

NORMAS EN SOCIEDADES CAZADORAS-PESCADORAS-RECOLECTORAS. ARGUMENTOS PARA EL USO DE LA SIMULACIÓN SOCIAL BASADA EN AGENTES

Norms in hunter-fisher-gatherer societies. Grounds for agent-based social simulation

DAVID DE LA CRUZ*, JORDI ESTÉVEZ**, PABLO NORIEGA*, MANUELA PÉREZ***, RAQUEL PIQUÉ**, JORDI SABATER-MIR*, ASUNCIÓN VILA*** y DANIEL VILLATORO*

RESUMEN El uso de simulación de agentes dirigida en arqueología tiene, relativamente, una larga tradición. Sin embargo, estas simulaciones han estado orientadas, principalmente, a estudiar los procesos espaciales y la gestión de los recursos y sistemáticamente han hecho caso omiso de un aspecto esencial de toda sociedad: el uso de las normas sociales e institucionales como mecanismo para regular el comportamiento de los individuos. En este artículo se propone una norma centrada en la simulación (en contraste con la simulación tradicional centrada en los recursos) donde el sistema normativo es a la vez el núcleo de la simulación y el objeto de estudio. Nuestro objetivo final es establecer las bases de un modelo general del comportamiento social de una sociedad cazadora-pescadora-recolectora (CPR) sin instituciones políticas, pero con estrictas normas sociales.

Palabras claves: Simulación Basada en Agentes, Sistemas Normativos, Sociedades Cazadoras-Pescadoras-Recolectoras.

ABSTRACT The use of agent-directed simulation in archaeology has a relatively long tradition. However, these simulations have been always oriented mainly to study spatial processes and resource management and systematically ignore an essential aspect of any society: the use of social and institutional norms as a mechanism to regulate the behaviour of the individuals. In this paper we propose a norm-centric simulation (in contrast to the traditional resource-centric simulation) where the normative system is both the core of the simulation and the subject of study. Our final goal is to set the foundations of a rather general model of social behaviour in a hunter-fisher-gatherer (HFG) society without political institutions but with strict social norms.

Key words: Agent Directed Simulation, Normative systems, Hunter-Fisher-Gatherer societies.

* IIIA - CSIC, España. David de la Cruz. davdela@iia.csic.es; Pablo Noriega. pablo@iia.csic.es; Jordi Sabater-Mir. jsabater@iia.csic.es; Daniel Villatoro. dvillatoro@iia.csic.es

** UAB, España. Jordi Estévez. Jordi.Estevez@uab.es; Raquel Piqué. raquel.pique@uab.cat

*** IMF - CSIC, España. Manuela Pérez. manuela.perez70@gmail.com; Assumpció Vila. avila@imf.csic.es

Fecha de recepción: 14-10-10. Fecha de aceptación: 20-01-11

1. INTRODUCCIÓN

Las relaciones que las personas adoptan para conseguir lo que necesitan o desean para su subsistencia y para reproducir su sociedad son el rasgo esencial que caracteriza y distingue a las diferentes sociedades humanas.

Relaciones como la división sexual del trabajo y la asimetría social están presentes en todas las sociedades cazadoras-pescadoras-recolectoras recientes (CPR de ahora en adelante) y pueden tener fundamentos biológicos, pero ciertamente son moduladas por las normas sociales, como lo demuestra la gran variabilidad en la morfología y en la intensidad de los diferentes casos (Brightman, 1996).

El análisis de la explotación de recursos ha sido el principal tema de estudio en arqueología. Sin embargo, la organización para la reproducción (biológica y social) ha sido dejada de lado debido a su supuesta invisibilidad arqueológica. Sostenemos que esta organización para la reproducción es el principal marco estructurador de una sociedad, por lo tanto, un objetivo necesario de la investigación arqueológica sobre las sociedades prehistóricas. Nos hemos centrado en esta cuestión con un paradigma metodológico diferente utilizando la etnoarqueología. En particular, hemos estudiado sociedades CPR de Tierra del Fuego durante 20 años (Estévez y Vila, 1996; Estévez *et al.*, 2007).

Como primer paso de nuestro plan de trabajo, recopilamos y analizamos críticamente las extensas fuente etnográficas sobre la zona y sus habitantes. Hemos sintetizado el conjunto de normas sociales que organizaban a las personas del grupo Yámana / yaganes que vivían en las costas más australes del archipiélago de Tierra del Fuego (Gusinde, 1937, Orquera y Pianam, 1999, Hyades y Deniker, 1891). Estas normas serán las que utilizaremos como base de estas simulaciones basadas en agentes.

La población llamada Yámana estaba formada por sociedades CPR que vivían en las costas del archipiélago de Tierra del Fuego, donde desarrollaron sobre todo estrategias de explotación de recursos litorales y costeros a través de un conjunto instrumental bien específico. La existencia de la división del trabajo en base al sexo entre CPR de Tierra del Fuego ha sido bien documentada etnográficamente, aunque subjetivamente calificada y no evaluada, por los etnógrafos. La sociedad Yámana no se organizó en tribus. La unidad de producción básica se movía de forma permanente (sóla o con otras unidades de unos pocos miembros). Reuniones más numerosas (entre 50 y 70 personas) nunca fueron de larga duración.

No hubo poder central o gobierno institucionalizado pero la supremacía de los hombres, evidente y no discutida, fue sostenida por la autoridad del padre (una figura masculina) en cada unidad social. Este orden social basado en la discriminación de las mujeres era reforzado de vez en cuando mediante el bien descrito espectáculo del *Kina*, ceremonia de reproducción-recordatorio ideológica destinada a reforzar la autoridad general de los varones.

Las estrategias de explotación de recursos se organizaron mediante una estricta división sexual del trabajo. Pero las normas sociales relacionadas con los procesos de trabajo en concreto (quién hace qué y cómo) no estaban tan claramente establecidas. Eran simplemente parte de la vida cotidiana y se aprendían desde la infancia. Todas las normas sociales, los modelos de vida diaria y del comportamiento social para pro-

ducción eran explícitamente recordados y reforzados una sola vez en la vida de los adolescentes de ambos sexos durante la ceremonia de *Ciexaus*, que igual que la del *Kina* tenemos descrita exhaustivamente en la literatura etnográfica.

El poder de decisión pertenecía a los hombres. Esta situación asimétrica era justificada por la división social-sexual del trabajo que permitía una desigual valoración de los aportes subsistenciales por parte de mujeres y hombres y el control sobre las reproductoras (Vila y Ruiz, 2001).

Tras haber tratado la desigualdad y la explotación registradas etnográficamente, quisimos analizar estas fuentes de modo más objetivo, cuantificando la desigualdad entre sexos. Nuestro primer intento, KIPA, se basó en la aplicación de una red neuronal (Barceló, *et al.*, 1994). A pesar de que obtuvimos resultados prometedores, no tuvimos éxito en la modelización de la dinámica del sistema y las relaciones sociales.

En este artículo se presentan nuestros esfuerzos actuales: una aproximación a la organización de la reproducción utilizando sistemas multiagente para modelar el comportamiento de los individuos y las normas que rigen la sociedad regulando sus interacciones.

Estamos desarrollando una simulación social, denominada *YamanaSim*, que pretende representar una sociedad CPR a partir de las normas Yámana conocidas. El modelo nos permitirá estudiar el funcionamiento de una sociedad de un modo experimental y, por tanto, adelantar algunas hipótesis o explicaciones de sus características distintivas o definitorias.

El objetivo de nuestro trabajo hasta ahora ha sido establecer las bases para un modelo general de la conducta social de una sociedad CPR sin instituciones políticas pero con estrictas normas sociales. Hemos empezado por modelar un aspecto social fundamental: las normas para la reproducción social y biológica.

2. ESTADO DE LA CUESTIÓN

Desde hace más de 30 años en arqueología se han hecho ensayos sobre simulación de la conducta de los individuos. Hasta el momento, se ha aplicado el uso de sistemas multiagentes en sociedades antiguas principalmente para analizar procesos espaciales y la gestión de recursos (Lake, 2000, Kohler *et al.*, 2000).

De la extensa literatura existente en este campo, los trabajos más influyentes que utilizan el enfoque de sistemas multiagente son los siguientes:

El Proyecto EOS (Doran y Palmer, 1995) es uno de los trabajos clásicos, sea por ser el primero, sea por su original enfoque. Desarrolló un simulador computacional que ayudó en la interpretación de algunos supuestos arqueológicos sobre el aumento de la complejidad social durante el Paleolítico superior en el sudoeste de Francia. La principal contribución del trabajo de Doran es describir cómo un conjunto de agentes forma jerarquías a fin de obtener los recursos que podrían encontrar en un ambiente en el que se podían mover libremente. El modelo de Doran es uno de los primeros en que los agentes adoptan alguna organización social con el fin de alcanzar una meta común.

TongaSim (Small, 1999) modeló la sociedad Tonga (Polinesia Occidental) para explicar por qué la creciente estratificación no se tradujo en una devaluación de la condición de la mujer. El principal objetivo de la simulación era probar si las relaciones *fahu* (basadas en la posición espiritual superior de la hermana sobre el hermano y de los hijos de la hermana sobre el hermano y sus hijos) se convertían en problemáticas al aparecer de la guerra, y como consecuencia en el modelo se produce la estratificación.

Basado en el modelo Sugarscape desarrollado por Epstein y Axtell (1996), nos encontramos con el trabajo de Dean (Dean *et al.*, 2000). En él se presenta un modelo que describe la dinámica poblacional de los Anasazi en la Casa del Valle Largo en Arizona entre los años 800 y 1350 de nuestra era.

Más cerca de nuestro trabajo actual está el de Villatoro y Sabater-Mir (2007) donde los autores desarrollan un algoritmo genético que selecciona el conjunto de normas sociales que optimiza la esperanza de vida media de una población.

En todos estos modelos, sin embargo, los agentes son autómatas celulares simples, sólo con un conjunto de reglas que fijan su comportamiento en el *nivel micro*, lo que resulta en un *comportamiento macroscópico*. Otra limitación importante que todos estos modelos comparten es que hacen caso omiso de un aspecto esencial de toda sociedad: el uso de las normas sociales e institucionales, como mecanismo para regular el comportamiento de los individuos. En estas simulaciones, tales normas son por lo general implícitamente representadas en los parámetros de la simulación. Dado que las normas no son explícitas y a los agentes de la aplicación se les da una racionalidad limitada, los individuos no pueden decidir si seguir o no una norma.

3. MODELO CONCEPTUAL

En este trabajo proponemos un enfoque para el diseño de simulaciones multiagente de las sociedades humanas en el que el sistema normativo es tanto el núcleo como el tema principal de la investigación de la simulación. En otras palabras, el objetivo de las simulaciones es responder a preguntas como: ¿Cómo determina el sistema normativo la viabilidad de una sociedad? ¿Qué normas son esenciales para su sostenibilidad en ese ambiente específico? ¿Podrían otros sistemas normativos tener el mismo efecto sobre la sociedad en ese ambiente? ¿Hasta qué punto el sistema normativo contribuye a la sostenibilidad y la prosperidad de una sociedad?

En contraste con otros simuladores más tradicionales en arqueología —centrados en los recursos y su gestión— nuestra atención se centra en las interacciones entre los individuos y la regulación de las interacciones a través de normas. En nuestro enfoque el sistema normativo establece lo que un agente debe y no debe hacer, pero, al mismo tiempo, un agente es libre de seguir o no las normas de acuerdo con sus metas personales.

3.1. Esferas de interacción, normas y niveles normativos

El entorno de simulación en el YamanaSim se divide en lo que llamamos *las esferas de interacción*. Una *esfera de interacción* es un espacio donde las personas interactúan en torno a actividades cohesionadas. Ejemplos de *esferas de interacción* son la reproducción, la vida social, la resolución de conflictos y la gestión de los recursos. Cada *esfera de interacción* está regulada por su conjunto de normas.

En un momento dado una persona es activa en una o varias *esferas de interacción*. El comportamiento de un agente en cada *esfera de interacción* está determinado por sus objetivos actuales, su estado interno y el conjunto de normas que regulan esta *esfera de interacción*. Mientras que los objetivos y el estado interno son específicos de cada agente, las normas que regulan el comportamiento son comunes y, se supone, conocidas por todos los agentes en la simulación.

Una norma en nuestro simulador tiene un conjunto de antecedentes y un conjunto de consecuentes. Puede haber dos tipos de antecedentes en una norma: datos sobre el estado interno del agente o las relaciones del agente con otros miembros de la sociedad (por ejemplo, “*edad <13*”) y las acciones que se deben realizar si la norma se activa (por ejemplo “*ir de caza*”). Si todos los antecedentes se satisfacen (en nuestro ejemplo que el agente de la edad está por debajo de 13 y el agente decide “*ir de caza*”), los consecuentes reflejan: (i) cómo el estado interno del agente va a cambiar y (ii) si hay algunas acciones que se llevarán a cabo como consecuencia. La norma también puede tener consecuentes que se activarán si la norma no se observa. Las acciones en los consecuentes inducirán nuevos cambios (principalmente en las personas asociadas directamente a la norma) en el estado interno del agente una vez que se realizan. Un ejemplo de una norma es:

“Si un hombre está casado y su esposa tiene un muy bajo nivel de prestigio el hombre puede divorciarse. En ese caso la mujer caerá en descrédito. Si el hombre no se divorcia va a perder crédito frente a los demás miembros de la sociedad”

Esta norma se puede formalizar como:

Antecedentes:

- Hechos: el hombre (X), mujer (Y), casado (X, Y), prestigio (Y) <bajo
- Acciones: el divorcio (X, Y)

Si se observa:

- eliminar (casado (X, Y)), prestigio (X) =, prestigio (Y) - -

Si no se observa:

- prestigio (X) - -
- Donde el prestigio (X) - -, el prestigio (X) = significa que el prestigio de la persona disminuirá o permanecerá igual, respectivamente.

Es decir, si hay un hombre y una mujer, que están casados (como se refleja en la red social), el prestigio de la mujer es muy bajo y el hombre decide divorciarse, entonces la relación de “casado” se retira de la red social, el prestigio del hombre no se toca y el prestigio de la mujer disminuye aún más. Si la norma no se respeta (el hombre decide no divorciarse), entonces el prestigio del hombre disminuye.

Las normas en cada *esfera de interacción* se organizan en los *niveles normativos*. Se distinguen tres niveles normativos diferentes:

- **Nivel básico.** Aquí nos encontramos con todas las normas impuestas por la naturaleza del individuo. En este nivel se encuentran dos tipos de normas: las normas biológicas como, por ejemplo, “Una mujer no se convierte en fértil hasta que tenga la primera menstruación” y las normas sociales básicas, que aunque no son biológicas asumimos que también forman parte de la naturaleza del individuo. Las normas en este nivel tienen sólo hechos como antecedentes por lo que el agente no puede influir en su activación. Sin embargo, como veremos, el agente puede decidir seguir las normas que pertenecen a niveles normativos más altos que pueden cancelar la activación de las normas en este nivel.
- **Nivel social.** Las normas en este nivel son normas dictadas por la sociedad en su conjunto. No existe una autoridad central o institución que imponga su observancia o no, pero seguir o no una de estas normas por lo general tiene consecuencias en términos de cómo el individuo será considerado entre los demás miembros de la sociedad. La posición social de un individuo influye en el tipo, frecuencia y calidad de las interacciones que puede tener.
- **Nivel institucional.** Por último, en este nivel se encuentran las normas dictadas por las autoridades centrales y las instituciones. Aparte de las consecuencias sociales frente al resto de la sociedad, no seguir una de estas normas implica normalmente sanciones procedentes de la autoridad central.

Las normas en el nivel básico definen el *comportamiento por defecto* del agente. Los niveles social e institucional modulan este comportamiento predeterminado mediante el refuerzo o la restricción de conductas específicas. En nuestro modelo un individuo puede decidir seguir o no las normas en los niveles institucional y social y, con ello, modificar el comportamiento predeterminado.

3.2. Redes sociales

Además de las tres construcciones que acabamos de mencionar —el estado de las variables internas de un agente, sus metas personales y la normativa del sistema— hay un cuarto elemento que determina el comportamiento de un individuo en nuestro modelo: las relaciones sociales.

Una red social es un grafo que representa las relaciones sociales entre los miembros de una sociedad (de parentesco, por ejemplo). Los nodos del grafo representan individuos y las aristas, la existencia de una relación entre ellos. Las aristas pueden

ser ponderadas para representar la fuerza de la relación. Suponemos que todos los miembros de la sociedad conocen estas redes sociales.

3.3. El modelo de agente

En nuestro simulador un agente se define por un conjunto de variables internas que describen el estado del agente en cada paso de la simulación (Tabla I). Los agentes también tienen metas personales y la satisfacción de esos objetivos es su *razón de ser*. Cada objetivo tiene un *grado* asociado que representa la importancia de ese objetivo para el agente.

TABLA I
ALGUNAS DE LAS VARIABLES QUE DEFINEN A UN AGENTE EN EL SIMULADOR YAMANASIM.

| <i>Variable</i> | <i>Valor</i> |
|------------------------|---|
| Género | [masculino, femenino] |
| Edad | [0,120] int |
| Salud | [mala, regular, buena] |
| Morbilidad | [0,1] probabilidad |
| Fertilidad | [0,1] probabilidad |
| Tasa de accidente | [0,1] probabilidad |
| Prestigio | [0,10] int |
| Líbido | [0,10] int |
| Norm_observation_level | [bajo, medio, alto] |
| Estados | [embarazada, fértil, después del parto, infertilidad, hijos, pareja, casada, viuda, divorciada] |
| | |

Los agentes pueden realizar *acciones*, y estas *acciones* llevan a seguir (o no) una norma mediante el cumplimiento de sus antecedentes. El conjunto de acciones posibles es un conjunto cerrado definido para cada escenario de simulación específico. Nosotros utilizamos el operador ‘ \neg ’ para denotar la conducta contraria asociada a esa acción. Por ejemplo podemos tener la acción “*ir-de-caza*” y también la acción “ \neg *ir-de-caza*”. En el segundo caso, la acción que el agente está tomando es “evitar ir a la caza” (que es lo que significa en este contexto).

Por supuesto, la observancia de las normas tiene consecuencias para los agentes. Cada vez que el agente se encuentra en el dilema de decidir si vale la pena o no seguir la norma (mirando los consecuentes de la norma) analiza cómo la observancia de esa norma favorece sus metas personales. De acuerdo con esto, realiza las acciones asocia-

```

Data: Simulation.context contains all the agents and
social networks.
Data: agent_list list of all agents.
Data: norm_list list of all norm ordered by
Basic, Social, Institutional and relevance.
begin
  foreach agent in agent_list do
    /* Builds default actions for the step */
    agent.action_list ← buildDefaultStepActions();
    foreach norm in norm_list do
      norm.action_list ←
      norm.ancestents.actions;
      if norm.action_list != [] and
      fulfilledAntecedents(norm.ancestents,
      agent.attributes, Simulation.context) then
        decision_action_list ←
        agent.decideActions(norm.action_list,
        norm.consequence.goals);
        foreach decision_action in
        decision_action_list do
          agent_action ←
          agent.actions.find(decision_action);
          if agent_action != nil then
            /* Changes action's sign if
            it's different:
            action → ¬action or
            ¬action → action */
            if agent_action.sign !=
            decision_action.sign then
              agent_action.sign ←
              decision_action.sign;
            end
          else
            agent.action_list.add(decision_action);
          end
        end
      end
    end
    agent.triggered_norm_list ← [];
    foreach norm in norm_list do
      if fulfilledAntecedents(norm.ancestents,
      agent.attributes, simulation.context,
      agent.action_list) then
        agent.triggered_norm_list.add(norm);
      end
    end
  end
  /* Execute actions and triggered_norms for
  each agent */
  foreach agent in agent_list do
    foreach action in agent.action_list do
      execute(action);
    end
    foreach norm in agent.triggered_norm_list do
      execute(norm.consequences);
    end
  end
end
end

```

Algoritmo 1.—Timestep de la Simulación

El trabajo del Inicializador del Simulador es cargar un archivo de especificación de la simulación, la configuración del MAS y el motor de reglas de acuerdo con sus valores iniciales. El archivo de especificación de simulación permite al usuario definir: la población de los agentes que participarán en la simulación, los parámetros para simular

para seguir o evitar la norma. Nótese la situación en la que, por ejemplo, seguir la norma requiere (según lo declarado por los antecedentes) “*ir-de-caza*” y el agente decide no observar la norma, esto implica que el agente llevará a cabo la acción “ \neg *ir-de-caza*”.

Puede suceder que seguir una norma favorezca la consecución de un objetivo específico, pero al mismo tiempo, vaya en detrimento de la consecución de otro. La (normalizada) fuerza de cada meta se convierte en la probabilidad de que el agente decida seguir la norma o no (y por lo tanto favorecer a algunos objetivos y desfavorecer otros). El mismo principio se aplica si hay más de un objetivo afectado por la norma.

Cada paso de la simulación sigue el algoritmo mostrado en el Algoritmo 1. En cada paso, el sistema evalúa para cada agente lo que son las normas (en los tres niveles normativos) que, dada la situación actual interna del agente, son candidatas a ser eliminadas. Para las normas candidatas que tienen acciones en sus antecedentes, el agente decide si quiere realizar la acción y como consecuencia sigue la norma, o ignorar esas acciones (es decir, no tiene en cuenta la norma). El resultado del proceso anterior es el conjunto de normas que son candidatas a ser eliminadas.

4. ARQUITECTURA DEL YAMANA-SIM

El sistema YamanaSim (fig. 1) se compone de tres elementos principales: un Inicializador del Simulador, un sistema multiagente (MAS) y un motor de reglas.

la dinámica de la población y el conjunto de reglas que conducirán las acciones del agente. La población de agentes puede definirse de dos maneras: (i) declarando a todos los agentes en línea, donde todos los agentes y sus relaciones (redes) se definen uno por uno en el archivo de configuración o (ii) mediante el uso de la información demográfica de la población. Mediante el uso de la información demográfica de la población el usuario puede definir grandes conjuntos de agentes de población con facilidad, aunque a costa de perder algún detalle.

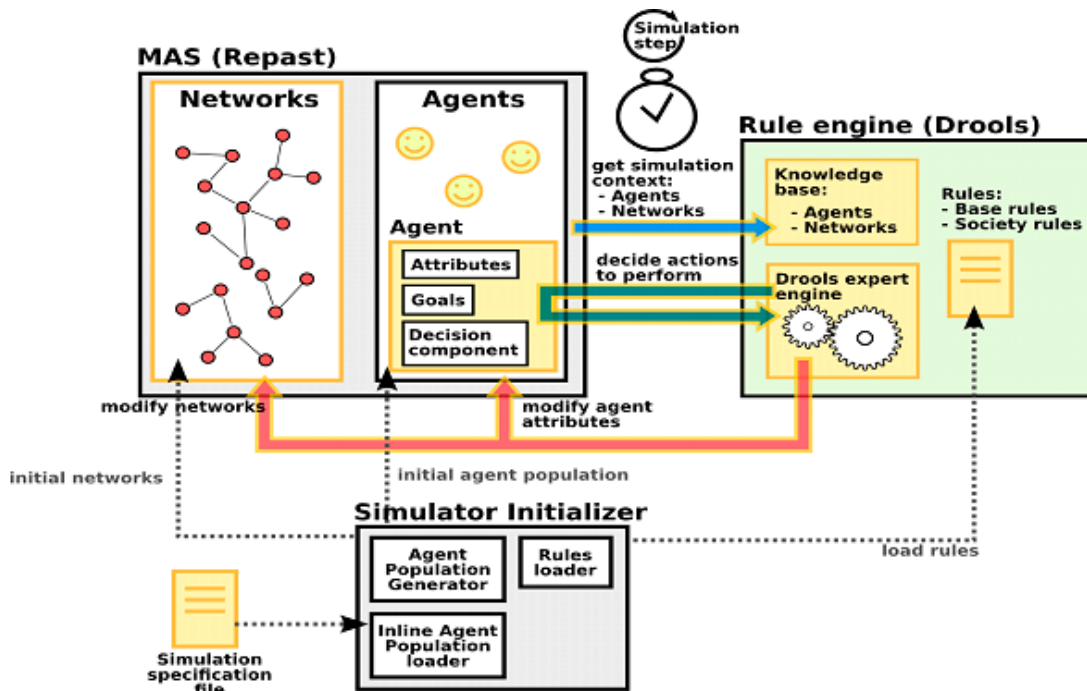


Fig. 1.—Arquitectura *YamanaSim*.

El MAS está a cargo de la población de agentes, las redes sociales y el control de la simulación. El componente MAS se construye utilizando Repast Symphony (<http://repast.sourceforge.net/>), una herramienta de modelado y desarrollo de simulaciones basadas en agentes. Los agentes en el sistema siguen las directrices del Inicializador del Simulador. Un agente en nuestro simulador YamanaSim tiene tres elementos principales: un conjunto de atributos, un conjunto de objetivos para maximizar o minimizar y un módulo de toma de decisiones. Los atributos de los agentes, como hemos visto antes (Tabla I) se utilizan para definir datos como sexo, edad, salud y prestigio. Las metas fijan los objetivos actuales del agente, y puede cambiar con el tiempo. Por último, el módulo de toma de decisiones utiliza estos objetivos para seleccionar las acciones que se llevarán a cabo por un agente.

También forman parte del componente MAS las redes sociales. Pueden haber múltiples redes para definir las relaciones entre los diferentes agentes; por ejemplo, familia, parentesco, relaciones de dominio y así sucesivamente. Estas redes también están inicializadas por el Iniciador del Simulador y evolucionan a lo largo de la ejecución de la simulación.

Por último, el motor de reglas es el encargado de evaluar, cada *timestep* y desde un punto de vista individual, el conjunto de reglas que corresponden al agente (véase el Algoritmo 1). Como hemos dicho, para cada regla candidata, el motor de reglas pregunta al agente sobre las acciones a realizar, y esto determina si la norma es finalmente seguida o no. El motor de reglas se basa en Drools (<http://www.jboss.org/drools/>). El conjunto de normas cargado en Drools se establece y se fija en el archivo de especificación de la simulación.

4.1. Evolución de la Simulación

Cuando el sistema se arranca, el Iniciador del Simulador carga el archivo de especificación. Con estos datos, la simulación se carga con los agentes y las redes pertinentes. También se establecen la duración de la simulación, la longitud de un *timestep* además de otros parámetros relativos a la ejecución de simulación. El motor de reglas también se inicializa con el archivo de especificación de normas.

Una vez que los componentes del sistema se inicializan, el elemento MAS toma el control de la simulación.

Cada *timestep*, el componente MAS itera a través de todos los agentes. Para cada agente, se invoca el motor de reglas para evaluar las normas que puedan afectar a dicho agente. El motor de reglas tiene acceso completo al contexto MAS, agentes y redes, para que pueda evaluar los antecedentes de la regla. Si alguno de los antecedentes de la norma es una acción, el motor de reglas pide al agente lo que debe hacer. El agente evalúa los consecuentes de la regla y según su estado interno y sus objetivos actuales decide llevar a cabo las acciones asociadas a los antecedentes de la norma (y por lo tanto observar la norma) o no.

Después de eso, el agente devuelve una lista con las acciones a realizar asociadas a la actual regla candidata. Estas acciones aún no están ejecutadas, sino simplemente almacenadas en una memoria a corto plazo de acciones “a-ser-llevadas a cabo”. Esto se hace para cada regla candidata empezando por las menos destacadas y siguiendo el orden establecido en el archivo de especificación de simulación. Cada vez que se añade una nueva acción, se hace una comparación con todas las acciones anteriores en la lista “a-ser-llevadas a cabo”. Si la nueva acción se contradice con una acción anterior (por ejemplo “*ir-de-caza*” y “ \neg *ir-de-caza*”), la acción más antigua se elimina (y por lo tanto, la regla asociada ya no es una regla candidata).

Cuando todas las reglas han sido evaluadas, cada agente inicia la fase de ejecución de dichas normas candidatas aún activas. La ejecución de las normas parte de las más relevantes a las menos destacadas. Para cada regla ejecutada, las acciones en los consecuentes (en su caso) son de nuevo comparadas con la lista de acciones “a-ser-llevadas a cabo” y, al igual que en la etapa anterior, las acciones más antiguas y contradicto-

rias en relación con la acción consecuente se eliminan (quitando al mismo tiempo, la regla de la lista de candidatas). En este punto la norma es finalmente eliminada y sus consecuencias sobre los atributos del agente, relaciones de red, etc., entran en vigor.

Este tratamiento de las acciones y la evaluación de las normas en dos etapas permite simplificar el mecanismo de toma de decisiones de los agentes. Los agentes no tienen que analizar la interacción entre las normas y su efecto. Sin embargo, este enfoque exige que las normas deben ser cuidadosamente priorizadas en tiempo de diseño.

Después de estas fases, el paso de simulación finaliza y el elemento MAS salta al siguiente paso.

5. TRABAJO FUTURO

La primera tarea a que ahora nos enfrentamos es encontrar una base objetiva para arrancar el modelo. El objetivo inmediato es identificar las fuentes confiables de los parámetros de la conducta “por defecto”, a continuación, hacer explícita cualquier adaptación al caso yámana de los datos demográficos, ambientales, biológicos y normativos disponibles empezando con la esfera de interacción de *la reproducción*.

Esperamos abordar el problema de la validación del modelo de forma convencional llevando a cabo experimentos para hacer análisis de sensibilidad, calibrar los parámetros y eliminar información redundante. También anticipamos la necesidad de adaptar —y diseñar— los indicadores sociales pertinentes para hacer un análisis longitudinal de la población.

Esperamos enfrentar los retos metodológicos que son propios de la modelización basada en agentes. En particular, la experimentación con nuestra plataforma de simulación se realizará mediante variaciones en los parámetros que definen los agentes y las variaciones en la forma y fuerza de las interacciones entre los agentes.

En conjunto con el proyecto de investigación paralela sobre Economía Experimental (MacNorms) estamos diseñando experimentales con sujetos de estudio para estudiar las diferentes técnicas de castigo distribuido y como éstas afectan al orden social.

6. CONSIDERACIONES FINALES

Nuestro objetivo inmediato de investigación ha sido formular una pregunta clásica a la etnoarqueología en un paradigma metodológico diferente. Hemos tratado de crear una simulación realista de una sociedad CPR que nos pueda servir para explorar en forma experimental el funcionamiento de dicha sociedad y, por tanto, adelantar algunas hipótesis o explicaciones de sus características distintivas.

El objetivo de nuestro trabajo hasta ahora ha sido establecer las bases de un modelo general más que el comportamiento cultural en una sociedad cerrada. Hemos empezado por modelar un aspecto social fundamental: el comportamiento reproductivo, y tenemos la intención de vincularlo con otras conductas sociales básicas como la resolución de conflictos, la recolección y transformación de los recursos. Nuestro modelo, hasta

ahora, tiene la intención de aislar el comportamiento social considerado “por defecto” —por ejemplo, la muerte y las tasas de fecundidad disponibles de las sociedades CPR contemporáneas— y modular el comportamiento con los parámetros y dispositivos de control (propuesto por las fuentes etnográficas y arqueológicas) que reflejan elementos característicos de una sociedad en particular, la Yámana en nuestro caso.

Estamos todavía en una fase temprana en el desarrollo de un modelo que responda nuestra pregunta de investigación fundamental: el papel de la diferenciación sexual y el dominio en la supervivencia de las sociedades CPR. La experiencia hasta ahora es prometedora y esperamos seguir en esta dirección en el futuro.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo está subvencionado por el CSIC [Proyecto Intramural de Frontera MacNorms, PIFCOO-08-00017]; Ministerio de Educación y Ciencia español [Engineering Self-*Virtually-Embedded Systems (EVE) project, TIN2009-14702-C02-01]; y la Generalitat de Catalunya [2005-SGR-00093]. Daniel Villatoro cuenta con el apoyo de una beca predoctoral del CSIC en el programa JAE.

BIBLIOGRAFÍA

- BARCELÓ, J.A., VILA, A. y ARGELÉS, T. (1994): “KIPA: A Computer Program to Analyze the Social Position of Women in Hunter-Gatherer Societies”, en *Methods in the Mountains* (I. Johnson, ed.), Archaeological Method Series 2 Sydney, University of Sydney, pp. 165-172.
- BRIGHTMAN, R. (1996): “The Sexual Division of Foraging Labor: Biology, Taboo, and Gender Politics”, *Comparative Studies in Society and History* 38, 4, pp. 687-729
- DORAN, J. E. y PALMER, M. (1995): “The EOS Project: integrating two models of Palaeolithic social change”, en *Artificial Societies: the Computer Simulation of Social Life* (Nigel Gilbert y Rosaria Conte, eds.), UCL Press, London, pp. 103-125.
- ESTÉVEZ, J. y VILA, A. (1996): “Etnoarqueología: el nombre de la cosa”, en: *Encuentros en los conchales fueguinos* (J. Estévez y A.Vila, coords.), *Treballs d'Etnoarqueologia* 1, CSIC y UAB, Bellaterra, pp. 17-23.
- ESTÉVEZ, J., VILA, A., BARCELÓ, J.A., BERIHUETE, M., BRIZ, I., MAXIMIANO, A., CLEMENTE, I., MAMELI, L., MORENO, F., PIJOAN, J., PIQUÉ, R., TERRADAS, X., TOSELLI, A., VERDUN, E. y ZURRO, D. (2007): “20 Years Ethnoarchaeological Research In Tierra del Fuego: Some Thoughts for European Shell-Midden Archaeology”, en *Shell Middens and Coastal Resources along the Atlantic Façade* (N. Milner, ed.).
- GUSINDE, M. (1937): *Die Feuerland-Indianer*, vol. Ib, Die Yamana. Modling [Las citas están tomadas de la traducción del castellano: CAEA, 1986, 3 volúmenes, Buenos Aires].
- HYADES, P. y DENIKER, J. (1891): “Anthropologie et ethno-graphie”, en *Mission scientifique du Cap Horn, 1882-1883* (P. Hyades y J. Deniker, eds.), vol. VII, Gauthier-Villars et Fils, Paris.
- KOHLER, T. A., KRESL, J., VAN WEST, C., CARR, E. y WILSHUSEN, R. H. (2000): “Be there and then: a modeling approach to settlement determinants and spatial efficiency among late ancestral pueblo populations of the Mesa Verde region, US SouthWest”, en *Dynamics in human and primate societies: Agent- based modeling of social and spatial processes* (T.A. Kohler y G.G. Gumerman, eds.), Oxford University Press, pp. 145-178.
- LAKE, M. W. (2000): “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, New York, pp. 107-143.

- ORQUERA, L.A. y PIANA, E.L. (1999): *Arqueología de la Región del Beagle (Tierra del Fuego, República Argentina)*, Publicaciones de la SAA.
- SMALL, C. (1999): "Finding an invisible history: A computer simulation experiment (in virtual Polynesia)", *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 2 (3).
- VILA, A y RUIZ, G. (2001): "Información etnológica y análisis de la reproducción social: el caso yamana", *Revista Española de Antropología Americana* 31, pp. 275-291.
- VILLATORO, D. y SABATER-MIR, J. (2007): "Norm Selection Through Simulation in a Resource-Gathering Society", *Proceedings of 21st European Simulation and Modelling Conference (ESM07)*, pp. 467-474.

