestas a las condiciones a las que se enfrenta el/los agente(s) durante la realización de la acción. Las actividades se orientan hacia las motivaciones, es decir, las razones que las impulsan. Cada motivación es una entidad, material o ideal, que satisface una necesidad. Las acciones son los procesos funcionalmente subordinados a las actividades, y están dirigidos a objetivos concretos conscientes y expresos. Las acciones se realizan durante las operaciones que son a su vez resultado de un conocimiento o habilidad particulares, y dependen de las condiciones bajo las cuales tuvo lugar la acción en sí.

Una necesidad social o motivación puede realizarse usando diversas acciones, dependiendo de la situación. Por otro lado, una misma acción puede asociarse a diversas motivaciones, en cuyo caso la acción tendrá un significado diferente en el contexto de cada motivación. Por ejemplo, si la motivación (actividad) es “construir una casa”, el objetivo (acción) será “fijar el techo”, la habilidad (operación) es el martilleado o la fabricación de ladrillos o el corte de la madera. Del mismo modo:

“Una persona puede tener el propósito de obtener comida, pero para hacerlo debe llevar a cabo una serie de acciones no inmediatamente dirigidas a la obtención de esa comida. Su objetivo puede ser construir un instrumento de caza. ¿Utilizará a continuación ese instrumento, o debe transferirlo a otro agente y recibir una porción de la captura final? En ambos casos, lo que da energía a su actividad y aquello a lo que la acción está dirigido no coinciden. (Leont'ev, 1974, citado por Nardi, 1996:73-74).

La frontera entre la actividad intencional y la conducta operativa es difusa, y se pueden hacer movimientos en ambas direcciones. Las intenciones pueden transformarse durante el curso de una actividad; no son estructuras inmutables. Una actividad puede perder su motivo y convertirse en una acción, y una acción puede convertirse en una operación cuando cambia el objetivo. La motivación de alguna acción puede llegar a ser el objetivo de otra actividad, como resultado de lo cual la última se transforma en una actividad integral. Por lo tanto, es imposible hacer una clasificación de lo que

es una actividad, de lo que es una acción y así sucesivamente, porque la definición depende de lo que es el agente o el objeto de una situación real particular.

Dado que la actividad social no es relativa a un individuo, sino a un colectivo de individuos que interactúan y las consecuencias de sus acciones, no estudiaremos cómo tienen lugar las actividades sociales en términos de las intenciones o motivaciones de cada uno de los agentes por separado. Para capturar el sentido *teleológico* o intencional de la conducta debemos investigar la acción colectiva, es decir, por qué gente diversa hizo la misma acción o acciones en el mismo lugar y en el mismo momento. El objetivo de la investigación sería entonces los orígenes o las causas de esa variabilidad, y no exactamente las intenciones propias de cada acto individual. Transferimos la unidad del análisis al sistema social en su conjunto, encontrando su centro de gravedad en el funcionamiento de las relaciones entre actividades sociales, acciones, operaciones, productos y agentes. La unidad del análisis, por tanto, no es el individuo, ni el contexto, sino una relación entre ambos.

El término *contradicción* se usa para indicar un desajuste entre los componentes de la actividad social, esto es, entre los agentes, necesidades, motivaciones, objetivos, acciones y conductas, o incluso, con los artefactos mediadores (división del trabajo, reglas, normas, instituciones, etc.), que produce tensiones internas que se traducen en cambios cualitativos aparentemente irregulares debido al predominio de unas sobre otras. Las actividades están virtualmente siempre en el proceso de actuar frente a contradicciones, que se manifiestan bajo la forma de problemas, rupturas, choques, rompimientos, etc. Se acentúan por la existencia de transiciones continuadas y transformaciones entre los agentes, necesidades, motivaciones, objetivos, acciones y conductas, signos, instrumentos, reglas, comunidad, y entre los niveles jerárquicamente dispuestos de la actividad colectiva intencional, la acción individual dirigida por objetivos, la conducta mecánica condicionada por los instrumentos y las condiciones de la acción. Aquí es donde se encuentra la auténtica naturaleza de la causalidad social y la fuerza de motivación del cambio y el desarrollo: existe una tendencia global para resolver la tensión subyacente y las contradicciones por medio del cambio y la transformación. Para poder descubrir la causa de los cambios observados, debemos buscar tensiones y contradicciones entre los componentes de la actividad social (Kondrashin, 1997).

Un aspecto importante de este modo de entender la causalidad social es que fuerza a prestar atención al flujo de actividades que se están produciendo, para enfatizar la actividad real en unas circunstancias concretas. En otras palabras, las actividades sociales no son entidades aisladas, sino que están influidas por otras actividades y otros cambios en su contexto. En realidad, la actividad misma es su propio contexto. Lo que tiene lugar en una actividad (acciones, agentes, conductas, productos, normas, organización, etc.), es el contexto de la actividad. La gente interactúa, influye a otros, refuerza algunas acciones, interfiere con otros, e incluso a veces impide la acción de otros u otras. La gente, conscientemente y deliberadamente genera contextos (actividades) en parte a través de sus propios objetos; de este modo, el contexto no está “ahí afuera” (Nardi, 1996). No es un contenedor exterior dentro del cual la gente actúa de cierta manera. Está constituido por la realización misma de la actividad que implica gente y artefactos.

Por lo tanto, la relación entre la *actividad social como causa* y la *actividad social como efecto* es necesariamente compleja, porque los aspectos de la actividad en los que estamos interesados son analíticamente divisibles en componentes con sus propias dinámicas, que a veces pueden ser contradictorias. Por otro lado, influencias externas cambian algunos elementos de las actividades, causando desequilibrios entre ellas.

## A VUELTAS CON LA MÁQUINA DEL TIEMPO

Si y sólo si estuviésemos situados en el pasado podríamos percibir las acciones y agentes que allí tuvieron lugar, y al interactuar con ellas, podríamos llegar a entenderlas. Esto nos lleva a una sugestiva modificación del aforismo de Rodney Brooks (1989): “El Pasado es el mejor modelo explicativo de sí mismo”. Sólo situándonos en el pasado entenderemos quién hizo qué y por qué. En realidad, sólo si existiese una Máquina del Tiempo, el estudio del pasado podría llegar a ser científicamente posible. Sólo situándose en un lugar hace 20000 años, por ejemplo, una observadora interactuaría con el contexto preciso en el que tuvo lugar la acción social, ya que formaría una parte integral de la misma.

Pero la triste realidad es que las máquinas del tiempo sólo existen en las novelas de ciencia ficción (p.e. Powers, 1983, Willis, 1993, Crichton, 1999, entre otros muchos). En un sentido muy real: “cada uno de nosotros está completamente confinado al presente, y por eso el presente es, en un sentido muy real, una prisión que nos aísla del pasado. Es solo dentro de los confines de esa prisión que podemos llegar a inferir acontecimientos pasados” (Leyton, 1992:586).

Arqueólogas y arqueólogos existimos en el presente; por lo tanto, cualquier acción, actividad o conducta que tuvo lugar en el pasado parece estar más allá de nuestro alcance directo. No podemos ver aquí y ahora lo que se hizo hace cientos, miles o millones de años. Podemos examinar lo que percibimos en este momento, los objetos materiales que nos rodean, y sólo a partir de esos objetos podemos pretender llegar a entender lo que ha pasado. La imposibilidad de “ver” el pasado afecta a cualquier otra disciplina que trate con *causas* y *efectos*. El pasado debe ser transferido al presente si alguien pretende explicar la causa pasada de un efecto observado en el presente.

Historiadoras e historiadores no viajan al pasado por sí mismos, pero pueden construir un simulacro, una imitación de ese pasado, al que poder interrogar. Se sitúan así en un mundo virtual extraído de una narración —supuestamente verdadera—, escrita (o narrada) por un individuo que se cree vio a alguien haciendo algo en el pasado. El pasado se hace accesible entonces a través del filtro de una imitación construida indirectamente a partir de algunas de las narrativas personales, escritas o narradas en el pasado, y preservadas en nuestro presente.

Cuando simulamos en un ordenador la potencialidad de cierta actividad que pudo haber tenido lugar en un remoto pasado, realizada posiblemente por cierto conjunto de agentes en un cierto contexto individualizado, el sistema informático es el que en realidad estará “actuando”, produciendo una actividad concreta aquí y ahora, con sus

acciones relacionadas, y sus conductas operativas, con las que podremos interactuar (Doran and Gilbert, 1994, Gilbert, 1998, 2000, Davidsson, 2002, Goldspink, 2002, Axelrod, 2005, Becker *et al.*, 2005). Obviamente esa simulación computacional no usa los motivos reales de personas reales, pero nos puede permitir comprobar las hipótesis de una teoría subyacente que intente explicar cierto acontecimiento en la prehistoria en términos de sus agentes y sus motivaciones. Por otro lado, la simulación puede permitirnos observar y registrar la conducta posible de una actividad social. A medida que el énfasis pasa de describir la conducta de una actividad a interpretar la naturaleza de un sistema social, cambia también el objetivo de la investigación, de la observación y experimentación a la implementación de mundos virtuales *socialmente posibles*.

Esta manera de representar computacionalmente lo que sucedió en el pasado requiere que construyamos, aunque sea virtualmente, un *mecanismo*, que dadas las propiedades de sus componentes constituyentes y de su entorno produzca el fenómeno de interés. Los mecanismos son entidades y actividades organizadas de tal manera que pueden producir cambios regulares desde su inicio hasta su finalización (Machamer *et al.*, 2000). Describen los procesos causales que subyacen a la actividad que queremos explicar (Glennan, 2002), y por consiguiente traducen una pregunta-*por qué* en una pregunta-*para qué*. Obviamente, la palabra “mecanismo” hace las veces aquí de metáfora para explicar cómo las intenciones, objetivos, agentes, conductas y productos de la acción se relacionan causalmente. Debe explicarnos cómo trabaja la actividad social, y no por qué los rasgos que contribuyen a esas actividades y a esas actividades las caracterizan (Bechtel y Richardson, 1993). De esta manera, los elementos que usamos para explicar el mundo social son productos (gente, bienes, información), producción (trabajo, acción social) y acontecimientos (el contexto en el que la actividad tiene lugar) organizados de modo tal que producen cambios —regular o irregularmente— desde el inicio del proceso hasta su conclusión. Las condiciones en las que finaliza el proceso son los efectos, explicados por una enumeración de la actividad de las conductas sociales que los produjeron. Esos mecanismos explicativos son mucho más que meros puntos estáticos de inicio y fin. Las etapas se conectan dinámicamente vía operadores intermedios. Es la habilidad de esos operadores para producir los cambios subsiguientes en el mecanismo social lo que mantiene el proceso en marcha (Machamer *et al.*, 2000, Machamer, 2002, Darden, 2002).

La simulación de un mecanismo social prehistórico debería incluir:

1. Una descripción de la actividad del mecanismo (en términos de la producción de elementos posteriormente observables arqueológicamente).
2. Una descripción del proceso que explica esa actividad.

La simulación se produce cuando el experimentador analista ejecuta ese simulacro de mecanismo social de manera controlada. En primer lugar, la descripción de la actividad social en el pasado prehistórico es una descripción de cómo los *efectos materiales* de la conducta fueron producidos. La descripción del mecanismo es una descripción de la estructura interna de la actividad social (contexto, factores, acciones que tuvieron lugar en relación con esa actividad). La distinción entre la actividad y las descripciones conductuales es básicamente una distinción entre lo que un sistema está haciendo y

cómo lo está haciendo. Las dos partes del modelo, la conductual y la mecánica, son respectivamente, el *explanandum* y el *explanans* de la explicación causal.

Por lo tanto, construir una Máquina del Tiempo Virtual supone simular en el presente los procesos causales que pudieron haber actuado en el pasado prehistórico. Asumiendo que un sistema social adopte distintos estados (diferentes configuraciones como resultado de un cambio en sus propiedades), y dado un estado concreto del mismo, debemos simular el proceso causal que explica por qué las propiedades del sistema adoptan esos valores y no otros en ese estado y no en otros. En términos formales, debemos representar:

- 1 Un espacio algebraico  $S$ , cuyos elementos representen estados posibles de un sistema
- 2 La dimensión del tiempo,  $T$
- 3 Una función de cambio o evolución, de naturaleza no-lineal por lo general, y además habitualmente no-monotónica, que permita determinar los valores específicos que producen un cambio y transformación en el momento  $t$  a partir del conocimiento de un estado anterior perteneciente a  $S$ .

Esta manera de entender la dinámica social está basada en la definición de un conjunto de agentes virtuales, simulacros más o menos detallados de personas que podrían haber existido en el pasado, pero sin sus caracteres individuales, usualmente implementados en un ordenador como objetos de código programado. Los agentes tienen estados y reglas de conducta. La conducta de esos individuos virtuales puede tener grados de libertad innumerables, y no tienen por qué ser generalizables al pasado o al futuro del sistema, sino que las reglas se activan o desactivan en función de sus condiciones explícitas de activación según el contexto en el que tiene lugar la actividad social simulada. En una escala macroscópica, hay patrones sociales que emergen de la aparentemente desorganizada interacción de unidades de computables de bajo nivel. De ahí que la explicación sea una propiedad emergente del sistema, las formas de organización social emergen como resultados de la ejecución en paralelo de mecanismos que no hacen más que implementar interacciones entre agentes y componentes (Epstein y Axtell, 1996, Ossowski, 1999, Wooldridge, 2000, Davidsson, 2001, 2002, Inverno y Luck, 2003, Mainzer, 2004, Sawyer, 2005, Sun, 2006).

Con la posibilidad de simular sistemas sociales antiguos (o futuros), una nueva metodología para la investigación social e histórica se hace posible. El objeto de estudio ya no es una sociedad real, sino una artificial, creada con su propia estructura y dinámica (la simulación misma). La ventaja de crear sociedades artificiales no es crear nuevas entidades por que sí, sino observar modelos teóricos que se ejecuten en una plataforma experimental de prueba. Esta nueva metodología puede definirse entonces como “simulación explicativa”. La investigación exploratoria basada en la simulación social puede contribuir típicamente en alguna de estas vías:

- Efectos implícitos pero desconocidos pueden llegar a ser identificados. Las simulaciones informáticas permiten detectar analíticamente efectos que se derivan del modelo pero que no se han podido detectar.

- Posibles alternativas a un curso de acción dado.
- Las funciones de distintos fenómenos sociales pueden “observarse” cuidadosamente.
- La socialidad (acción orientada a otros agentes) puede modelarse explícitamente.

Por consiguiente, el punto de partida de la explicación de un sistema social por medio de simulaciones computacionales no es la presunta reproducción de un sistema particular, sino la investigación de desarrollos formalmente posibles de clases específicas de sistemas de modelos (sistemas puros). Como esos sistemas puros usualmente generan muchas más vías diferentes de desarrollo de las que se conocen en la historia real humana, debemos limitarnos a esas posibilidades introduciendo limitaciones extraídas del conocimiento previo de la realidad social. La pregunta de interés socialmente hablando sería entonces por qué aparecen esas limitaciones en la realidad que nos rodea, que rodeó a nuestros antepasados y antepasadas. Este procedimiento coincidiría con lo que Bateson denomina “explicación cibernética” (Bateson, 1972).

El ordenador nos permite explorar —alterando las variables— todo el rango de posibles consecuencias de distintas conductas. Podemos comparar lo que pasó con los parámetros de un suceso “virtual” que sea similar, ya estructuralmente, ya literalmente. La causa hipotética será entonces replicada virtualmente en unas circunstancias controladas (parámetros de la simulación) para generar el efecto como resultado, tan sólo, de la causa sugerida, estando todos los otros factores controlados. La simulación informática se usa a modo de laboratorio virtual en el cual se aplicarán diferentes técnicas para la formalización y/o falsificación de las distintas hipótesis científicas postuladas respecto a las transformaciones sociales.

## SOCIEDADES ARTIFICIALES

Tradicionalmente se ha considerado imposible escribir programas de ordenador que simulen la actividad social en la prehistoria. Todavía hay muchos investigadores e investigadoras que creen que no se puede reproducir en un ordenador lo que los humanos hicieron, ya que consideran a las máquinas un inadecuado simulacro de la complejidad de los seres humanos. Estos autores y autoras consideran que nunca tendremos acceso al conocimiento que sería necesario para reflejar en toda su complejidad los elementos que definen la actividad social humana a través de la historia.

Las máquinas están ciertamente limitadas a estimar funciones lógicas de entrada-salida (*input-output*), y ninguna actividad social pareciera ser tan simple. Pero la crítica anterior resulta errónea en su mayoría, especialmente hoy en día, cuando la inteligencia artificial ha mostrado cómo a partir de la interconexión apropiada de unidades de cómputo muy simples se pueden producir estructuras relacionales extraordinariamente complejas (Conte y Gilbert, 1995, Castelfranchi, 2000, Klüver *et al.*, 2003, Drenan, 2005, Sawyer, 2005, Gilbert y Troitzsch, 2005, Epstein, 2006, Barceló, 2009b). El fácil acceso a las tecnologías GRID para supercomputación distribuida es también una ventaja. Obviamente, no todo puede simularse en un ordenador, dadas

las muchas limitaciones del enfoque, en especial la no-unicidad que se desprende de la mayoría de descripciones de la actividad social. No-unicidad significa en realidad que no puede seleccionarse una correspondencia causa-efecto correcta de una serie de correspondencias posibles sin imponer más condiciones. Este resultado negativo puede deberse a distintos factores, entre ellos: ruido o cantidad insuficiente de medidas, pero especialmente por la característica no-linealidad de la actividad misma: diferentes acciones pueden producir los mismos rasgos arqueológicamente observables, o bien, la misma acción puede que no siempre produzca los mismos elementos observables. Afortunadamente, en la práctica, muchas simulaciones computacionales han demostrado ser capaces de representar mecanismos sociales cuyas operaciones pueden parecer en primera instancia demasiado irregulares como para permitir a un arqueólogo o científico social predecir con fiabilidad su futura realización en otro momento del pasado, o bien una explicación sistemática de por qué la simulación falla en simular lo que sucedió en realidad.

Arqueólogos e historiadores han empezado a convertir teorías sociales en programas informáticos, simulando seres sociales —obviamente no humanos— que “viven” en entornos virtuales que resultan de la generalización de la teoría social o de los datos históricos. Implementando acontecimientos sociales como agentes computacionales y sus influencias mutuas como interacciones, se pretende descubrir que la acción colectiva puede describirse y explicarse como algo no-accidental y no-caótico.

Cada vez hay más ejemplos en la literatura especializada de este tipo de estudios de simulación social e histórica. En el caso de la comprobación de teorías sociales por medio de simulaciones basadas en agentes, debemos considerar los importantes estudios realizados por Robert Axelrod (2003), Barbara Meeker (2002), Claudio Cioffi-Rivilla (2010), Nigel Gilbert (2008), Scott Moss (Moss y Edmonds, 2005), Klaus Troitzsch (2009). Estos autores, entre otros muchos, han desarrollado los necesarios lenguajes de computadora y entornos de programación, por lo que podemos concentrarnos en la simulación de los mecanismos sociales. John H. Goldthorpe (2000), Peter Hedström (2005), y otros muchos sociólogos y sociólogas, han probado la fertilidad de la explicación en términos de mecanismos sociales, desarrollando durante años un enfoque analítico de la explicación social, especialmente en lo que se refiere a la interacción entre la racionalidad cognitiva, racionalidad axiológica normativa, normas sociales, consecuencias sociales agregadas y otros temas, tales como creencias o valores que conforman los motivos de los individuos y agentes.

Existe también un número creciente de estudios de simulación aplicados a la investigación histórica. La mayoría de ellos derivan de la obra pionera de James Doran, cuyo sistema EOS simulaba la emergencia de orden social al final del paleolítico medio (Doran y Palmer, 1995a y 1995b). Muchos otros experimentos se han realizado con esta sociedad artificial, aunque las implicaciones de todas las variantes del modelo aún no han sido estudiadas (Doran, 1997, 1999, 2000). El enfoque de Doran ha sido continuado por muchos otros investigadores, que han simulado distintas hipótesis acerca de la conducta prehistórica de forrajeo y reproducción social en sociedades a pequeña escala. Del mismo interés son las simulaciones de la conducta homínida, usando datos relevantes arqueológicos y paleoecológicos para comprobar hipótesis específicas (Costopoulos, 1999, 2001, 2002, Janssen *et al.*, 2005,

Lake, 2000a, 2000b, Mithen y Reed, 2002, Premo, 2005, Read, 2003, Reynolds *et al.*, 2001 y Sept *et al.*, 2007).

Más allá de la dinámica de sociedades cazadoras-recolectoras, podemos mencionar los estudios de Caldas y Coelho (1999) acerca de los mecanismos emergentes que conducen a instituciones políticamente complejas en sociedades a pequeña escala. También se han programado sociedades artificiales para estudiar los orígenes de la agricultura (Ch'ng y Stone, 2006, Vaart *et al.*, 2006, Parisi *et al.*, 2003, Cecconi *et al.*, 2006, Drechsler y Tiede, 2007). Kuznar y Sedlmeayer (2005) han desarrollado una simulación informática que reproduce la interacción entre comunidades nómadas y sedentarias. Bentley *et al.* (2005) han explorado cómo una red de intercambio co-evoluciona con las especializaciones cambiantes de los agentes que la componen. El proyecto “Virtual Anasazi” (Dean *et al.*, 2000, Gumerman *et al.*, 2003) y el proyecto “Village Ecodynamics” de Tim Kohler y sus colegas (Kohler, 2003, Kohler y Carr, 1997, Kohler y Yap, 2003, Kohler *et al.*, 2000, 2005, 2007, Johnson *et al.*, 2005) son simulaciones a gran escala que han servido para investigar cómo las poblaciones prehistóricas del Sudoeste de Estados Unidos habrían situado sus hogares de acuerdo con las características de sus entornos físicos y sociales y las necesidades que emanan de sus sistemas de producción e interacción social. Finalmente, debemos mencionar las investigaciones realizadas en la University of Chicago y el Argonne National Laboratory (Altaweel *et al.*, 2006, Altaweel y Christiansen, 2005, Christiansen y Altaweel, 2004, 2006a, 2006b) en donde han simulado las trayectorias de desarrollo y decadencia de los asentamientos de la Edad del Bronce tanto en la zona irrigada como en la dejada al ritmo natural de las lluvias en Mesopotamia septentrional. Estos investigadores intentan demostrar que los sistemas económicos de las antiguas ciudades del Próximo Oriente co-evolucionaron estrechamente con su entorno, primeramente por medio de la agregación a través del tiempo de unidades fundamentales muy pequeñas (hogares, familias) hasta concluir en sistemas institucionalmente muy complejos de tipo estatal.

## DENTRO DE UNA SOCIEDAD ARTIFICIAL

Visto desde la perspectiva de la modelización basada en agentes, las sociedades artificiales están basadas en un conjunto de agentes con un cuerpo (virtual) y viviendo *en* e interactuando *con* (de manera virtual) un entorno concreto. Se representan como miembros de una población (virtual) cambiante de procedimientos sociales (mecanismos), que determinan importantes aspectos de la estructura y desarrollo temporal de la población, y por tanto de la conducta individual. Los agentes son programas (software) con objetivos individuales y reglas de conducta capaces de una actividad dirigida hacia sus objetivos concretos y auto-controlada. Los agentes sociales virtuales “viven” en un entorno poblado por muchos otros agentes, de manera que la ejecución de sus tareas está sujeta a los efectos de las decisiones y acciones de otros agentes. Por un lado, los agentes pueden interferirse entre ellos como consecuencia colateral de sus actividades. En otras palabras, la gente que vivió en el pasado no aparece como objetos de museo pasivos. Dentro de la simulación informática, y de la misma manera que en el mundo real, los agentes actúan influidos por otra gente que vivió en el mismo momento, pero

también influidos por cualquier cambio en el entorno físico y/o social, por ejemplo, cambio climático, transformación social, etc. la gente interactúa, influye a otros, refuerza algunas acciones, interfiere con otras, e incluso a veces impide la acción de otra gente. La gente consciente y deliberadamente crea contextos (actividades) en parte como resultado de sus propios objetivos.

Los agentes pueden interactuar también con entidades que no se han programado como agentes, explícitamente representadas como una entidad “mundo”. De la misma manera que el mundo real condiciona la estructura y conducta de los agentes reales, un entorno simulado informáticamente desempeña el mismo papel en el sistema de agentes sociales simulados. Las percepciones de los agentes simulados tienen que tener un origen en el entorno, y eso debe ser representado convenientemente. Estas dinámicas pueden ser tan complejas (p.e. conteniendo la producción de nuevas entidades a las que puedan asignarse nuevas formas de conducta, programadas como variables globales). Cada dinámica del entorno que sea específica del modelo puede incorporarse. Una consecuencia importante de esta visión es que el agente y el entorno constituyen un único sistema, es decir, los dos aspectos están tan íntimamente conectados, que una descripción de cada uno de ellos por separado no tendría mucho sentido.

La manera correcta de simular la coordinación social es uno de los aspectos más importantes. Coordinación, en cierto sentido, tiene lugar cuando un agente adapta sus actividades ante las interacciones con otros agentes. La coordinación hace que agentes individuales, autónomos, actúen como un sistema distribuido, es decir, como una sociedad de agentes que toman decisiones y de cuyas interacciones emergen actividades coordinadas. Conductas resultantes agregadas (que denominaremos macro-nivel) emergen impredeciblemente de las conductas individuales (el micro nivel), que a su vez están influidas por la percepción contextualizada, la experiencia biográfica y el contexto de la interacción. De esta manera, la naturaleza de los problemas encarados cuando se trabaja con este tipo de simulaciones de procesos sociales y trayectorias históricas requiere: A) caracterización de racionalidades individuales heterogéneas, antes que un promedio de conductas pseudo-racionales; B) representación dinámica de las sociedades; C) inclusión de prelaiones inter-personales y persona-institución así como sus interacciones —institucionalización normativa—; D) representación de la consecuencia y resultados; E) contrastación a fondo y visualización de la dinámica de las conductas emergentes de los modelos, es decir, regularidades sociales observables; y F) formalización de las dependencias “retroalimentadas” desde las macro-consecuencias a los micro-motivos, es decir, las razones individuales para actuar, implicaciones materiales y cognitivas, y contextos de interacción institucional.

Ejecutar este modelo informático de una sociedad artificial simplemente implica crear las poblaciones simuladas de gente, dejando que los agentes interactúen y monitoreando lo que emerge. Aunque los agentes materializados tienden a ser computacionalmente simples y vivir en un entorno informáticamente simplificado, si juntamos un número suficiente de agentes juntos en el mismo entorno, interesantes esquemas colectivos tienden a emerger de sus interacciones. Lo que *emerge* de la ejecución colectiva de reglas empaquetadas en forma de agentes es una gradual actualización de las creencias de cada individuo y la modificación concomitante de sus planes, hasta llegar a una

forma de *orden social*. Éste debe concebirse como cualquier forma de estructuración que sea suficientemente estable, como para ser considerada la consecuencia de la auto-organización social y la auto-reproducción a través de las acciones de los agentes, o conscientemente orquestado por (algunos de) ellos.

## UN EJEMPLO. ETNICIDAD EN LA PREHISTORIA

Los estudios sobre etnicidad en la prehistoria y en la antigüedad siguen siendo populares en nuestros días. Ahora bien, aún a pesar de la crítica demoledora al concepto tradicional de “etnia” (Emberling, 1997, Jones, 1997, Lucy, 2005, por citar tan sólo a los tres trabajos más conocidos), se sigue equiparando “étnico” con “cultural”, y se considera que “lo cultural” constituye la “esencia” más o menos inexpresable de un grupo humano cerrado, cuyo carácter permanece sin cambios durante largos periodos, hasta que es sustituido por otra “cultura”, con otras normas o rasgos característicos. Con el fin de desnaturalizar y analizar históricamente el concepto de etnicidad en arqueología planteamos una simulación computacional en la que distintas formas de agregación y categorización social emergen de las interacciones sociales, económicas y políticas en un grupo virtual de cazadores-recolectores hipotéticos que se reconocen explícitamente y se distinguen de otros, a partir de una herencia común real o de transformaciones que asumen características culturales compartidas, de manera tal que la etnicidad en un pasado virtual que simula el pasado prehistórico se caracteriza tanto la permeabilidad de las fronteras sociales como el rechazo de una categoría común monolítica (Barceló *et al.*, 2010, 2008, Del Castillo *et al.*, 2010).

Hemos considerado una población constante de agentes (unidades domésticas que, a grandes rasgos, coinciden con familias extensas), que se mueven al azar en un territorio determinado a la búsqueda de recursos consumibles e interactúan con otros agentes situados en el mismo territorio y que tienen un mismo lenguaje para incrementar las probabilidades de subsistencia.

El espacio geográfico se ha modelado como una cuadrícula finita toroidal en la que cada elemento constituye una unidad particular del territorio con una cierta probabilidad de contener recursos explotables por los agentes (elementos de caza, elementos de recolección). Interacciones locales en ese espacio facilitan la difusión cultural y la diferenciación de grupos. Los parámetros del modelo y sus componentes pueden resumirse del modo siguiente:

Hay una población constante de agentes  $N=\{1,2,\dots,n\}$  que se diferencian en: (1) sus capacidades para explotar los recursos explotables en su entorno, una variable  $c_{j \in N}$  definida sobre el intervalo  $[0,1]$ ; y en (2) su identidad cultural, un vector numérico de  $k$  rasgos (dimensiones culturales) que puede adoptar cualquier valor (rasgos cultural) dentro del conjunto  $\{1,2, \dots,r\}$ .

1. Cada agente se mueve aleatoriamente a través del territorio e interactúa en su entorno local (vecindad) con todos aquellos agentes que considera similares y miembros de su grupo. El tamaño de su entorno local está modulado mediante el parámetro  $\eta$ .

2. El mecanismo social simulado representa el retorno de la cooperación y la reciprocidad social dentro de un grupo cultural: los agentes obtienen más recursos si trabajan conjuntamente (caza colectiva) que si intentan cazar por sí solos. Se define una función de resultado para cada agente  $j$  como una proporción ponderada de la suma de las capacidades del grupo local  $G_j(t)$  elevado a la potencia de  $\theta > 1$ , que modula los retornos crecientes de la cooperación:

$$O_j(t) = \frac{c_j}{\sum_{k \in G_j(t)} c_k} \left( \sum_{k \in G_j(t)} c_k \right)^\theta = c_j \left( \sum_{k \in G_j(t)} c_k \right)^{\theta-1} \quad \text{with } \theta \geq 1 \quad (1)$$

3. El agente  $j$  produce un excedente  $S_j$  que depende de su función de resultado  $O_j$ , un parámetro de depreciación  $\rho \in [0, 1]$  y una subsistencia mínima  $S_o$  de acuerdo con la ecuación

$$S_j(t+1) = [O_j(t) + S_j(t)(1 - \rho) - S_o]^+ \quad (2)$$

4. La “Cultura” (un vector que representa los rasgos compartidos entre familias, su conducta, sus creencias y sus lenguajes, los productos de su trabajo y los resultados materiales/inmateriales de sus acciones) se difunde por la población de agentes a través de un proceso de imitación local. Con probabilidad  $p_{diff}$  una familia copia cierto rasgo de la moda del grupo local.
5. La cultura evoluciona a través de mutaciones locales. Con probabilidad  $p_{mut}$  una familia muta uno de sus rasgos culturales que será simultáneamente copiado por su grupo local (asumimos que la proximidad geográfica y las interacciones repetidas aseguran que la cultura de todos los miembros evoluciona en la misma dirección).
6. La máxima edad de cada agente sigue una distribución de Poisson con media definida como “esperanza de vida”. Cuando un agente muere, ya sea por la edad o de hambre ( $S_j = 0$ ), esa familia es reemplazada por su “descendiente”. La recién llegada hereda las características de la familia antecesora en la población a través de un mecanismo aleatorio: los agentes tienen una probabilidad de ser reproducidos directamente proporcional a su excedente.

Agentes individuales (familias) no tienen información completa acerca de los otros grupos en la población; sólo pueden diferenciarse o asemejarse a otros agentes en su vecindad e interactuar con ellos en función del grado de similitud cultural entre ellos. Si interactúa, aumenta su probabilidad de supervivencia, si no interactúan las aleatoriedades implícitas en la consecución de la subsistencia les afectan más directamente, hasta llegar, en casos, a su desaparición. De este modo no presuponemos la existencia de “etnicidades” como rasgos intrínsecos de los grupos humanos, sino una medida de proximidad cultural o “compatibilidad” que hace que cada grupo familiar se considere a sí mismo como más o menos similar y tome una decisión racional en consecuencia. La conformación de la etnicidad es entonces el resultado

de la frecuencia de interacciones a nivel local. La identificamos utilizando una abstracción particular de la red cultural en la que dos agentes establecen un vínculo si están culturalmente próximas, esto es, en función del número relativo de dimensiones culturales que comparten.

El modelo evoluciona a través del tiempo de este modo: en el momento  $t$  cada agente (grupo familiar) se mueve aleatoriamente a una zona vecina y actualiza su probabilidad de supervivencia, en función de los recursos que allí encuentra (de caza y recolección) y de la fuerza de trabajo disponible (mayor o menor proximidad cultural con los agentes que pueda encontrar en las proximidades de esa misma zona). En este sentido, podemos definir en tanto que simulacro de un campamento residencial todos los grupos familiares en la vecindad con la misma característica cultural. El agente actualiza su excedente subsistencial de acuerdo con las ecuaciones 1 y 2, con probabilidad  $p_{diff}$  copia alguno de los rasgos que definen la moda estadística de su grupo de residencia, y con probabilidad  $p_{mut}$  muta alguno de sus rasgos y lo difunde al resto del grupo local (varía la moda estadística del mismo). Cualquier agente que alcanza la edad máxima o que no logra tener suficiente excedente, es sustituido por su descendiente.

Bajo las hipótesis del modelo, el sistema no tiene atractores estables. Dado que estamos interesados en el estudio de conductas sociales limitativas (etnicidad), hemos orientado la simulación para computar la distribución de ocupaciones (la fracción a largo plazo del tiempo que el sistema pasa en cada estado), partiendo desde un estado inicial con una sola población culturalmente homogénea, hasta su segregación en distintos grupos étnicamente diferenciados. Por esa razón hemos explorado diversas parametrizaciones posibles del sistema durante tiempo suficiente, aunque no podemos garantizar que el sistema no converja a un estado estático si se le da el tiempo suficiente (pongamos, 1 millón de ciclos). Es importante recalcar que una de las limitaciones actuales de la simulación es que la población no aumenta ni disminuye a lo largo de cada ciclo, limitación que considerábamos importante para aislar los factores endógenos de cambio social que pudieran ser producidos por crecimiento demográfico.

Junto con la cantidad de grupos que emergen, hemos estudiado el tamaño de esos grupos. En general, la distribución de tamaños parece seguir. En nuestra sociedad artificial, que bien pudiera haber existido en el pasado prehistórico, la fragmentación étnica depende fundamentalmente de los retornos derivados de la cooperación en el trabajo. Para niveles pequeños de este parámetro no hay un beneficio significativo en la caza colectiva que implique muchas unidades domésticas de producción y reproducción (ver Ecuación 1), por lo que un grupo familiar tendrá tantas oportunidades viviendo sólo que configurando grupos locales de residencia. En estas circunstancias, el proceso de sustitución de agentes que llegan a su edad máxima por su descendiente lleva a emergencia de muchos grupos culturalmente diferenciados subsistiendo por sí mismos y sin intercambiar rasgos culturales, cuya evolución queda en manos de la deriva aleatoria que se va incrementando de ciclo en ciclo. Por el contrario, cuando las probabilidades de supervivencia de un agente son mucho mayores si emprende acciones de cooperación (caza colectiva), distintas formas de agregación aparecen que provocan un aumento en las modas estadísticas de rasgos culturales, más allá del umbral de la deriva genética, cuya diferenciación es compensada por la cada vez mayor imitación

de rasgos en grupos de agentes cada vez mayores (hasta el límite de la capacidad de carga del territorio), una ley exponencial con un gran grupo significativamente mayor y unos pocos de menor tamaño. Modulado por el parámetro  $\delta$  de proximidad cultural, el efecto de los retornos crecientes de la cooperación entre agentes es facilitar la emergencia de un gran grupo cuya etnicidad compartida engloba a una mayoría de agentes en el sistema y segrega unidades aisladas. Una vez más, la reproducción de agentes acentúa la tendencia a grupos grandes, con mayor éxito reproductivo.

Nuestra simulación pone de manifiesto que la etnicidad no sólo surge a partir del contraste, oposición o conflicto, por lo que la confrontación no será nunca el único disparador posible de las categorías de adscripción y de diferenciación étnica. Es cierto que la fricción de grupos desarrolla un conjunto de representaciones y valores que establecen los términos desde los cuales estas clasificaciones y auto-adscripciones son construidas, pero las distintas formas en las que se construye la interacción social, especialmente en lo que se refiere a cooperación y reciprocidad (ya sea económica, en materia de reproducción, entre otras) y los rendimientos esperados de dicha cooperación resultan de la mayor importancia.

La simulación computacional nos permite representar un proceso social dinámico, que de otro modo resultaría difícil de analizar. La etnicidad se encuentra en permanente negociación y renegociación tanto por las adscripciones externas como por la auto-identificación. Los grupos étnicos no son aislados discontinuos culturales, o *a priori* lógicos de pertenencia natural; los grupos étnicos constituyen una red dialéctica de inclusión y exclusión: no es la “semejanza” observable la que condiciona la pertenencia a un grupo, sino el proceso de conformación del grupo como resultado de la particular dialéctica entre cooperación, reciprocidad y conflicto, entre agregación social y segregación, entre fisión y fusión.

## **CONTRASTACIÓN ETNOGRÁFICA DE UN MODELO HISTÓRICO SIMULADO COMPUTACIONALMENTE**

La teoría social que subyace a nuestra sociedad artificial tiene pretensión de ser universal. La ventaja del modelo simulado es que aunque el modelo sea universal, no afirma que todas las sociedades humanas del pasado hayan sido iguales. Los procesos sociales actúan de maneras muy diversas según sean los contextos y las circunstancias históricas. Como tal, nuestro modelo es abstracto e hipotético, pero cuando se sustituyen los parámetros generales y las probabilidades de subsistencia por datos empíricos relativos a una sociedad real que existió, el modelo pierde su carácter abstracto para objetivarse en un caso histórico concreto que puede servir para contrastar algunos aspectos de la teoría subyacente.

Eso es lo que hemos realizado con ayuda de datos etnohistóricos y arqueológicos de las sociedades originarias que ocuparon Patagonia (extremo sur de América) a lo largo de dilatadas trayectorias históricas de más de 10000 años.

Durante la mayor parte de su historia, las sociedades patagónicas vivieron bajo un sistema de producción cazador-recolector con la suficiente flexibilidad como para ser capaces de explotar diferentes recursos en diferentes lugares y con diferentes

intensidades (Barceló *et al.*, 2009; Del Castillo *et al.*, 2010). Esta heterogeneidad económica relativa es representada por divergentes trayectorias históricas entre pescadores-recolectores canoeros y cazadores-recolectores terrestres, que se habría iniciado muy temprano en la secuencia cultural, y se habría mantenido durante siglos. Las dinámicas poblacionales dentro de un territorio inmensamente extenso junto al grado de flexibilidad en la movilidad residencial y cambios ocasionales en la productividad explican las interacciones dentro del grupo social, aunque las redes sociales de largo alcance también estuvieran presentes.

Los datos analizados permiten inferir una diversidad cultural resultado de una compleja trayectoria de eventos de *fisión* o *segregación* dialécticamente vinculados a otros procesos de *fusión de grupos* que en su momento conformaron una entidad social colectiva. La formación de límites culturales se puede entender en este caso a través del progresivo desprendimiento de grupos desde una población original homogénea, que al *fisionarse* habría permitido la emergencia de nuevos grupos con los que mantienen cada vez menos relación, lo que afectaría a los mecanismos de reproducción social, que también se diferencian e individualizan. Sólo la reducción paulatina a través de la historia de los contactos a larga distancia pudo haber producido el grado de divergencia cultural entre grupos alejados que se observa en el presente etnográfico. La progresivamente mayor extensión del área geográfica cuyos recursos deben explotarse fue generando el incremento de los contactos directos en una misma región y una disminución de contactos a larga distancia; dando precisamente como resultado la disgregación de grupos. Quizás el elemento que mejor explica esta extrema variabilidad y ausencia de aislamiento entre los grupos es, precisamente, la extrema movilidad espacial de los mismos.

Visto desde el escenario patagónico, nuestros resultados preliminares de modelos informáticos parecen coincidir con la diferenciación biológica y lingüística entre los grupos humanos de esa región, lo que parece estar fuertemente asociado con la separación espacial. En otras palabras, las personas tienen mayor probabilidad de interactuar con personas que comparten mayores atributos culturales, y estas interacciones tienden a aumentar el número de atributos culturales que comparten (lo que los vuelve más propensos a interactuar nuevamente).

Según esta visión, nuestro modelo de etnogénesis predice que los grupos humanos reflejarán una separación geográfica en el patrón de distancias inter-grupales. El resultado final es una mayor similitud entre las poblaciones geográficamente próximas y crecientes diferencias entre grupos que están más lejos y más lejos entre sí. Sin embargo, también hemos observado que las pruebas étnicas, lingüísticas, culturales, económicas e incluso las fronteras territoriales son muy permeables, lo que sugiere un grado considerable de mezcla de población.

## ¿DÓNDE ESTÁ LA “VERDAD”?

El enfoque seguido podríamos caracterizarlo como “comprensión por medio de la construcción de análogos”, una perspectiva que está teniendo mucho éxito en diversas disciplinas científicas (Thagard, 1988, Adams *et al.*, 2000, Holland y McFarland,

2001, Fernández, 2003, Dawson, 2004, Drenan, 2005, Doyle, 2006, Epstein, 2006). Se basa en el supuesto de que la definición de teorías estará mejor servida por la síntesis (la simulación) que el análisis (lógica). Aquí el problema histórico que debe ser resuelto se convierte en un problema de diseño: cómo diseñar un mecanismo artificial, abstracto, que muestre cierta conducta epistémica deseada. Desarrollar un modelo computacional nos fuerza a ser explícitos acerca del proceso relevante que realmente esté actuando por debajo del umbral teórico de la conciencia de los agentes que participaron en el hecho histórico. Esa naturaleza explícita conlleva numerosas ventajas. Como tal, proporciona nuevas formas de estudiar las bases teóricas supuestas y la conducta que necesariamente debiera concluirse de esos supuestos. Nos permite tratar con la complejidad de manera que los argumentos verbales usuales no permiten, generando explicaciones satisfactorias de lo que de otro modo serían argumentos vagos, subjetivos y ambiguos.

Por otro lado, esta perspectiva “computacional de la ciencia” (Thagard, 1988, Barceló, 2009b) permite modificar la visión tradicional del conocimiento como un conjunto de elementos pasivos, artefactos, estáticos y almacenables, por una conceptualización del conocimiento histórico como *capacidad construida de acción*, que ha inspirado a una nueva generación en cibernética, filosofía y psicología (Brooks, 1989, 1991, 1999; Brooks *et al.*, 1998, 1999; Clark, 1993; Franklin, 1995; Hendriks-Jansen, 1996, Clancey, 1997; Engel y König, 1998; Pfeiffer y Scheier, 1999; Anderson, 2003; Iyida *et al.*, 2004). La interpretación histórica aparece *situada* en el contexto que le es propio. Obviamente es un contexto abstracto, virtual y construido por el investigador o la investigadora, pero supone una materialización del conocimiento que se vuelve activo y dinámico, capaz de modificar a medida que modificamos ese contexto de manera controlada para contrastar unos supuestos u otros.

Dentro de una simulación, imitación virtual de lo que pasó antes del presente del investigador o investigadora, la explicación depende de la ocurrencia actual del acontecimiento en cierta secuencia temporal. Si la prehistoria puede llegar a ser explicada, debiéramos poder hacerlo en términos de la actividad intencional humana y de las conductas operativas que se produjeron en el pasado. Por consiguiente, una posible respuesta a la pregunta “¿por qué los humanos hicieron lo que hicieron en el pasado?” sería “porque fueron *capaces* de hacerlo de esta manera y no de otra”. Esto parece una explicación funcional en donde una acción ha tenido lugar por una razón, y el objetivo que ha de cumplir puede alcanzarse cuando la acción tiene determinadas características, observables o no. Las acciones humanas, tanto en el presente como en el pasado deben tener una particular disposición derivada del papel histórico que han desempeñado con anterioridad. De acuerdo con Nagel (1961), una cosa, una persona, o un acontecimiento debe poder ser explicado en términos de la función que realiza sobre un conjunto mayor, o el papel que desempeña produciendo un resultado. Una explicación funcional centra la atención en las culminaciones y consecuencias de procesos específicos. Por consiguiente, más allá de las teorías funcionalistas tradicionales, que concedieron roles prefijados a distintas conductas sociales, debiéramos explicar la función de la actividad social descomponiéndola analíticamente como si fuese un sistema relacional complejo que

vincula la estructura, la intención, los ajustes, la acción y la historia del cambio (Nagel, 1961, Boorse, 1976, 2002, Adams, 1979, Cummins, 1975, 2002).

Si este enfoque fuese válido, entonces, para poder adscribir “funcionalidad” a la actividad social que inferimos pudo haberse producido en un pasado prehistórico concreto, debemos vincular tres fuentes de información:

1. Conocimiento acerca de los agentes sociales que ejecutaron la acción de manera tal que generó la consecuencia observada.
2. Conocimiento acerca de cómo los agentes sociales determinaron la estructura física de la actividad sobre la base de sus habilidades personales y colectivas.
3. Conocimiento acerca de cómo la acción estuvo determinada por su estructura física para producir esa consecuencia.

Debemos explicar no sólo por qué la acción tuvo lugar allí, entonces y por qué, sino su disposición a contribuir causalmente a los cambios históricamente producidos y que se seguirán produciendo si el contexto permanece inalterable en el sistema que interrelaciona agentes, acciones y productos de la acción (Cummins, 1975, 2002). De este modo, la actividad social en la prehistoria puede explicarse recurriendo a la particular estructura causal en la que se supone que esa actividad participa. El conocimiento de la función de un elemento material producto de una acción y de una conducta determinada, en el contexto de una actividad, debe reflejar las interacciones causales que se producen en el seno de esa actividad. La “función” de cualquier actividad emerge como un sistema relacional que relaciona la estructura física de la conducta y de sus medios instrumentales con su realización concreta, contexto e historia anterior (Kitamura y Mizogouchi. 1999, Chaigneau *et al.*, 2004).

Por descontado, una simulación computacional no implica necesariamente una defensa del carácter determinista de la actividad social. La explicación histórica se produce de una manera determinada, fijada por el mecanismo complejo que le da existencia, pero no de una manera determinística, porque el mecanismo es lo suficientemente complejo como para no ser predecible de una manera simple. Las acciones sociales no son totalmente predictibles, pero sí son más o menos *probables* en función de las circunstancias y los agentes que en ellas participan (Barceló, 1999, 2009a). “Probabilidad” es una medida de la intensidad de la propensión, tendencia o inclinación de ciertos acontecimientos a tener lugar en determinadas circunstancias causales (Popper, 1957, Bunge, 1985, Cartwright, 1989, Salmon, 1989, Eells, 1991, Rivadulla, 1991).

Lo que implementamos “mecánicamente” son en realidad potencialidades causales de aquellas actividades, acciones y conductas sociales que pudieran haber generado un conjunto de observables arqueológicos. El pasado llega a poder entenderse entonces en términos de sus “potencialidades” a priori (o *affordance*, en inglés) (Gibson, 1979). *Affordance* es un término difícil de traducir al castellano. James J. Gibson acuñó este concepto en la década de los 70 para indicar la propiedad que se puede percibir de un objeto que nos indica qué es lo que se puede hacer con él. La *affordance* sería el uso potencial de un objeto en su relación con el entorno. Habría que notar que es una

sugerencia de uso, no de posesión. La relación entre un agente y su entorno permitida por una acción determinada es lo que se denomina “potencialidad” de esa acción. Según este principio, la función de una acción refleja las situaciones en las que la acción puede tener lugar y los posibles resultados cuando se realiza, dados tanto la estructura física de la acción como la estructura física del agente que interactúa. Acción y agente especifican esa “potencialidad” conjuntamente, constituyendo las causas inmediatas de la función percibida.

Capacidades o potencialidades suelen entenderse mejor en tanto que disposición causal para contribuir a algo (Cummins, 1975, 2000, 2002, Treur, 2005). La actividad social en una simulación del pasado se describe entonces en términos de *disposiciones* o *capacidades*, inspiradas en una serie de hipótesis previas acerca de los agentes implicados, sus posibles intenciones, actividades, acciones, conductas y productos, algunas de ellas racionales, otras claramente indeterminadas, impulsivas o inconscientes. El hecho de que la realización virtual en un mundo simulado de una acción  $A$ , en circunstancias  $T$ , tenga una probabilidad  $P$  de causar un cambio  $Y$  en cierta entidad  $N$  (agente social, comunidad de agentes sociales o la naturaleza misma), es una propiedad de la acción social  $A$ .

Se enfatiza el hecho de que entender lo que la gente hizo en el pasado significa entender la probabilidad con que realmente pudieron haberlo hecho. Dado que las personas son la causa directa de otras personas y de su conducta, tiene todo el sentido hablar acerca de una interpretación de la actividad social bajo la perspectiva de su función.

Lo que necesitamos para poder explicar la actividad social más allá de nuestro presente observable inmediato es un conocimiento para las potencialidades de la acción.

## AGRADECIMIENTOS

Esta investigación se enmarca en el proyecto HAR2009-12258, “*Experimentación y desarrollo de técnicas avanzadas de inteligencia artificial para la simulación computacional de la dinámica social y la evolución histórica*” así como el proyecto CSD2010-00034 “*Social and environmental transitions: Simulating the past to understand human behaviour (SimulPast)*”, (convocatoria CONSOLIDER-INGENIO 2010. Quiero expresar mi agradecimiento a los restantes investigadores e investigadoras del proyecto, así como a Florencia Del Castillo, Laura Mameli, Francesc J. Miguel, Juan M. Galán, Jose I. Santos y Xavier Vila, co-autores del programa de simulación que aquí se cita a título de ejemplo.

## BIBLIOGRAFÍA

- ADAMS, F.R. (1979): “A Goal-State Theory of Function Attributions”, *Canadian Journal of Philosophy* 9, pp. 493-518.
- ADAMS, B., BREAZEL, C., BROOKS, R.A., y SCASSELLATI, B. (2000): “Humanoid Robots: A New Kind of Tool”, *IEEE Intelligent Systems and Their Applications: Special Issue on Humanoid Robotics* 15, 4, pp. 25-31.
- ALTAWHEEL, M. y CHRISTIANSEN, J. (2004): “Simulating a Bronze Age City State Under Stress”, *Modeling Long-Term Culture Change, Workshop at the Santa Fe Institute, October 2004* <http://>

- oi.uchicago.edu/OI/PROJ/MASS/papers/SFI2004\_MASS\_2.pdf
- ALTAWHEEL, M., PAULETTE, T. y CHRISTIANSEN, J. (2006): "Modeling Dynamic Human Ecologies: Examples from Northern Mesopotamia" *BANEA conference*, Edinburgh <http://oi.uchicago.edu/OI/PROJ/MASS/papers/PresentationBanea.pdf>.
- ANDERSON, M.L. (2003): "Embodied Cognition: A Field Guide", *Artificial Intelligence* 149, pp. 91-130.
- AXELROD, R. (2003): "Advancing the Art of Simulation in the Social Sciences". *Japanese Journal for Management Information Systems* 12 (3).
- AXELROD, R. (2005): "Advancing the Art of Simulation in the Social Sciences", en *Handbook of Research on Nature Inspired Computing for Economy and Management* (J.-P. Rennard, ed.), Idea Group, Hersey (PA), pp. 16-22.
- BARCELÓ, J.A. (1999): "Verdader o Fals? La necessitat de la filosofia en Arqueologia", *Cota Zero: Revista d'Arqueologia i Ciència* 14, pp. 30-40.
- BARCELÓ, J.A. (2009a): "En defensa de una arqueología explícitamente científica", *Complutum* 20 (1), pp. 175-181
- BARCELÓ, J.A. (2009b): *Computational Intelligence in Archaeology*, Hershey (NY): The IGI Group.
- BARCELÓ, J.A., DEL CASTILLO, F., MAMELI, L., MORENO, E. y VIDELA, B. (2009): "Where Does the South Begin? Social Variability at the Southern Top of the World", *Arctic Anthropology* 46 (1-2), pp. 50-71.
- BARCELÓ, J.A., CUESTA, J.A., DEL CASTILLO, F. GALÁN, J.M., MAMELI, L., MIGUEL, F., SANTOS, J. I. y VILÀ, X. (2010): "Patagonian Ethnogenesis: towards a computational simulation approach", en *Proceedings of the 3rd World Congress on Social Simulation WCSS2010* CD-ROM, Kassel: Center for Environmental Systems Research, University of Kassel, pp. 1-9.
- BARCELÓ, J.A., DEL CASTILLO, F., MAMELI, L. y MORENO, E. (2008): "The Computer Simulation of Social Dynamics and Historical Evolution: The case of 'Prehistoric' Patagonia", en *Social Simulation and Artificial Societies Analysis. Proceedings of the 2nd Workshop on Social Simulation and Artificial Societies Analysis SSASA'08*, Aachen: CEUR-WORKSHOP PROCEEDINGS, 2008, pp. 1-19.
- BATESON, G. (1972): *Steps to an ecology of mind*, Chandler Publishing Company, London.
- BECHTEL, W. y RICHARDSON, R.C. (1993): *Discovering Complexity. Decomposition and Localization as Strategies in Scientific Research*, Princeton University Press, Princeton.
- BECKER, J., NIEHAVES, B. y KLOSE, K. (2005): "A Framework for Epistemological Perspectives on Simulation", *Journal of Artificial Societies and Social Simulation* 8, 4.
- BENTLEY, R.A., LAKE, M.W. y SHENNAN, S.J. (2005): "Specialisation and Wealth Inequality in a Model of a Clustered Economic Network", *Journal of Archaeological Science* 32, pp. 1346-1356.
- BOORSE, C. (1976): "Wright on Functions", *Philosophical Review* 85, pp. 70-86.
- BOORSE, C. (2002): "A Rebuttal on Functions", en *Functions. New Essays in the Philosophy of Psychology and Biology* (A. Ariew, R. Cummins y M. Perlman, eds.), Oxford University Press, Oxford.
- BROOKS, R. A. (1989): "How To Build Complete Creatures Rather Than Isolated Cognitive Simulators", en *Architectures for Intelligence* (K. VanLehn, ed.), Erlbaum, Hillsdale, NJ, pp. 225-239.
- BROOKS, R. A. (1991): "Intelligence Without Representation", *Artificial Intelligence Journal* 47, pp. 139-160.
- BROOKS, R. (1999): *Cambrian Intelligence: The Early History of the New AI*, The MIT Press, Cambridge (MA).
- BROOKS, R.A., BREAZEL (FERRELL), C., IRIE, R. KEMP, C., MARJANOVIC, M., SCASSELLATI, B. y WILLIAMSON, M. (1998): "Alternate Essences of Intelligence", *Proceedings of the Fifteenth National Conference on Artificial Intelligence (AAAI-98)*, Madison, Wisconsin, pp. 961-976.
- BROOKS, R.A., BREAZEL (FERRELL), C., MARJANOVIC, M., SCASSELLATI, B. y WILLIAMSON, M. (1999): "The Cog Project: Building a Humanoid Robot", en *Computation for Metaphors, Analogy, and Agents* (C. Nehaniv, ed.), Springer, New York, Lecture Notes in Artificial Intelligence 1562, pp. 52-87.
- BUNGE, M. (1972): *Causalidad*, EUDEBA, Buenos Aires.
- CALDAS, J.C. y COELHO, H. (1999): "The Origin of Institutions: Socio-economic Processes, Choice, Norms and Conventions", *Journal of Artificial Societies and Social Simulation* 2 (2).
- CASTELFRANCHI, C. (2000): "Engineering Social order", en *Engineering Societies in the Agents*

- World* (A. Omicini, R. Tolksdorf y F. Zambonelli, eds.), Springer, Berlin (Lecture Notes in Computer Science, No. 1972).
- CECCONI, F., PARISI, D., ANTINUCCI, F. y NATALE, F. (2006): "Simulating the Expansion of Farming and the Differentiation of European Languages", en *Origin and Evolution of Languages: Approaches, Models, Paradigms* (B. Laks, ed.), 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 & Virtual Environments* 15 (3), pp. 341-352.
- CHAIGNEAU, S.E., BARSALOU, L.W. y SLOMAN, A. (2004): "Assessing the Causal Structure of Function", *Journal of Experimental Psychology: General* 133 (4), pp. 601-625.
- CHRISTIANSEN, J. y ALTAWHEEL, M. (2005): "Agent-Based Holistic Simulations of Bronze Age Mesopotamian Settlement Systems", en *The world is in your eyes. Computer Applications in Archaeology 2005 Proceedings* (A. Figueiredo y G. Velho, eds.), CAA-Portugal, Tomar (Portugal).
- CHRISTIANSEN, J. y ALTAWHEEL, M. (2006a): "Understanding Ancient Societies: A New Approach Using Agent-Based Holistic Modeling", *Structure and Dynamics: Journal of Anthropological and Related Sciences*, volume 1, Issue 2, Article 7.
- CHRISTIANSEN, J. y ALTAWHEEL, M. (2006b): "Simulation of Natural and Social Process Interactions: An example from Bronze Age Mesopotamia", *Social Science Computer Review* 24(2), pp. 209-226.
- CIOFFI-REVILLA, C. (2010): "A Methodology for Complex Social Simulations", *Journal of Artificial Societies and Social Simulation* 13 (1), 7.
- CLANCEY, W.J. (1997): *Situated Cognition: On Human Knowledge and Computer Representations*, Cambridge University Press, Cambridge (UK).
- CLARK, A. (1993): *Associative Engines. Connectionism, Concepts, and Representational Change*, The MIT Press, Cambridge (MA).
- CONTE, R. y GILBERT, N. (1995): "Computer Simulation for Social Theory", *Artificial Societies: The Computer Simulation of Social Life* (N. Gilbert y R. Conte, eds.), UCL Press, London.
- 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* 4 (4).
- COSTOPOULOS, A. (2002): "Playful Agents, Inexorable Process: Elements of a Coherent Theory of Iteration in Anthropological Simulation", *Archeologia e Calcolatori* 13, pp. 259-266.
- CRICHTON, M. (1999): *Rescate en el Tiempo* (trad. Castellana), Plaza & Janés Editores, Barcelona.
- CUMMINS, R. (1975): "Functional Analysis", *Journal of Philosophy* 72/20, pp. 741-765.
- CUMMINS, R. (2002): "Neo-Teleology", en *Functions. New Essays in the Philosophy of Psychology and Biology* (A. Ariew, R. Cummins y M. Perlman, eds.), Oxford University Press.
- DARDEN, L. (2002): "Strategies for Discovering Mechanisms: Schema Instantiation, Modular Subassembly, Forward/Backward Chaining", *Philosophy of Science* 69, pp. 354-365.
- DAVIDSSON, P. (2000): Multi Agent Based Simulation: Beyond Social Simulation, en *Multi-Agent-Based Simulation* (S. Moss y P. Davidsson, eds.), Berlin, Springer-Verlag (Lecture Notes in Computer Science, 1979).
- DAVIDSSON, P. (2001): "Categories of artificial Societies", en *Engineering Societies in the Agents World II* (A. Omicini, P. Petta y R. Tolksdorf, eds.), Berlin, Springer (Lecture Notes in Computer Science, 2203).
- DAVYDOV, V. (1999): "The content and unsolved problems of activity theory", en *Perspectives on Activity Theory* (Y. Engeström, R. Miettinen y R.L. Punamäki, eds.), Cambridge University Press.
- DAWSON, M.R.W. (2004): *Minds and Machines. Connectionism and Psychological Modeling*, Blackwell Pub, London.
- DEAN, J. S., GUMERMAN, G.S., EPSTEIN, J.E., AXTELL, R., SWEDLUND, A.C., PARKER, M.T. y MCCARROLL, S. (2000): "Understanding Anasazi Culture Change through Agent-Based Modeling", en *Dynamics in Human and Primate Societies: Agent-Based Modeling of Social and Spatial Processes* (T. A. Kohler y G. J. Gumerman, eds.), Santa Fe Institute y Oxford University Press.
- DEL CASTILLO, F., BARCELÓ, J.A., MAMELI, L. y MORENO, E. (2010): "Etnicidad en cazadores-recolectores patagónicos: enfoques desde la simulación computacional", *Revista Atlántica*

- Mediterránea de Prehistoria y Arqueología Social* 12, pp. 1-33.
- DORAN, J.E. (1997): "Distributed Artificial Intelligence and Emergent Social Complexity", en *Time, Process and Structured Transformation in Archaeology* (S. E. van de Leeuw y J. McGlade, eds.), Routledge, London ("One World Archaeology" series, vol 26), pp. 283-297.
- DORAN, J.E. (1999): "Prospects for Agent-Based Modelling in Archaeology", *Archeologia e Calcolatori* 10, pp. 33-44.
- DORAN, J.E. (2000): "Trajectories to Complexity in Artificial Societies", en *Dynamics in Human and Primate Societies* (A. Kohler y G. Gumerman, eds.), Santa Fe Institute y Oxford University Press.
- DORAN, J.E. y PALMER, M. (1995a): "The EOS Project: Integrating Two Models of Palaeolithic Social Change", en *Artificial Societies: the Computer Simulation of Social Life* (N. Gilbert y R. Conte, eds.), UCL Press, London, pp. 103-125.
- DORAN, J.E. y PALMER, M. (1995b): "The EOS Project: Modelling Prehistoric Sociocultural Trajectories", en *Aplicaciones informáticas en Arqueología: Teoría y Sistemas Vol. I* (Proceedings of First International Symposium on Computing and Archaeology, Paris 1991), Gastiburu, S.L., Bilbao, pp. 183-198.
- DORAN, J.E. y GILBERT, G. N. (1994): "Simulating societies: An introduction", en *Simulating societies: The computer simulation of social phenomena* (G. N. Gilbert y J.E. Doran, eds.), UCL Press, London.
- DOYLE, J., (2006): *Extending Mechanics to Minds. The Mechanical Foundations of Psychology and Economics*, Cambridge University Press, Cambridge (UK).
- DRECHSLER, P. y TIEDE, D. (2007): "The Spread of Neolithic Herders –A Computer Aided Modeling Approach", en *The World is in your eyes. Computer Applications in Archaeology* (A. Figueiredo y G. Velho, eds.), Tomar (Portugal). CAAPortugal, pp. 231-236.
- DRENNAN, M. (2005): "The Human Science of Simulation: a Robust Hermeneutics for Artificial Societies", *Journal of Artificial Societies and Social Simulation* 8 (1).
- EMBERLING, G., (1997): "Ethnicity in Complex Societies: Archaeological Perspectives", *Journal of Archaeological Research* 5, pp. 295-344.
- ENGEL, A.K. y KÖNIG, P. (1998): "Paradigm Shifts in the Neurobiology of Perception", en *Intelligence and Artificial Intelligence. An Interdisciplinary Debate* (U. Ratsch, M.M. Richter y I.-O. Stamatescu, eds.), Springer, Berlin.
- ENGESTRÖM, Y. (1987): *Learning by Expanding. An Activity-Theory Approach to Developmental Research*, Orienta-Konsultit, Helsinki.
- ENGESTRÖM, Y. (1999): "Activity Theory and Individual Social Transformation", en *Perspectives on Activity Theory* (Y. Engeström, R. Miettinen y R.L. Punamäki, eds.), Cambridge University Press, Cambridge (UK).
- EPSTEIN, J.-M. (2006): *Generative social science. Studies in agent-based computational modelling*, Princeton University Press.
- EPSTEIN, J. y AXTELL, R. (1996): *Growing Artificial Societies: Social Sciences from the Ground Up*, Cambridge: MIT Press and Washington: Brookings Institution Press.
- FERNÁNDEZ, J. (2003): "Explanation by Computer Simulation in Cognitive Science", *Minds and Machines* 13, pp. 269-284,
- FRANKLIN, S. (1995): *Artificial Minds*, The MIT Press, Cambridge (MA).
- GIBSON, J.J. (1979): *The ecological approach to visual perception*, Houghton Mifflin, Boston, MA.
- GILBERT, N. (1998): "Simulation: An Introduction to the Idea", en *Computer Simulations in Science and Technology Studies* (P. Ahrweiler y N. Gilbert, eds.), Springer, Berlin, pp. 1-14.
- GILBERT, N. (2000): "The Simulation of Social Processes", en *Modèles et Systèmes Multi-Agents pour la Gestion de l'Environnement et des Territoires* (N. Ferrand, ed.), Cemagref Editions, Clermont-Ferrand, pp. 121-137.
- GILBERT, N. (2008): *Agent-Based Models*, Sage Publishers, Thousand Okas, CA.
- GILBERT, N. y TROITZSCH, K. (2005): *Simulating for the social scientist*, Maidenhead, The Open University Press.
- GLENNAN, S. (2002): "Rethinking Mechanistic Explanation", *Philosophy of Science* 69, pp. 342-353.
- GOLDSPINK, C. (2002): "Methodological Implications Of Complex Systems Approaches to Sociality: Simulation as a foundation for knowledge", *Journal of Artificial Societies and Social Simulation* 5 (1).

- GOLDTHORPE, J.H. (2000): *On sociology: numbers, narratives, and the integration of research and theory*, Oxford University Press.
- GUMERMAN, G.J., SWEDLUND, A.C., DEAN, J.S. y EPSTEIN J.S. (2003): "The Evolution of Social Behavior in the Prehistoric American Southwest", *Artificial Life* 9(4), pp. 435-444.
- HEDSTRÖM, P. (2005): *Dissecting the Social: On the Principles of Analytical Sociology*, Cambridge University Press.
- HENDRIKS-JANSEN, H. (1996): *Catching Ourselves in the Act. Situated Activity, Interactive Emergence, Evolution, and Human Thought*, The MIT Press, Cambridge (MA).
- HOLLAND, O. E y MCFARLAND, D. (2001): *Artificial Ethology*, Oxford University Press.
- INVERNO, M. D'. y LUCK., M. (2003): *Understanding Agent Systems*, Berlin, Springer.
- IYIDA, F., PFEIFFER, R., STEELS, L. y KUNIYOSHI, Y. (eds.) (2004): *Embodied Artificial Intelligence*, Springer, Lecture Notes in Artificial Intelligence, Berlin,
- JANSSEN, M.A., SEPT, J.M. y GRIFFITH, C.S. (2005): "Foraging of *Homo Ergaster* and *Australopithecus Boisei* in East African environments", *NAACSOS Conference 2005, June 26-28, 2005, Notre Dame, Indiana, USA, Annual Conference of the North American Association for Computational Social and Organizational Science*.
- JOHNSON, C. D., KOHLER, T.A. y COWAN, J.A. (2005): "Modeling Historical Ecology, Thinking about Contemporary Systems", *American Anthropologist* 107, pp. 96-108.
- JONES, S. (1997): *The archaeology of ethnicity*, Routledge, London.
- KIM, S. (2001): "Physical process theories and token-probabilistic causation", *Erkenntnis* 54, pp. 235-245.
- KITAMURA, Y. y MIZOGOUCI, R. (1999): *An Ontology of Functional Concepts of Artifacts*, Artificial Intelligence Research Group. The Institute of Scientific and Industrial Research. Osaka University (AI-TR-99-1), <http://www.ei.sanken.osaka-u.ac.jp/pub/kita/kita-tr9901.pdf>.
- KLÜVER, J., STOICA, C. y SCHMIDT, J. (2003): "Formal Models, Social Theory and Computer Simulations: Some Methodical Reflections", *Journal of Artificial Societies and Social Simulation* 6 (2).
- KOHLER, T. (2003): "Agent-Based Modeling of Mesa Verde Region Settlement Systems: Introduction", Paper presented in 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, April, <http://www.wsu.edu/%7Evillage/Kohler%20SAA%20%2703.pdf>
- KOHLER, T.A. y CARR, E. (1997): "Swarm-based Modeling of Prehistoric Settlement Systems in Southwestern North America", en *Proceedings of Colloquium II, UISPP, XIIIth Congress, Forli, Italy, Sept 1996* (I. Johnson y M. North, eds.), Sydney University Archaeological Methods Series 5, Sydney University, Sydney, Australia.
- KOHLER, T. y GUMMERMAN, G. (eds.) (2000): *Dynamics in Human and Primate Societies*, Santa Fe Institute Studies in the Sciences of Complexity, Oxford University Press.
- KOHLER, T.A., KRESL, J., VAN WEST, C.R., CARR, E. y WILSHUSEN, R. (2000): "Be There Then: A Modeling Approach to Settlement Determinants and Spatial Efficiency Among Late Ancestral Pueblo Populations of the Mesa Verde Region, U.S. Southwest", en *Dynamics in Human and Primate Societies: Agent-Based Modeling of Social and Spatial Processes* (T. A. Kohler y G. J. Gumerman, eds.), Santa Fe Institute and Oxford University Press, pp. 145-178.
- KOHLER, T. A. GUMERMAN, G.A. y REYNOLDS, R.G. (2005): "Simulating Ancient Societies", *Scientific American* 293, pp. 77-84.
- KOHLER, T.A. y YAP, L. (2003) "Modeling Reciprocal Exchange in Southwestern Societies", Paper presented at the *68th Annual Meeting of the Society for American Archaeology, Milwaukee, WI*, <http://www.wsu.edu/%7Evillage/Kohler%20&%20Yap%20SAA%202003.pdf>
- KOHLER, T.A., JOHNSON, C.D., VARIEN, M., ORTMAN, S., REYNOLDS, R., KOBTI, Z., COWAN, J., KOLM, K., SMITH, S. y YAP, L. (2007) "Settlement Ecodynamics in the Prehispanic Central Mesa Verde Region", en *Model-Based Archaeology of Socionatural Systems* (T.A. Kohler y S.E. van der Leeuw, eds.), SAR Press.
- KONDRASHIN, I.I. (1997): *Dialectics of matter*, The Petland Press, Durhan (UK).
- KUZNAR, L.A. y SEDLMEYER, R. (2005): "Collective Violence In Darfur: An Agent-Based Model Of Pastoral Nomad/Sedentary Peasant Interaction", *Mathematical Anthropology And Cultural Theory: An International Journal* 1 (4).

- LAKE, M. W., (2000a): "MAGICAL Computer Simulation of Mesolithic Foraging", en *Dynamics in Human and Primate Societies: Agent-Based Modelling of Social and Spatial Processes (T.A. Kohler y G.J. Gumerman, eds.)*, Oxford University Press, pp. 107-143.
- LAKE, M. W. (2000b): "MAGICAL Computer Simulation of Mesolithic Foraging on Islay", en *Hunter-Gatherer Landscape Archaeology: The Southern Hebrides Mesolithic Project, 1988-98* (S.J. Mithen, ed.), volume 2: Archaeological Fieldwork on Colonsay, Computer Modelling, Experimental Archaeology, and Final Interpretations, The McDonald Institute for Archaeological Research, Cambridge, pp. 465-495.
- LEONT'EV, A. (1974): "The Problem of Activity in Psychology", *Soviet Psychology* 13 (2), pp. 4-33.
- LEYTON, M. (1992): *Symmetry. Causality, Mind*, The MIT Press, Cambridge (MA).
- LUCY, S., (2005): "Ethnic and Cultural Identities", en *The Archaeology of Identity* (M. Díaz-Andreu, S. Lucy, S. Babic y D.N. Edwards, eds.), Routledge, London, pp. 86-109.
- MACHAMER, P. (2002): "Activities and Causation", *Philosophy of Science Assoc. 18th Biennial Mtg - PSA 2002: PSA 2002 Workshops* (<http://philsci-archive.pitt.edu/archive/00000864/>).
- MACHAMER, P., DARDEN, L. y CRAVER, C. (2000): "Thinking about Mechanisms", *Philosophy of Science* 67, pp. 1-25.
- MAINZER, K. (2004): *Thinking in Complexity. The Computational dynamics of Matter, Mind, and Mankind*, Berlin, Springer.
- MEEKER, B. F. (2002): "Some Philosophy of Science Issues in the Use of Complex Computer Simulation Theories", en *The Growth of Social Knowledge: Theory, Simulation, and Empirical Research in Group Processes* (J. Szmátka, M. Lovaglia y K. Wysienska, eds.), Westport, CT and London: Praeger.
- MITHEN, S.J. y REED, M. (2002): "Stepping Out: A Computer Simulation of Hominid Dispersal from Africa", *Journal of Human Evolution* 43, pp. 433-462.
- MOSS, S. y EDMONDS, B. (2005): "Sociology and simulation: Statistical and qualitative cross-validation", *American Journal of Sociology* 110 (4), pp. 1095-1131.
- NAGEL, E. (1961): *The Structure of Science: problems in the logic of scientific explanation*, Routledge and Kegan Paul, London
- NARDI, B.A. (1996): "Studying Context: A Comparison of Activity theory, Situated Action Models and Distributed Cognition", en *Context and Consciousness. Activity Theory and Human-Computer Interaction* (B.A. Nardi, ed.), The MIT Press, Cambridge (MA).
- OSSOWSKI, S. (1999): *Co-ordination in Artificial Agent Societies. Social Structures and Its Implications for Autonomous Problem-Solving Agents*, Berlin, Springer, Series: Lecture Notes in Computer Science, vol. 1535.
- PARISI, D., CECCONI, F. y NATALE, F. (2003): "Cultural Change in Spatial Environments: The Role of Cultural Assimilation and of Internal Changes in Cultures", *Journal of Conflict Resolution* 47, pp. 163-179.
- PFEIFFER, R. y SCHEIER, C. (1999): *Understanding Intelligence*, The MIT Press, Cambridge (MA).
- POWERS, T. (1983): *Las puertas de Anubis* (trad. castellana), Ediciones Gigamesh, Barcelona.
- PREMO, L. S. (2005): "Patchiness and Prosociality: An Agent-based Model of Plio/Pleistocene Hominid Food Sharing", en *Multi-Agent and Multi-Agent-Based Simulation* (P. Davidsson, K. Takadama y B. Logan, eds.), Springer, Berlin Lecture Notes in Artificial Intelligence, volume 3415, pp. 210-224.
- READ, D. (2003) "Emergent Properties in Small-scale Societies", *Artificial life* 9 (4), pp. 419-434.
- REYNOLDS, R., WHALLON, R y 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*, 4, [http://jom-emit.cfpm.org/2001/vol4/reynolds\\_r&al.html](http://jom-emit.cfpm.org/2001/vol4/reynolds_r&al.html)
- SALMON, W. (1998): *Causality and Explanation*, Oxford University Press.
- SAWYER, R.K. (2005): *Social Emergence: Societies As Complex Systems*, Cambridge University Press.
- SEPT, J.M., GRIFFITH, C.S. y LONG, B. (2007): "HOMINIDS: An Agent Based Model of Plio-Pleistocene Hominid Foraging Behaviour", en *Layers of Perception. Computer Applications in Archaeology 2007 Berlin Conference proceedings*, Rudolf von Habern Verlag, Bonn.
- SUN, R., (2006): *Cognition and Multi-Agent Interaction: From Cognitive Modeling to Social Simulation*, Cambridge University Press.

- THAGARD, P. (1988): *Computational Philosophy of Science*, The MIT Press, Cambridge (MA).
- TROITZSCH, K. G. (2009): "Social Processes, Simulation Models of", en *Encyclopedia of Complexity and Systems Science* (R. Meyers, ed.), Bd. 9. S., pp. 8405-8420.
- VAART, E. VAN DER, HANKEL, A., DE BOER, B. y 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), pp. 750-761.
- WILLIS, C. (1993): *El libro del Día del Juicio Final* (trad. castellana), La Factoria de Ideas, Barcelona.
- WOBCKE, W. (1998): "Agency and the Logic of Ability", en *Agents and Multi-Agent Systems: Formalisms, Methodologies, and Applications* (W. Wobcke, M. Pagnucco y C. Zhang, eds.), Springer, Berlin (Lecture Notes of Computer Science, 1441).
- WOOLDRIDGE, M. (2000): *Reasoning about Rational Agents*, Cambridge The MIT Press.
- ZINCHENKO, V.P. (1996): "Developing Activity Theory: The Zone of Proximal Development and Beyond", en *Context and Consciousness. Activity Theory and Human-Computer Interaction* (B.A. Nardi, ed.), The MIT Press, Cambridge (MA).