



FILO:UBA
Facultad de Filosofía y Letras
Universidad de Buenos Aires

G

Modelos de simulación en antropología y arqueología

Autor:

Díaz Córdoba, Diego Martín

Tutor:

Reynoso, Carlos

2003

Tesis presentada con el fin de cumplimentar con los requisitos finales para la obtención del título Licenciatura de la Facultad de Filosofía y Letras de la Universidad de Buenos Aires en Ciencias Antropológicas

Grado



FILO:UBA
Facultad de Filosofía y Letras

FILODIGITAL
Repositorio Institucional de la Facultad
de Filosofía y Letras, UBA

TESIS 10-3-3



**Universidad de Buenos Aires
Facultad de Filosofía y Letras
Departamento de Ciencias Antropológicas**

Modelos de simulación en antropología y arqueología

Tesis de Licenciatura

**UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES
FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS
Dirección de Bibliotecas**

Autor: Diego Martín Díaz Córdova

Director: Carlos Reynoso

2003

Índice

Introducción..... 3

Capítulo I "Modelos como forma de pensar" 12

Capítulo II "Modelos en ciencia" 23

Capítulo III "Modelos de simulación" 34

Capítulo IV "Breve introducción a la Inteligencia Artificial" 45

Capítulo V "Modelos de simulación e Inteligencia Artificial: relaciones e intersecciones" 57

Capítulo VI "Contexto arqueológico del modelo de simulación VbLlamas" ... 68

Capítulo VII "Caza, protección y domesticación" 77

Capítulo VIII "Pastores virtuales" 84

Capítulo IX "Un cybercaso plausible" 100

Conclusiones y perspectivas 109

Bibliografía 114

Apéndice 119

Introducción

La presente monografía es la versión final del trabajo de tesis de licenciatura de la carrera de ciencias antropológicas. Su tema general es la aplicación de modelos de simulación en computadora a la antropología y a la arqueología. El sustrato empírico, que materializa la propuesta, está compuesto por un sistema de simulación, orientado a emular las estrategias demográficas posibles que conforman la economía pastoril.

Las ideas y conceptos que guiaron esta tesis, el desarrollo informático que aquí se presenta y su referente arqueológico deben su origen, inspiración y diseño al trabajo conjunto del Profesor Carlos Reynoso y del Profesor Hugo Yacobaccio.

El área de los modelos de simulación aplicados a las ciencias sociales no es todavía una opción mayoritaria dentro del imaginario metodológico del investigador. Su presencia es casi nula en los cursos de epistemología y metodología que brinda la academia, en los congresos nacionales e internacionales y en las revistas especializadas.

Estimamos que esta ausencia se debe más al desconocimiento de la herramienta que a la existencia, en algún momento de la historia de la disciplina, de críticas demoledoras que hayan descartado para siempre la estrategia que aquí presentamos. Es nuestro deseo hacer un pequeño aporte que tienda a acortar la distancia que existe hoy día entre los modelos de simulación y los investigadores.

Los modelos de simulación son, desde un amplio punto de vista, estructuras formales escritas en un lenguaje de programación, que representan

dinámicamente algunos aspectos de una realidad dada. Su utilización es muy recomendada en aquellas ciencias que, por los motivos que fuere, no pueden aislar a su objeto de estudio para analizarlo detenidamente. Si bien en las llamadas "ciencias naturales" su uso es bastante mas frecuente que en las denominadas "ciencias sociales", fue con los juegos de computadora, alejados de la academia, donde alcanzaron la máxima popularidad.

Tampoco puede dejar de mencionarse aquí la importancia que adquieren los simuladores en el entrenamiento de ciertas tareas que conllevan algún tipo de riesgo, tal el caso más conocido de los simuladores de vuelo.

Pero ¿qué tienen que ver los modelos de simulación con las ciencias sociales? Esa es la pregunta que más veces hemos escuchado cuando nos interrogaban acerca de nuestros proyectos. Algunas de las pertinencias de este tipo de modelos en la antropología y en la arqueología esperamos sean develadas durante el transcurso de las siguientes páginas. Muchas más quedarán en la ausencia por propia ignorancia; y las menos, por razones de espacio.

Demás está decir que con este tipo de herramientas metodológicas, es el usuario competente el que va encontrando los alcances y los límites del modelo; y el que va sugiriendo al programador la corrección de los *bugs* que va encontrando en la aplicación y las reformas y mejoras que estima necesarias.

Si bien la noción de modelos de simulación está asociada con la *nueva tecnología* y en general es percibida como algo relativo al siglo XXI, casi de ciencia-ficción; la idea general que subyace es tan antigua como la propia capacidad de reflexionar acerca de nuestro modo de pensar. Y es que el

concepto sobre el que descansan los modelos de simulación tiene que ver con la posibilidad, presente ya en el lenguaje humano, de poder representar algún aspecto de la realidad.

La forma que adquiere esta representación tampoco es una novedad en la historia de la cultura, ya que se tiene registro de formalismos desde al menos Euclides pasando por la Edad Media hasta llegar a la proliferación de sistemas axiomáticos, formales y lógicas divergentes producto de la Revolución Logicista de fin del siglo XIX y comienzos del XX.

Tal vez el aspecto más novedoso esté relacionado con el soporte informático sobre el que se implementan estos modelos; que permite dinamizarlos, observándolos en funcionamiento, y en algunos casos, interactuar para modificarles su comportamiento; además de ofrecer interfaces gráficas que los hacen mucho más inteligibles.

Para comenzar a responder a la pregunta esbozada unos párrafos atrás, es necesario admitir una premisa epistemológica básica que indica que no existe nada en la realidad indagada por el investigador de las ciencias sociales que impida su abordaje, tanto desde el punto de vista analítico como del punto de vista sintético, por nuevos métodos y técnicas que aún no estén consagrados por la tradición disciplinar.

También hay que admitir que el rechazo o la aceptación de estos nuevos métodos y técnicas debe provenir del ámbito de la eficacia, sustentada con la indispensable ética que la ciencia requiere. Es deseable, así mismo, que expongan claramente sus elementos y sus relaciones internas, permitiendo la inspección pormenorizada por parte del investigador crítico.

No es nuestra intención realizar una revisión pormenorizada de la relación existente entre los modelos de simulación y la antropología o la arqueología a lo largo del tiempo; habida cuenta del poco material existente y de la necesidad de evitar desviarnos de nuestros objetivos principales.

Haciendo hincapié en el aspecto computacional de los simuladores y de otro tipo de modelos, y descartando aquellas construcciones conceptuales sin implementación informática, vamos a mencionar brevemente que los primeros coqueteos entre la máquina y los antropólogos se produjeron a comienzos de los años '60; fundamentalmente por parte de estudiosos provenientes de las corrientes conocidas como cognitiva y sistémica. Estos primeros intentos, cuyos costos de conceptualización y acceso eran realmente importantes (las computadoras en aquellos tiempos eran del tamaño de habitaciones y no contaban con interfaces *amigables* ni para su programación ni para su uso), se realizaron dentro de una tendencia con fuertes aires formalistas, al menos en lo que respecta a la antropología social. Cuando estas corrientes sucumbieron, tal vez en parte por excesos cometidos por sus propios protagonistas, arrastraron también los intentos de modelización computarizada que se venían realizando. La investigación de la herramienta con criterio metodológico quedó reducida a unos pocos esfuerzos individuales (Reynoso, 1986; 1987).

Paradójicamente con el auge de las computadoras personales a partir de mediados de los '80, la antropología no se volcó masivamente a explorar las implicancias de la máquina, ahora sí, mucho más accesibles al gran público. Recién ahora se advierte en los investigadores una predisposición mayor al

uso de la computadora; si bien hay que reconocer que aun ocupa un lugar marginal, desde un punto de vista epistemológico, en las investigaciones.

Algunas señales que se perciben del entorno, tales como la caída del paradigma posmoderno y el hecho de que las computadoras no son percibidas ya como una novedad (inclusive entre los antropólogos del tercer mundo), nos indican que, tal vez, la comunidad de los científicos sociales esté madura para emprender la tarea de comenzar a reflexionar sobre las implicancias tanto teóricas como prácticas del uso que se le pueda dar, dentro de la disciplina, al *Ingenio Analítico* (como gustaba llamar Babagge a su adelantado invento).

El modelo en particular que presentamos, el VBLlamas, que emula las estrategias relacionadas con la presión demográfica que se ejerce sobre una manada de camélidos, tanto desde una economía con patrones de caza – recolección como desde una economía con patrones de pastoreo, es una versión modificada y recortada de la versión original que habían propuesto los profesores Reynoso y Yacobaccio. En él, sus autores planteaban como **objetivos principales**

evaluar la acumulación temporal como variable que acerque a explicar un hecho arqueológico, controlar la incidencia de variables azarosas que afecten la acumulación y enmascaren la relación original entre comportamiento y registro a escala sincrónica, y establecer una imagen arqueológica de la sociedad pastoril actual que permita elaborar modelos de los que se sigan consecuencias para evaluar el registro arqueológico de los pastores prehistóricos (Reynoso, comunicación personal).

En nuestro trabajo, hemos dejado para una segunda etapa los procesos que simulan la degradación de los restos en su camino hacia convertirse en registro arqueológico; concentrándonos en la dinámica de la población animal

en su trayectoria evolutiva sometida a las restricciones tanto de orden natural como cultural. Esto nos permite evaluar los límites de los modelos propuestos por los científicos sociales y testear su viabilidad.

Consideramos que no es poca cosa contar con una herramienta que guíe al investigador y le ayude a descartar hipótesis que de otro modo sería prácticamente imposible falsar. Más allá de la real importancia que posea el modelo de simulación en sí mismo, nuestros cañones apuntan hacia una indagación metodológica de las posibilidades de estas nuevas herramientas. También queremos mostrar que sin tener una formación académica en sistemas, sino apenas un conocimiento de algunos lenguajes de programación y de la problemática computacional en general, es posible desarrollar aplicaciones útiles para las ciencias sociales. Inclusive, nos atrevemos a afirmar que no somos del todo conscientes de las implicancias que conllevan este tipo de herramientas, tanto en la forma en que se piensa a la disciplina como en la forma en que se realizan las investigaciones.

El método expositivo que hemos escogido para la presentación del trabajo de tesis consiste en avanzar de lo general hacia lo particular. De este modo quedan concatenados los conceptos que se van explicitando, y que adquieren así, un orden de precedencia. Es posible que para el lector con conocimientos del tema, ciertos capítulos le resulten tediosos, dadas las verdades de Perogrullo que allí se discuten. Nuestro objetivo no es la originalidad sino la coherencia y la claridad de lo expuesto.

A continuación damos una breve presentación de los capítulos que conforman esta tesis.

En el capítulo I brindamos un panorama general de cómo las distintas escuelas filosóficas han abordado el problema del *conocer sobre el conocer*. Tratamos de subrayar tanto sus coincidencias como sus diferencias en lo relativo a la forma de representar la realidad. Asumimos que la ciencia es una forma particular de conocimiento. Esta particularidad está expresada por ciertas reglas que son someramente expuestas en este acápite.

El capítulo II explora los ámbitos en los que se desarrolla el proceso de la ciencia y que pueden definirse como analíticos y sintéticos. Estas dos caras de la misma moneda poseen implicancias en las estrategias implementadas por el investigador. También se abordan aquí las diferentes estrategias epistemológicas con que cuentan los antropólogos a la hora de realizar sus investigaciones.

En el capítulo III intentamos definir a los modelos de simulación con algunas características generales. Si bien existen definiciones formales, nos hemos inclinado por desarrollar los conceptos en lenguaje natural; lo que a nuestro entender facilita la comprensión por parte de los antropólogos no acostumbrados a tratar con notación formal. Es de destacar, en este mismo sentido, que no deseamos dar una imagen completa de los modelos de simulación ya que, desgraciadamente, tampoco la poseemos.

En el capítulo IV damos una breve introducción a lo que se conoce como Inteligencia Artificial. Nos tomamos la licencia de incorporar en este conjunto ciertas técnicas de búsqueda que no son usualmente clasificadas como parte de la I.A. La justificación de ello es que la inclusión de este apartado tiene que ver con las posibilidades de utilizar los modelos de simulación con estas

nuevas tecnologías, que favorecen tanto el uso como la eficacia de los mismos.

En el capítulo V nos dedicamos a exponer las ventajas de la utilización de la I.A. en los modelos de simulación. Tratamos de mostrar los puntos en común que existen entre ambas modalidades y vislumbramos las posibilidades a futuro que promete el esperanzador intercambio.

En el capítulo VI nos adentramos en el campo de la arqueología. Esto nos permite tener un contexto en el cual se desarrolla el trabajo en concreto que aquí estamos presentando. Ubicamos a los modelos de simulación dentro de una de las líneas metodológicas esbozadas por Lewis Binford.

En el capítulo VII introducimos algunos rasgos de lo que los arqueólogos denominan el proceso de domesticación; además de esbozar algunos datos e hipótesis sobre el surgimiento de esta estrategia en un momento en particular de la historia de la humanidad.

En el capítulo VIII realizamos una descripción de las categorías teóricas que son el trasfondo del sistema que aquí se presenta y en donde se representa la evolución demográfica de la manada virtual. Se describe, así mismo, tanto la interfaz gráfica del VBLlamás como los algoritmos que conforman el programa.

En el capítulo IX se realiza una ejemplificación del funcionamiento del sistema basado en datos arqueológicos extraídos de dos trabajos de los Profesores Olivera y Yacobaccio. Se muestran los valores iniciales, tanto de las variables como de los parámetros, y los resultados finales al cabo de una trayectoria de 1000 años.

Por último, en las conclusiones, nos dedicamos a delinear algunas de las posibles mejoras que se le pueden realizar al VBLlomas. También proponemos una reflexión de orden más general acerca del lugar de la antropología en las ciencias sociales y de la utilidad de estas nuevas herramientas en el marco de trabajo del antropólogo de hoy.

Capítulo I "Modelos como forma de pensar"

Una visión gnoseológica

Para comenzar a hablar de modelos de simulación es necesario definir, previamente, que entendemos por modelos en un sentido más general. Consideramos a los modelos como a aquellas construcciones conceptuales que el científico realiza con el objetivo de recortar y manipular esa porción de la realidad que es el objeto de su investigación.

Si partimos de la base que la posibilidad del conocimiento humano no es absoluta, en el sentido de que existen mediaciones entre la realidad y el sujeto, y que existe una economía en la forma que adquiere esa representación del mismo (Funes el memorioso sólo puede existir en la literatura borgiana); entonces, la tarea científica, en tanto forma particular del conocimiento humano, no puede quedar exenta de aquellas limitaciones señaladas; en virtud de ser un producto de los propios seres humanos.

Ya desde Descartes, quién proponía que todo estaba mediado por el sujeto cognoscente, inclusive la propia existencia, como el mismo afirmaba

Al examinar después, atentamente lo que yo era, y viendo que podía fingir que no tenía cuerpo y que no había mundo ni lugar alguno en que me encontrase, pero que no podía fingir por ello que yo no existía, sino que, al contrario, del hecho mismo de pensar en dudar de la verdad de otras cosas se seguían muy evidentemente y ciertamente que yo era; mientras que, con sólo haber / dejado de pensar, aunque todo lo demás que alguna vez había imaginado existiera realmente, no tenía razón para creer que yo existiese, conocí por ello que yo era una sustancia cuya esencia o

naturaleza no es sino pensar, y que, para existir, no necesita de lugar alguno ni depende de cosa alguna material. De manera que este yo, es decir, el alma por la cual soy lo que soy, es enteramente distinta del cuerpo e incluso más fácil de conocer que él y, aunque el cuerpo no existiese, el alma no dejaría de ser lo que es (Descartes, 1993:47)

y que, por cierto, desarrolló una poderosa generadora de modelos como es la geometría analítica, en adelante, se abandona la pretensión de acceder a la realidad sin pasar por el tamiz del pensamiento.

Inclusive el empirismo idealista (valga la redundancia), erigido en poderoso contendiente del racionalismo cartesiano, elige también su punto de partida en el sujeto pensante.

De hecho, lo que le discute al cartesianismo, es la existencia de la materia misma; argumentando que las únicas cosas existentes son, por un lado el conjunto de las ideas percibidas. Así lo afirmaba el viejo obispo:

Por tanto, así como es imposible ver o sentir ninguna cosa sin la actual sensación de ella, de igual modo es imposible concebir en el pensamiento un ser u objeto distinto de la sensación o percepción del mismo (nota al pie: "en verdad, el objeto y la sensación son la misma cosa, y no puede, por lo tanto, ser abstraída una de la otra" Ed. 1710) (Berkeley, 1980:63)

Y por el otro el sujeto que conoce o percibe esas ideas.

Además de esta innumerable variedad de ideas u objetos del conocimiento, existe igualmente algo que las conoce o percibe y ejecuta diversas operaciones sobre ellas(...) Este ser activo que percibe es lo que llamamos *mente, alma, espíritu, yo*. Con las cuales palabras no denoto ninguna de mis ideas, sino algo que es enteramente distinto de ellas (...); pues la existencia de una idea consiste simplemente en ser percibida (Berkeley, 1980:60)

Es decir, las dos escuelas filosóficas que rigieron los últimos 500 años de la producción intelectual en Occidente, coincidieron en suponer al sujeto

pensante, con categorías o con sensaciones, según el caso, como la interfaz con la realidad. Y ambas concuerdan también en diferenciar entre el entendimiento y la percepción como partes separadas del proceso de mediación con la realidad que implica el conocimiento.

Van a disentir en las causas que atribuyan a esta diferenciación, pero ambas la admitirán. Para Descartes, las sensaciones no son nada sin el entendimiento:

que el sentido de la vista no nos asegura menos de la verdad de sus objetos que el olfato y el oído de lo suyos, mientras que ni nuestra imaginación ni nuestros sentidos podrían asegurarnos nunca de cosa alguna sino interviene en ello nuestro entendimiento. (Descartes, 1993:53)

Para Berkeley serán diferentes tipos de ideas las que despierten los sentidos, la reflexión o la memoria:

Las ideas producidas por la sensación difieren de las producidas por la reflexión o la memoria. Por muy grande que sea el dominio que tenga sobre mis propios pensamientos, observo que las ideas actualmente percibidas por los sentidos no tienen igual dependencia con respecto a nuestra voluntad. (Berkeley, 1980:80)

Pero ambos también coincidirán en la complejidad inherente que conlleva el proceso de conocer.

Por supuesto que desde el punto de vista fisiológico se observan así mismo múltiples mediaciones entre la generación del estímulo y la recepción y representación del mismo. La interacción con el medio ambiente es un atributo definitorio de todos los seres vivos. Desde los más sencillos hasta los más complejos. La autoconciencia de los seres humanos es tan sólo (o nada menos) que una herramienta de interacción con el entorno. Y todos esos estímulos son percibidos merced a una compleja red de múltiples órganos. Las contribuciones que reafirman la hipótesis que plantea la mediación

existente entre el sujeto y la realidad provienen, en definitiva, de todos los ámbitos.

Por otro lado, mencionamos también un principio de economía en la representación de esa realidad. Este principio es, en primera instancia, una consecuencia de una regularidad más general que involucra al modo en que opera la naturaleza en el proceso de selección de los seres vivos.

Así lo expresa Darwin:

(...) la selección natural se esfuerza continuamente por economizar todas las partes de la organización. Si en un cambio de condiciones de vida una estructura, antes útil, llega a serlo menos, su disminución será favorecida, pues le servirá de provecho al individuo no derrochar su alimento en conservar una estructura inútil (Darwin, 1985:170)

El proceso de conocer implica necesariamente la reducción del conjunto de datos que brinda la realidad; subsumiendo categorías particulares en categorías más generales. Estas categorías no son azarosas, aunque desconozcamos las causas que las convocan. Bateson lo describe del siguiente modo:

Es indubitablemente cierto que el contenido de la conciencia no es una muestra al azar de informes sobre acontecimientos que se producen en el resto de la mente. En realidad, el contenido de la pantalla de la conciencia está seleccionado sistemáticamente entre la plétora inmensamente grande de acontecimientos mentales (Bateson, 1976:475)

La filosofía ha tratado el tema, dentro de la especialidad denominada gnoseología, precursora de la moderna epistemología. Tal vez el logro más acabado, por lo menos hasta el siglo XX, haya sido el desarrollado por Kant, fundamentalmente en su obra "La crítica de la razón pura". Allí se exponen los límites y las determinaciones últimas del acto del conocimiento. Allí se

encuentran las bases filosóficas de lo que se discutirá en los años venideros, tanto en la epistemología como en la inteligencia artificial.

En principio distingue dos modos:

La capacidad (receptividad) de recibir representaciones por el modo como somos afectados por objetos, llámese *sensibilidad*. Así, pues por medio de la sensibilidad nos son dados objetos y ella sola nos proporciona *intuiciones*; por medio del entendimiento empero son ellos *pensados* y en él se originan conceptos (Kant, 1996:41)

y aclara más abajo:

En el fenómeno, llamo *materia* a lo que corresponde a la sensación; pero lo que hace que lo múltiple del fenómeno pueda ser ordenado en ciertas relaciones, llámolo la *forma* del fenómeno. Como aquello en donde las sensaciones pueden ordenarse y ponerse en una cierta forma, no puede, a su vez, ser ello mismo sensación, resulta que si bien la materia de todos los fenómenos no nos puede ser dada más que *a posteriori*, la forma de los mismos, en cambio, tiene que estar toda ella ya *a priori* en el espíritu y, por tanto, tiene que poder ser considerada aparte de toda sensación (Kant, 1996:41)

En la base de la sensibilidad, pero sin contacto con la empiria, propondrá dos categorías *por default*: espacio y tiempo. La primera determinará la posibilidad de la representación de objetos como externos al sujeto cognoscente. La segunda permitirá que este sujeto, de cuenta del cambio, de la sucesión incesante. Estas "dos puras formas de la intuición sensible" son las bases o el principio del conocimiento. Tienen validez universal y proporcionan las estructuras básicas para la comprensión de la realidad.

Esta economía propuesta remite necesariamente a un orden en la representación del mundo. Orden que justifica la navaja Occamiana, que obliga a evitar, en lo posible, la redundancia, de las entidades involucradas.

Esta intermediación con la realidad adquiere, tal vez basadas en las hipótesis kantianas (tomadas en el sentido primigenio del concepto de axiomas), en la especie humana, un carácter social que de ningún modo puede atribuirse a la obra exclusiva del intelecto individual.

Así todos los grupos humanos construyen conjuntos de categorías con los que van clasificando la realidad que los rodea. La discusión no se centra en si existen o no esos conjuntos de categorías, sino en la forma que adquieren los elementos dentro de esos conjuntos; es decir que tipo de relaciones son las que se establecen en el acto de categorizar. Tanto la psicología como la lingüística como la antropología han abordado el tema; y más allá de la pertenencia de los contendientes (que por mencionar los extremos podríamos reunir a unos en un asociacionismo pasivo y a otros en un constructivismo idealista) en las polémicas que se suscitaron, todos coinciden en la necesidad de los conjuntos de categorías para el procesamiento humano de la realidad circundante.

Estos conjuntos de categorías cognitivas abarcan todos los aspectos de lo que se denomina *cultura*, si bien desde nuestra perspectiva la cultura no se agota allí, pues involucra también a los soportes materiales de todo orden (tanto estrictamente material como comunicacional).

Estos sistemas de categorías, que pueden devenir en sistemas de creencias, adquieren formas generales en todas las culturas, que se *instancian* de manera particular¹, de acuerdo a ciertas condiciones impuestas tanto por su dinámica interna como por el contexto.

¹ Habrá que ver si cumplen con el polimorfismo, el encapsulamiento y la herencia.

El sistema de creencias que nos interesa recortar aquí es el de la ciencia y su método, ya que dentro de ella es que la noción de modelo adquiere su categorización más ajustada.

Particularidades de la Ciencia

La tarea científica, entonces, es una creación humana con ciertas características que lo diferencian de otras actividades. Mucho se ha escrito y debatido sobre el tema. Inclusive en nuestras disciplinas sociales han existido posturas lindantes con la irracionalidad que propugnaban para la antropología al menos, una metodología basada en lo estético, abandonando toda pretensión de explicación científica. Más allá de estas idas y vueltas intelectuales, hay cierto consenso en considerar a la ciencia como una estructura con una forma particular.

Entre las características que nos parece importante resaltar está aquella que habla de la *replicabilidad del método*; es decir, la que afirma que cualquier científico que siga los mismos pasos metodológicos propuestos por otro investigador, llegará al mismo resultado. También consideramos de suma relevancia aquella propiedad que habla de la *contrastabilidad*, que parte del principio de demarcación científica (ya presente de algún modo en David Hume) y continúa en el falsacionismo popperiano, que proporciona un mecanismo de control único para la relación entre la teoría y la empiria. Otro atributo definitorio de la ciencia, aunque no sea exclusivo de ésta, es la capacidad para *almacenar y recombinar el conocimiento previo*. Inclusive desde una perspectiva khuniana, la irrupción de un nuevo paradigma está

relacionada con una nueva forma de mirar un problema preexistente, incorporando en el nuevo marco, algunos elementos del anterior.

Lejos aún de poder replicar los métodos se encuentra hoy día la antropología. Esta incapacidad, tal vez, se deba a un exceso de empirismo. Exceso que la lleva a abandonar el aspecto analítico de la investigación antropológica. Mucho se ha discutido sobre la recolección de datos en el campo. La observación participante y la diversidad de tipos de entrevistas se encuentran entre las opciones metodológicas más conocidas. Pero poco se dice con respecto a que hacer con esos datos. La vorágine posmoderna que arrasó con los "grandes relatos legitimantes" se llevó puestas también las herramientas analíticas donde procesar e interpretar los datos. Apenas si quedaron algunos conceptos casi vagos o al menos sin una operacionalización concreta.

La ausencia de claros y coherentes marcos interpretativos conlleva aparejada la imposibilidad de replicar (y aún de explicar o peor aún de describir en muchos casos) los pasos seguidos por el antropólogo durante el curso de su propia investigación. Hay, sin embargo, nuevos desarrollos que proponen un futuro metodológico un poco más auspicioso para la Ciencia del Hombre. Cabe mencionar entre estos a la metodología de las redes sociales, a las técnicas de categorización y estructuración de datos no estructurados (cuyas representaciones computacionales más renombradas son el Nud.1st y el Ethnograph), a los sistemas de información geográfica (indispensables hoy día en la arqueología moderna), a los nuevos desarrollos estadísticos, a los sistemas de simulación y a las incipientes (no por el tiempo que llevan

experimentando sino más bien por los resultados que se ofrecieron durante muchos años) pero prometedoras aplicaciones de inteligencia artificial.

La replicación del método no sólo garantiza una rigurosa coherencia y favorece la transmisión del conocimiento sino que obliga a un ejercicio metodológico, valga la redundancia, en la obtención del dato; forzando al investigador a mejorar la recolección del material empírico para ajustarlo a la naturaleza de las herramientas analíticas utilizadas. El riesgo de querer meter un cubo en un cilindro queda atenuado por la propia coherencia expuesta del método, que ofrece sus reglas claras para ser inspeccionadas y por el sentido común del investigador involucrado.

La contrastabilidad de las hipótesis operativas es un elemento central en la tarea científica. Señala el camino teórico que se debe seguir; dejando al descubierto aquellas hipótesis sin sustento, merced a una contradicción con la empiria. Pero el falsacionismo popperiano muestra una debilidad que disminuye su potencia como motor de la investigación científica. Y es su clara dependencia con el mecanismo de la deducción. Para que la negación de la hipótesis derivada transmita su demoledora sinrazón a la hipótesis general, es necesario que el procedimiento se funde en la deducción. Y ésta a su vez exige que las hipótesis generales tengan validez universal. ¿Cómo puede llegar el investigador siendo finito a la universalidad tan cara a la deducción? La respuesta tal vez se encuentre en una mano divina tirando los dados...

El criterio que utiliza Popper para definir a la contrastabilidad está relacionado directamente con el concepto de validez intersubjetiva. La objetividad se alcanza mediante la validez intersubjetiva; es, por así decirlo, un atributo del conjunto social. Pero, vale aclararlo, el consenso necesario sólo puede

provenir, al menos en las actuales condiciones de la ciencia, de un conocimiento previo aprendido, y obviamente de la claridad del método y de su articulación con la teoría que lo contiene. Sin método y sin teoría no hay contrastabilidad posible. No alcanza sólo con el ámbito empírico. La contrastación de la existencia de un átomo, es, por ejemplo, absolutamente indistinguible para un lego en la materia, ya que apenas es un registro lumínico en una pantalla. La ejemplificación sea tal vez un poco extrema, pero sirve para ilustrar la importancia del método y de la teoría.

Hay un ámbito del testeo de hipótesis que aún no ha sido lo suficientemente explorado en la literatura epistemológica y que tiene que ver con la posibilidad de contrastar las afirmaciones propuestas dentro de un marco artificial. Nos estamos refiriendo principalmente a la probidad de los modelos de simulación. ¿Es aceptable, en términos epistemológicos, contrastar hipótesis contra una realidad creada dentro de una computadora?. ¿Qué validez y que alcance, con respecto a la realidad empírica, pueden tener estas pruebas?

No es aún el momento adecuado para intentar desentrañar estos dilemas. Más adelante, cuando nos introduzcamos en la discusión sobre los modelos de simulación, procuraremos acercarnos a algunas respuestas medianamente satisfactorias. Sólo queríamos mencionar algunas de las cuestiones que prometen fructíferos debates de aquí al futuro, dentro de la teoría de la ciencia.

Exponíamos párrafos atrás, como otra propiedad de la ciencia, a la capacidad de almacenar y recombinar el conocimiento existente. Aún dentro de las posturas, un tanto relativistas, que hablan de la inconmensurabilidad de los

paradigmas, se puede observar que el surgimiento de éstos está relacionado, en muchos casos, con una nueva forma de ver un viejo problema. Así el descubrimiento del oxígeno, que acabó con la teoría del flogisto, se funda sobre una nueva manera de interpretar el mismo viejo experimento. Así la teoría de la relatividad está estrechamente relacionada con la teoría de la gravedad y su influencia sobre la luz. Así el marxismo es una nueva vuelta de tuerca del concepto valor = trabajo, proveniente de la teoría clásica de la economía.

Los ejemplos no se agotan aquí. Si bien es cierto que los nuevos puntos de vista exigen, la mayoría de las veces, una ruptura con los viejos modelos de pensamiento, y que sobretodo durante la imposición del nuevo paradigma las posturas se radicalizan y se polarizan; con la ventaja que brinda la perspectiva histórica, se puede observar que la irreconciliabilidad de los puntos de vista se debe a la pasión y a la necesidad de diferenciarse que se suscita durante las polémicas que sacuden las llamadas revoluciones científicas.

Luego de esta breve presentación de los supuestos gnoseológicos y epistemológicos que subyacen a la noción de modelo, vamos a tratar de dar una somera explicación de las particularidades que afectan a este concepto en su utilización científica.

Capítulo II “Modelos en ciencia”

Ámbitos de la Ciencia

La ciencia, al igual que cualquier otro sistema de conocimientos, se debate siempre entre la teoría y la empiria. Dadas las características de esta modalidad, esbozadas en el capítulo anterior, la relación existente entre ambos dominios es de permanente interacción. Esta dinámica fue considerada durante muchos años como de dos tipos posibles. La taxonomía fue propuesta por Kant, algo de ello se menciona en el capítulo anterior, y fue expresada en función de aquellos juicios en los que se relacionan sujetos y predicados:

En todos los juicios en donde se piensa la relación de un sujeto con el predicado (refiriéndome sólo a los afirmativos, pues la aplicación a los negativos es luego fácil), es esa relación posible de dos maneras. O bien el predicado B pertenece al sujeto A como algo contenido (ocultamente) en el concepto A; o bien, B está enteramente fuera de ese concepto A, si bien en enlace con el mismo. En el primer caso llamo el juicio *analítico*; en el otro *sintético*. Los juicios analíticos (los afirmativos) son pues aquellos en los cuales el enlace del predicado con el sujeto es pensado mediante identidad. Aquellos, empero, en que este enlace es pensado sin identidad, deben llamarse juicios sintéticos. Los primeros pudieran también llamarse *juicios de explicación*, los segundos *juicios de ampliación*, porque aquellos no añaden nada con el predicado al concepto del sujeto, sino que lo dividen tan sólo, por medio de análisis, en sus conceptos-partes, pensados ya (aunque confusamente) en él; los últimos en cambio añaden al concepto del sujeto un predicado que no estaba pensado en él y no hubiera podido sacarse por análisis alguno. (Kant, 1996:31)

La categorización de los juicios en analíticos y sintéticos posibilita una comprensión casi topográfica de las diversas estrategias de abordaje de la realidad por parte de los científicos. Esta clasificación de segundo nivel permite identificar los diferentes tipos de modelos que son utilizados en ciencia. A grandes rasgos, inclusive todo el entendimiento puede ser taxonomizado según las clases mencionadas.

Una tipología epistemológica

Existen sin embargo otras parametrizaciones posibles. Referidas al ámbito de la antropología, Reynoso (1998) define una nueva clasificación epistemológica:

Las estrategias posibles, va a decir, son cuatro: Modelos mecánicos, modelos estadísticos, modelos sistémicos y modelos fenomenológicos.

Los primeros pueden definirse como aquellos en los que

(...) se procura analizar y explicar los mecanismos, factores, o procesos que producen determinado estado de cosas (Reynoso, 1998:277);

lo que lleva a afirmar que

(...) dado que los modelos mecánicos derivan explicaciones de casos a partir de principios generales, la estructura de las inferencias en estos modelos es deductiva. Las leyes propias de los modelos mecánicos, si las hubiere, tienden a ser deterministas, y de la misma manera el objetivo de casi todos los modelos de esta clase tiende a ser la explicación de hechos en función de leyes actuantes. (Reynoso, 1998:278)

Los modelos mecánicos son los modelos por excelencia de la ciencia. Si bien en las ciencias sociales, el mote de "mecánico" es utilizado frecuentemente en un sentido despectivo, podríamos comprobar su utilidad simplemente

dando un vistazo a las cosas que nos sostienen (como los edificios) y que nos rodean (autos, trenes y aviones). Este sentido despectivo está basado, en algunos casos, en una confusión de tipos lógicos, ya que la mecanicidad no es un atributo del fenómeno en sí que se está abordando, sino de la estrategia que se emplea en el abordaje. El determinismo que expresa no es necesariamente un síntoma de sencillez. Basta para ello con echar una mirada al texto de la teoría de la relatividad restringida de Einstein; se podrá comprobar así que lejos de la sencillez se encuentra una teoría determinista.

Los modelos estadísticos pueden definirse como aquellos modelos en los que

(...) se inducen regularidades o correlaciones entre diversas series de fenómenos.

(Reynoso, 1998:277);

lo que a su vez implica que

(...) dado que estos modelos consideran varios casos individuales y abstraen de ellos generalizaciones y regularidades, la estructura de la inferencia en estos modelos es inductiva. En general los modelos estadísticos abundan en tipologías, de las cuales se derivan las entidades a ser correlacionadas. Las leyes típicas de los modelos estadísticos, cuando las hay, son necesariamente probabilistas. (Reynoso, 1998:279)

Estos modelos son ampliamente utilizados en las ciencias sociales con una importante cuota de éxito. Por esas cosas de la antropología, gozan de mayor popularidad discursiva que los modelos mecánicos. En general, en los cursos de grado de las ciencias sociales conforman al menos una materia a ser aprobada. Más allá de las críticas que se les hacen, fundadas e infundadas, su aceptación es general, tal vez porque es una buena herramienta para trabajar en el mercado, fuera de la academia.

De los modelos sistémicos puede decirse que

(...) se piensan o bien como de estructura diferente a la de las formas clásicas, o como la superación de éstas en una secuencia epistemológica de carácter evolutivo. (Reynoso, 1998:279),

y que pretenden

(...) organizar la complejidad a través de un conjunto de ecuaciones que describen los diferentes aspectos de los sistemas. (Reynoso, 1998:279).

De su estructura interna se advierte que

(...) los modelos sistémicos no se conforman al modelo nomológico deductivo, dado que su concepción en torno de la equifinalidad, multifinalidad, multicausalidad, causalidad circular o realimentación y la elección de transiciones de fases o procesos de morfogénesis como objetos de estudio les impide expresar las aseveraciones lineales de condicionalidad que constituyen las estructuras típicas de los sistemas deductivos (si P, entonces Q). En un estudio sistémico, lo más que puede hacerse es describir formalmente el fenómeno de que se trate (sea la estructura del sistema, sea su trayectoria) a través de determinadas ecuaciones(...). A partir de la descripción se podrá, eventualmente, construir un modelo de simulación, manipularlo y derivar predicciones respecto de su comportamiento." (Reynoso, 1998:280).

Analizaremos más adelante, con un poco más de profundidad, a los modelos sistémicos, ya que ciertas particularidades de los mismos nos parecen de suma importancia para la investigación social y para esta tesis en particular.

De los modelos fenomenológicos nos advierte que

(...) me he tomado la libertad de añadir como cuarta instancia las propuestas fenomenológicas (también podríamos poner en su lugar las interpretativas) pues, aunque nunca se acostumbra contar la historia de esta manera, vienen como anillo al dedo para completar la tabla periódica de las estrategias posibles. Las teorías fenomenológicas, simbólicas e interpretativas en general tienden, en efecto, a desarticular las generalizaciones en nombre de un "conocimiento local" que a menudo ni siquiera permite una comprensión globalizadora de los casos individuales, y que confía más en la conjetura que en el razonamiento formal (Reynoso, 1998:280).

La estrategia fenomenológica goza de gran popularidad dentro de la antropología social. Si bien sus orígenes filosóficos están emparentados con lo que se podría denominar un racionalismo extremo, lo que llevaría a clasificarla dentro de los modelos mecánicos, sus implementaciones metodológicas no son tan sencillas de categorizar.

De las otras clasificaciones de modelos que mencionamos anteriormente, nos vamos a concentrar en los denominados modelos sistémicos. Esto obedece a que consideramos, al menos en principio, que los modelos de simulación, objeto al fin de cuentas de esta tesis, pertenecen al dominio de la estrategia sistémica. Los modelos sistémicos han sido presentados como distintos de los modelos mecánicos en función, principalmente, de la no-linealidad de los primeros. Así lo define Von Bertalanffy:

La aplicación del procedimiento analítico depende de dos condiciones. La primera es que no existan interacciones entre "partes", o que sean tan débiles que puedan dejarse a un lado en ciertas investigaciones. Sólo con esta condición es posible "deslindar" las partes –real, lógica y matemáticamente – y luego volverlas a "juntar". La segunda condición es que las relaciones que describan el comportamiento de partes sean lineales; sólo entonces queda satisfecha la condición de aditividad, o sea que una ecuación que describa la conducta del total tiene la misma forma que las ecuaciones que describen la conducta de las partes. (...) Semejantes condiciones no las cumplen las entidades llamadas sistemas, o sea consistentes en partes "en interacción". El prototipo de su descripción es un conjunto de ecuaciones diferenciales simultáneas, que son no lineales en el caso general. (...) El problema metodológico de la teoría de los sistemas, pues, es vérselas, con cuestiones que, comparadas con las analítico – aditivas de la ciencia clásica, son de naturaleza general." (Von Bertalanffy, 1976:18)

La condición de no-linealidad sugiere también la complejidad inherente de los modelos sistémicos, en virtud de la imposibilidad de inferir, partiendo de las

partes, el comportamiento del sistema en conjunto. La mística frase "el todo es más que la suma de las partes" adquiere así identidad concreta, ya que a los elementos que conforman el colectivo, se le agregan las interacciones que se llevan a cabo en su seno.

De la no-linealidad y del hecho de que los modelos sistémicos se ocupan de sistemas abiertos, se pueden predicar otras propiedades que definen a las estrategias sistémicas y que ya fueron mencionadas. Nos referimos a la equifinalidad, la multifinalidad y a la causalidad circular.

En cualquier sistema cerrado, el estado final está inequívocamente determinado por las condiciones iniciales.(...) Si se alteran las condiciones iniciales o el proceso, el estado final cambiará también. No ocurre lo mismo en los sistemas abiertos. En ellos puede alcanzarse el mismo estado final partiendo de diferentes condiciones iniciales y por diferentes caminos. Es lo que se denomina equifinalidad. (Von Bertalanffy, 1976:40)

Esta condición de los sistemas abiertos tiene su contraparte en el hecho de que partiendo de condiciones similares el resultado final puede ser muy diferente para los distintos casos. A esta condición se la denomina multifinalidad.

Este concepto es el inverso del anterior, y fue introducido en la teoría sistémica algo más tardíamente. Establece que condiciones iniciales similares pueden llevar a estados finales diferentes; por ejemplo, dos culturas que se desarrollan en ámbitos ecológicos muy parecidos pueden desembocar en sistemas socioculturales muy distintos. Los formuladores de la ecología cultural (entre ellos, el propio Steward) conocían muy bien esta peculiaridad. El origen y la ejemplificación más convincentes de esta categoría se aplican a fenómenos biológicos. Bertalanffy fue de hecho un biólogo que pensaba haber desarrollado una concepción dinámica alternativa al evolucionismo. (Reynoso, 1998:310)

En cualquiera de las propiedades descritas queda claro que el estado final es independiente, o mejor dicho, no está determinado, al menos linealmente, por las condiciones iniciales. Surge así la capacidad de los sistemas abiertos de ofrecer propiedades emergentes. Sin embargo, esta característica, como se ha dicho, está directamente relacionada con las operaciones que se realizan al interior de los sistemas. Estas operaciones son enmarcadas, dentro de la teoría general de los sistemas por dos conceptos: Homeostasis y Morfogénesis.

El primero se utiliza para definir los procesos regulatorios que se manifiestan en el interior del sistema; por el trabajo que se necesita para alcanzar el *steady state*. Este equilibrio ha sido confundido múltiples veces, e inclusive se podría decir que es un lugar común dentro de las ciencias sociales, con el equilibrio funcionalista. Es el propio Bertalanffy quien se encarga de manifestar las diferencias:

La principal crítica al funcionalismo, particularmente en la versión de Parsons, es que insiste demasiado en el mantenimiento, el equilibrio, el ajuste (...) y así sucesivamente, con el resultado de que la historia, el proceso, el cambio sociocultural (...) quedan en mala posición y aparecen, si acaso, como "desviaciones" con una connotación de valor negativa. (...). Es claro que la teoría general de los sistemas en la forma aquí preconizada está a salvo de esta objeción, ya que incorpora por igual mantenimiento y cambio, preservación del sistema y conflicto interno; convendrá pues, como esqueleto lógico para una teoría sociológica mejorada. (Von Bertalanffy, 1976:206)

Creemos que no tiene sentido, y probablemente nunca lo tuvo, sostener esta igualdad, no sólo por las evidentes diferencias que se plantean en ambos casos, sino fundamentalmente por el otro concepto que se define a continuación y que justamente incorpora el cambio como su variable fundamental, nos referimos a la Morfogénesis.

En el caso de que las fluctuaciones no puedan ser controladas por los mecanismos reguladores del sistema, se pierde momentáneamente el estado estable (steady state) y el sistema evoluciona cambiando sus estructuras, en un proceso que se describe después como morfogénesis. Tras modificar su estructura, los sistemas abiertos poseen, en general, la capacidad de recuperar un nuevo estado estable después de una perturbación." (Reynoso, 1998:309)

Queda claro que los modelos sistémicos no son únicamente modelos de los sistemas en equilibrio. A partir de los conceptos mencionados es que se compone la otra característica que se había mencionado de éstos mismos: la causalidad circular; compuesta por la homeostasis que es la capacidad de autorregulación del sistema y la morfogénesis que es la capacidad de generar nuevas estructuras.

El concepto de causalidad circular está estrechamente ligado con la cibernética. Por la proliferación de bibliografía al respecto y por considerar que esta noción ya pertenece al *background* común del investigador, vamos a evitar dar sus caracterizaciones. Simplemente vamos a mencionar, ya que estamos escribiendo una tesis de antropología, la simultaneidad de la aparición del concepto en el campo de las ciencias sociales de la mano de Gregory Bateson.

El análisis del *ethos iatmul* – que consistió en ordenar los datos para evidenciar ciertas recurrencias, "acentuaciones" o "temas" – llevó a reconocer la esquismogénesis. Se hizo manifiesto que el funcionamiento de la sociedad *iatmul* suponía, *inter alia*, dos círculos regenerativos o viciósos. Ambos consistían en secuencias de interacción tales, que los actos de las personas A resultaban estímulos para los actos de la persona B, los cuales a su vez se convertían en estímulos de una acción más intensa por parte de A, y así sucesivamente, siendo A y B personas que actuaban tanto en calidad de individuos como de miembros de un grupo.(..) Estas secuencias de esquismogénesis podrían clasificarse en dos clases: a) *esquismogénesis simétrica*, en

la cual las acciones recíprocamente desencadenantes de A y B eran esencialmente similares, por ejemplo en los casos de competición, rivalidad y otras semejantes; y b) *esquismogénesis complementaria*, en las cuales las acciones recíprocamente desencadenantes son diferentes en esencia, pero mutuamente apropiadas, por ejemplo, dominio-sumisión; auxilio-dependencia; exhibicionismo-escoptofilia y otras comparables (Bateson, 1976:135)

Así, someramente descrita, la estrategia sistémica brinda un productivo marco teórico para el abordaje que necesitan las ciencias sociales. Aporta útiles herramientas allí donde las otras estrategias fracasan.

Frente a lo inmutable del estructural-funcionalismo, ofrece procesos irreversibles, morfogénesis y homeostasis. Frente a la determinación absoluta de las posturas marxistas o durkheimnianas, ofrece propiedades emergentes no reductibles a la acción individual. Frente a las concepciones intuitivas de las posturas estetizantes, ofrece interacciones multivariadas que enriquecen la descripción. Frente al atomismo del individualismo metodológico, ofrece poner el acento en las relaciones entre las partes, apelando a las ya mencionadas propiedades emergentes. Indagar por qué estas estrategias no han tenido el suficiente éxito en las ciencias sociales, excede el marco de esta tesis.

A más de cuarenta años de su formulación, los intentos de aplicación antropológica han quedado solamente en eso: meros intentos. Consideramos que las causas de ello no obedecen a dificultades intrínsecas de las teorías en cuestión. Al menos no hubo propuestas, ni trabajos, lo suficientemente rigurosos que hayan descartado de plano lo que ofrece la sistémica. Hubo esbozos y críticas que, a nuestro entender, no alcanzan a socavar lo que se plantea desde la teoría. Tal vez la tendencia que existe en la mayoría de las

ciencias sociales de dejarse seducir por modas haya conspirado contra las formulaciones serias de esta cuestión.

Creemos que esa inconstancia no es gratuita y que, en el fondo, obedece a razones políticas. Si bien no se puede, por lo menos desde un análisis superficial, establecer las causas que motivan semejante estado de situación (~~tampoco consideramos que puedan establecerse causas lineales por lo que~~ el análisis requiere del mismo bagaje que estamos planteando), si podemos establecer ciertas correspondencias a título enunciativo entre el auge del postmodernismo, la caída del bloque soviético y el ascenso, en términos al menos de la opinión pública, del neoliberalismo.

Somos conscientes de la precariedad del esquema presentado. Nos quedan muchas cosas en el tintero que prometen, para otra oportunidad, una profundización más adecuada. Nos interesaría, por ejemplo, indagar, en las relaciones que puedan existir entre el marxismo y la sistémica. Creemos, apriorísticamente, que esta última puede brindar una interesante vuelta de tuerca a las posturas materialistas.

En primer lugar están los análogos que pueden establecerse entre una propuesta y la otra. El holismo como propiedad emergente, la determinación material como los procesos no lineales que se desarrollan dentro del sistema, la dialéctica como morfogénesis o homeostasis o como un proceso cibernético.

En segundo lugar queremos remarcar un hecho que hoy día se considera cotidiano y que, a nuestro parecer, puede significar un gran avance en la operacionalización de la sistémica. Nos estamos refiriendo, obviamente, al auge de las PC. Valga la aclaración que no estamos diciendo que porque un

modelo se represente en una computadora, necesariamente tenga que responder a una estrategia sistémica. De ningún modo es así. Simplemente afirmamos que esta poderosa herramienta hogareña permite al investigador con un mínimo de habilidad informática, someter a testeo a sus modelos (de la naturaleza que fueren) sin que la complejidad inherente sea un obstáculo.

~~En todo caso, el obstáculo va a estar dado por la competencia computacional~~ del científico y no por la complejidad del cálculo. Ya quedaron atrás las vicisitudes de la década del '60 y del '70 en donde las inmensas computadoras estaban en las enormes salas refrigeradas y en donde había que hacer un esfuerzo mucho mayor en términos de traducción para el tratamiento de los datos. Hoy día lo analógico se resuelve delante de nuestros ojos, en la pantalla del monitor.

Con esta breve presentación de las estrategias sistémicas damos paso a la caracterización del tipo de modelo que da origen al nombre de la tesis. Esto es, los modelos de simulación en computadora.

Capítulo III “Modelos de simulación”

Una definición más acotada

~~Si bien como intentamos justificar hace un rato, la noción de modelo es inherente a la manera que tiene de conocer el ser humano, en el sentido de que no se puede separar del modo de concebir el pensamiento y no de su carácter innato o adquirido; el uso científico del vocablo, aplicado a la computación, presenta ciertas características que lo definen con bastante claridad.~~

Siguiendo a Rothemberg (1989) cualquier modelo puede estar caracterizado por 3 atributos esenciales:

Referencia: pertenece a algo (su referente)

Propósito: tiene un propósito cognitivo intencionado con respecto a su referente

Relación costo-beneficio: es más eficiente utilizar el modelo para el propósito determinado que utilizar el referente en si mismo

La *referencia* del modelo no necesariamente tiene que ser algo que posea existencia real. Dicho con otras palabras, la referencia del modelo puede ser otro modelo, pero con la salvedad de tener que comportarse como si fuera, para el modelo, la realidad. Lo central radica entonces en la posibilidad de testearlo contra un marco de referencia, sea este inventado o real.

Casi a la manera de la semiosis pierciana se puede llegar, mediante la propiedad mencionada, a una recursión al infinito. Pero no es ello lo que debe captar nuestra atención. No al menos en este momento. Lo que queremos rescatar es la necesidad de la posibilidad de la contrastación. Es decir que la construcción de un modelo debe reposar sobre parámetros bien definidos de su referente; los suficientes al menos como para lograr una representación clara del objeto que refiere. El ejercicio metodológico implicado en el desarrollo del modelo requiere de una atenta observación del fenómeno que se va a modelar. La propia naturaleza compleja de la realidad exige flexibilidad en el armado del modelo. Debe éste alimentarse del feedback que recibe del referente.

El *propósito* del modelo está íntimamente relacionado con el referente ya que las posibilidades de la modelización son prácticamente infinitas. De este modo es el propósito el que va a guiar la selección de las variables del referente que van a ser modelizadas. El esquematismo del modelo no debe ser considerado como una pérdida de información relevante, ya que no tiene sentido construir un modelo que reproduzca en todos sus aspectos a su referente, pues para ello se utilizaría directamente el referente mismo. Aún en el caso de la realidad virtual, en el que la definición de máxima puede ser expresada como la reproducción más fiel de la realidad concreta, la aplicación de la misma está ajustada a un propósito que la recorta y la define. Pensar en la posibilidad de una realidad virtual total conlleva aparejada la aparición de una confusión de tipos lógicos, en la terminología batesoniana, que sólo es posible en la ficción o en una patología (sea producto ésta de un juego lógico como en la paradoja de Epiménes, cinematográfico como en

la película Matrix o esquizofrénico como en la tipología de la Escuela de Palo Alto).

Es el objetivo entonces el que va a delimitar y guiar la construcción del modelo.

La *relación costo-beneficio* es también central en la definición propuesta para los modelos. Es ésta propiedad la que justifica el uso o no del modelo y la que va a establecer su valor.

El criterio de costo-beneficio es una especie de "Navaja de Occam" para la modelización, permitiendo que modelos de igual poder sean comparados y evaluados. Sin embargo, donde en la Navaja de Occam tradicional se aplica un criterio de simplicidad, aquí el costo a ser comparado y evaluado está explícitamente expuesto como parte del criterio de costo-beneficio. Desde que el criterio no es necesariamente la simplicidad, se sigue que un modelo no es necesariamente más sencillo que su referente. Un modelo, de hecho, puede ser más complejo que su referente si al hacerlo de este modo se satisface algún criterio válido de costo-beneficio que no sea el de la simplicidad. (Rothemberg, 1989:80).

Por lo tanto tiene que existir una ventaja para la utilización del modelo. Algo que justifique su realización y que invalide el uso directo del referente mismo. Existen múltiples tipos de modelos entre los cuales se puede mencionar a las analogías físicas, las representaciones matemáticas, las metáforas conceptuales, los formalismos lingüísticos, las simulaciones, etc.

Pero nuestro interés no radica en todos los tipos de modelos posibles sino en un caso particular: el de la simulación computada.

La simulación puede definirse, siempre siguiendo a Rothemberg, como la aproximación conductual o fenomenológica a la modelización. La simulación es un análogo conductual activo de su referente. Es generalmente la representación de procesos lo que se pone en juego durante una simulación.

Un marco evolutivo

Existe también una tipología de modelos que siguen un orden evolutivo y en el que los modelos de simulación ocupan un lugar avanzado:

"Existen modelos más simples, que constituyen algo así como una descripción pura, sin correlatos ni dinámicos ni temporales (una base de datos, por ejemplo) y existen también modelos inherentemente más complejos, como los que son propios de esa área de la inteligencia artificial conocida como el diseño de los sistemas expertos. Nuestros modelos generativos se sitúan entre ambos, ocupando lo que podríamos considerar la base o el "grado cero" de los llamados modelos de simulación de procesos. (...)

<u>Capacidad del Modelo</u>	<u>Cláusulas preponderantes</u>	<u>Aplicaciones Antropológicas</u>
Descripción estática	Hechos	Estadísticas; Relaciones; Bases de Datos
Generación	Reglas	Generación de Casos; Gramáticas simples
Simulación	Procedimientos	Teoría de Sistemas; Análisis de procesos; Síntesis de Procesos
Sistemas Expertos	Formalismos y Heurísticas	Diagnosis; Taxonomía

De arriba hacia abajo los modelos son sucesivamente más complejos, de modo tal que los formalismos desplegados en cada caso presuponen el uso de los anteriores. (...) la evaluación de la complejidad en nuestro cuadro es aproximativa y sólo vale en cumplimiento de la cláusula del *ceteris paribus*, más como indicadora de cierta heterogeneidad implicativa que de genuina intrincación formal. Es posible, en efecto, construir sistemas expertos harito más simples que una base de datos. (Reynoso, comunicación personal)

Esta tipología nos permite ubicar, para facilitar la comprensión, en el esquema de las estrategias posibles, a los sistemas de simulación.

Según pues esta taxonomía, no es posible simular la sincronía; si modelizarla, aunque no mediante una simulación. Si es posible y aquí las

limitaciones son sólo tecnológicas o mejor dicho presupuestarias pues van en función del equipo con que se cuente, hacer correr paralelamente procesos que generen modelos sincrónicos. Lo mismo puede decirse de los procesos, generalmente temporales, que se le adjudican a los modelos de simulación. El procesamiento en paralelo es hoy día moneda corriente y el provecho que pueda extraerse del mismo en una simulación no ha sido aún lo suficientemente ponderado, más allá de las obvias ventajas concernientes a la velocidad. Es entonces, un atributo, al menos provisorio, de la simulación, la capacidad de emular procesos que corren a través del tiempo. No necesariamente en tiempo real; ni siquiera, nos aventuramos a decir, que corran en la dirección que marca la segunda ley de la termodinámica. Nada impide, por ejemplo, que se utilicen en una simulación las ecuaciones newtonianas, en la que la reversibilidad está permitida; para observar, por ejemplo, una trayectoria en sentido contrario (desde el destino al origen).

Pero, insistimos, es condición sine qua non, la ocurrencia de procesos durante una simulación. De esta propiedad se extrae una consecuencia interesante desde el punto de vista de la teoría antropológica. Y es que únicamente podrían testearse con este método teorías que contemplen, en sus fundamentos, la diacronía. Quedarían fuera, por ejemplo, el funcionalismo y el estructuralismo (al menos en sus formulaciones clásicas). Sí podrían ser reproducidas sus estructuras (las funcionalistas y las estructuralistas) si se especifican las reglas, pero ello nos llevaría, según la tipología a un modelo de tipo generador y no a un modelo de tipo simulador. Todo esto sin tomar en cuenta si las teorías en cuestión pueden ser verdaderamente operativizadas en una implementación computacional.

No es este el único límite que poseen los sistemas de simulación. Si tomamos en cuenta que un generador de realidad virtual es una clase de simulador y de hecho es el arquetipo de los simuladores, al menos para el sentido común; podemos aplicar a los simuladores, la frontera que se impone a estos, expuesta por David Deutsch en su libro "La estructura de la realidad". Un generador de realidad virtual puede ser definido como un simulador en donde lo que predomina es una experiencia subjetiva, en la que el sujeto se haya inmerso y en la que se encuentran involucrados sus sentidos.

Otra clase de experiencia que no puede, evidentemente, ser provocada de manera artificial es aquella que sea *lógicamente imposible*. He dicho que un simulador puede crear la experiencia de un vuelo a través de una montaña, algo imposible desde un punto de vista físico. Sin embargo, nada puede crear la experiencia de factorizar el número 181, puesto que ello resulta lógicamente imposible: 181 es un número primo. (Deutsch, 1997:112).

Esta propiedad excluye la posibilidad de simular cualquier fenómeno para el que no se le pueda atribuir algún tipo de lógica. Obliga pues al investigador a perseguir una coherencia en donde poder enmarcar el fenómeno que se desea analizar. Y tomando en cuenta el estado actual de las ciencias sociales desde un punto de vista epistemológico, este atributo se convierte en algo sumamente valioso. Casi atolondradamente podría aventurarse entonces, que todo fenómeno lógicamente posible es simulable. (Vale aclarar aquí que entramos en un terreno en el que las posibilidades tecnológicas se dan por descontado. No nos interesa la viabilidad inmediata de lo propuesto, sino inspeccionar los alcances y límites de los sistemas de simulación en cuanto hacen a su definición, que intenta ser, lo más rigurosa posible). Sin embargo, podemos afirmar que no todo fenómeno lógicamente posible es simulable y

eso porque sostener lo contrario sería incurrir en una falacia lógica. Y de hecho existe una prueba de ello.

Si tomamos en consideración que un simulador es en última instancia una máquina de cálculo, podemos aplicarle los límites de la calculabilidad propuestos por Turing. O preguntarnos, dicho con otras palabras, que sucedería con un simulador genérico, es decir un simulador de simuladores, al que se le obligue a simular un simulador genérico.

Estos límites afirman que existen funciones no computables para máquinas universales de Turing:

(...) supongamos que nos dan una máquina de Turing y su entrada y preguntamos la cuestión "¿se parará alguna vez esta máquina de Turing cuando se comienza en esta cinta de entrada?". Un método para contestar a esta pregunta es experimental: arránquese la máquina de Turing y obsérvese si se para alguna vez. Pero supongamos que uno espera pacientemente un millón de años, y la máquina está aún funcionando. ¿Podemos concluir que la máquina nunca se parará? Evidentemente que no; puede pararse después de funcionar dos millones o incluso dos mil millones de años. El método experimental requiere paciencia infinita y evitar decisiones "apuradas".

Un método mejor es el de disponer de alguna máquina de Turing que calcula, cuando se le presente como entrada la descripción de otra máquina de Turing, si esta última máquina de Turing se parará o no. La primera máquina de Turing debe, evidentemente, pararse si queremos obtener una respuesta. Esta cuestión se denomina el Problema de Parada de la Máquina de Turing (PPMT). Si A y x son respectivamente la máquina de Turing y la entrada en cuestión, la pareja (A,x) se denomina una *instancia* del PPMT. El PPMT, por consiguiente, consiste de *todas* sus instancias posibles. ¿Existe una máquina de Turing con parada que resuelva el PPMT? La respuesta viene dada por el

Teorema 15-1

No existe ningún algoritmo para determinar si una máquina de Turing arbitrariamente elegida y comenzada sobre una entrada arbitraria se parará alguna vez. El PPMT se dice ser *insoluble* o *indecidible*. (Martin, 1983:163).

La demostración del teorema es obviada por entender que no es relevante dado su carácter público y dadas razones de espacio y conveniencia discursiva. Lo importante a señalar, entendemos, es que si bien existen límites lógicos o deberíamos decir metalógicos, a lo simulable; éstos se encuentran sumamente lejos del estado actual de la teoría antropológica, tanto nos atrevemos a afirmar, como los límites del Universo conocido de la puerta de la Facultad.

No puede ser nunca entonces, esta limitación, un argumento para la inacción teórica, sino todo lo contrario, debe ser promotor de rigurosas investigaciones epistemológicas.

Categorías de los Modelos de Simulación

Existen dos categorías ampliamente reconocidas de modelos de simulación: Los modelos de simulación de eventos discretos y los modelos de simulación continua. Algunos autores también consideran a la distribución de Monte Carlo como un tipo de modelo de simulación. (O'Keefe, 1997). En esta tesis vamos a excluir como categoría de modelo de simulación a la distribución de Monte Carlo en función de representar una distribución que no varía a lo largo del tiempo y que entonces entraría en contradicción con la tipología propuesta.

En el primer tipo, el estado de las variables cambia en puntos discretos a lo largo del tiempo; en el segundo tipo, el estado varía continuamente con

respecto al tiempo. Esta diferencia establece, de algún modo, los usos que se le pueden dar a los diferentes tipos de simulación y contiene importantes implicancias epistemológicas.

El tipo analítico o continuo sólo puede ser utilizado cuando existe un conocimiento muy profundo del objeto a modelar. Un tipo de conocimiento que no creemos que las ciencias sociales posean aún. Sin ánimo de ofender almas susceptibles decimos que en este caso la profundidad está dada por el grado de conocimiento formal o matemático del objeto a modelar. El tipo discreto es aquel que se utiliza para la etapa exploratoria del objeto de estudio, etapa en la que sostenemos, se encuentra la antropología en estos momentos. El tipo continuo predice la conducta del sistema basándose en ecuaciones diferenciales; el tipo discreto generalmente utiliza procesos estocásticos para modelar la influencia de factores desconocidos en el sistema. Asume así el carácter casi enigmático del objeto simulado, al menos si tomamos en cuenta aquella famosa frase que dice que el azar es la medida de la ignorancia.

En general se acuerda en que en un modelo de simulación de eventos discretos, las entidades interactuantes son bastante bien entendidas por separado, pero se desconocen como éstas actúan en conjunto. Así, luego de observar la conducta del modelo resultante puede emerger un conocimiento más profundo del objeto modelado.

El modelo que se está presentando en esta tesis corresponde, huelga decirlo, al tipo discreto y pretende, en la interacción con el investigador, servir de vehículo para un mejor entendimiento de las relaciones que se dan dentro de un modo de producción pastoril o cazador-recolector.

Dentro del tipo discreto se suelen distinguir dos categorías de modelos de simulación: la que observa a la simulación como una tarea de programación compleja y aquellas que la ven como una extensión de un modelo estadístico. La diferencia, otra vez, va a estar dada por el grado de conocimiento del objeto que se quiera simular. Cuando el grado de conocimiento es pobre, el aspecto estadístico del modelo pierde importancia, realzando la tarea programática. Entendemos que este es el caso que aquí presentamos, en función de que los datos que alimentarán al sistema provienen de mediciones indirectas o que no atañen directamente al proceso simulado; en el sentido de que aún no está comprendida plenamente la economía pastoril; al menos como para ser tratada con un mayor grado de granularidad estadística. Sí se cuenta con el conocimiento que posee el antropólogo o arqueólogo de su ámbito de estudio tanto en su aspecto teórico como empírico. Este conocimiento brinda el punto de partida del proceso de modelado del sistema, pero no se agota allí ni mucho menos. El objetivo final es ofrecer un conjunto más acabado del objeto de estudio, objetivo que debe alcanzarse merced a la interacción que se genera entre el investigador y el modelo de simulación. Más adelante intentaremos mostrar las ventajas epistemológicas que poseen los modelos de simulación dentro del ámbito de la antropología. Hoy día se cuenta con una herramienta muy poderosa para agregar a los modelos de simulación. Nos estamos refiriendo a la Inteligencia Artificial. Este prometedor intercambio ofrece posibilidades de expansión no evaluadas ni vislumbradas, aún, en su totalidad. Ya hay, sin embargo, suficientes trabajos que ponderan las virtudes y los alcances de la esperanzadora fusión. Creemos que antes de comenzar a comentar esta cooperación es bueno

reparar, aunque sea someramente, que se quiere decir cuando se habla de I.A.

Capítulo IV “Breve introducción a la Inteligencia Artificial”

Conexionismo y Lógica Simbólica

El repaso sobre la inteligencia artificial debe comenzar hundiendo sus raíces, necesariamente, en la tradición filosófica occidental, más precisamente en la gnoseología. Los problemas que se plantearon a lo largo de los siglos dentro del ámbito de la Filosofía han devenido en ciencias particulares; es Ella quien rescata al objeto de conocimiento del mar de tinieblas de la Metafísica, y en ese rescate genera una ciencia en particular.

Así, por ejemplo, las preguntas sobre el origen del mundo pasaron al dominio de la geología o de la biología y las preguntas sobre el origen del universo pasaron al dominio de la física o de la astronomía. Así también las especulaciones sobre el conocimiento humano y sobre las posibilidades de poder crear un autómatas, han ido yendo hacia las aguas de la psicología o de la inteligencia artificial.

Cuando las computadoras dejaron de ser objetos teóricos y comenzaron a ser objetos reales, se hizo evidente que no sólo servían para calcular numéricamente con una velocidad sorprendente, sino que se podían utilizar para manipular símbolos.

Hacia 1955 Allen Newell y Herbert Simon, trabajando en la Rand Corporation, llegaron a la conclusión de que unas cadenas de bits manipulados por una computadora digital podían estar en lugar de cualquier otra cosa: números, desde luego, pero también rasgos del mundo real. Más aún, los programas se podían usar como reglas para

representar relaciones entre esos símbolos, de modo que el sistema pudiera inferir nuevos hechos sobre los objetos representados y sus relaciones (Dreyfus, 1999:26)

Es una perogrullada, a esta altura de los acontecimientos, decir que la idea de la computadora o aún de la calculadora provienen de una inspiración en el cerebro humano y de una aspiración por emularlo. La capacidad de calcular se observa, de forma fehaciente en la naturaleza, únicamente en la especie humana. Y esta capacidad fue observada, analizada y utilizada desde mucho tiempo antes de la invención de la computadora por muchísimos filósofos. Por poner un límite arbitrario, desde los sistemas axiomáticos helénicos, pasando por el dispositivo (Ars Magna) de Ramón Lull en la Edad Media, hasta, simplemente por mencionar algunos pocos, los trabajos de Frege a fines del siglo XIX.

Y otra vez aquí, las dos escuelas filosóficas más importantes de occidente, racionalismo y empirismo, coinciden. Como comenta Daniel Dennett en su artículo "Cuando los filósofos se encuentran con la inteligencia artificial":

Los filósofos han soñado con la IA durante siglos. Hobbes y Leibniz, en formas muy diferentes, trataron de explorar las implicaciones de la idea de particionar la mente en operaciones pequeñas y en última instancia mecánicas (Dennet, 1999:320)

Como sucede muy a menudo en el proceso científico, las formas de abordar los problemas quedan teñidas por las escuelas filosóficas que los engendraron, aunque sea indirectamente y únicamente por el canal de la propia tradición cultural del conocimiento. Y la IA no será la excepción.

Dos paradigmas, opuestos tal vez sólo por diferencias político académicas (como lo reconoció públicamente Marvin Minsky en la conferencia que brindó durante la Feria del Libro del año 1998), se reconocen a lo largo de la reciente historia de la IA. Podríamos aventurar que uno pertenece al ámbito

de lo analítico, mientras que el otro pertenece al dominio de lo sintético (forzando tal vez un poco la inclusión en la categoría y se nos permite esta licencia), si tomamos en cuenta la clásica división kantiana. Uno es conocido como programación lógica y el otro como conexionismo, uno se identifica con los sistemas expertos y el otro con las redes neuronales.

El primero es el heredero de la tradición racionalista y desciende directamente de la Lógica Simbólica. Fiel a su coherencia, sus definiciones son precisas y sus hipótesis son de una transparente deductibilidad. Son sus miembros quienes se dieron cuenta que la computadora podía manipular símbolos (aunque hay que admitir que Lady Lovelace ya había prefigurado esta capacidad). A partir de allí elaboraron la siguiente hipótesis:

Un sistema físico de símbolos posee los medios necesarios y suficientes para una acción inteligente general. (...) Por 'necesario' queremos decir que cualquier sistema que exhiba inteligencia general probará bajo análisis ser un sistema físico de símbolos. Por 'suficiente' queremos decir que cualquier sistema físico de símbolos de tamaño suficiente se puede organizar para exhibir inteligencia general (Dreyfus, 1999:27)

Esta hipótesis contiene, al menos, una relevancia antropológica. Por la amplitud de su definición, sería lícito preguntarse si la cultura, en tanto puede ser vista como un sistema físico de símbolos, no se correspondería con algún modelo de un tipo de macro sistema con un comportamiento que podría ser considerado como inteligencia. Que por lo tanto debería estar conformado por reglas y objetos que obedezcan a esas propiedades. Atributos que no podrían ser arbitrarios y que se corresponderían al menos con algún tipo de formalismo. El carácter suficiente de la hipótesis Newell – Simon brinda una cierta garantía a la aventurada hipótesis.

Desde la década del '60 algunos antropólogos enrolados en las corrientes cognitivistas y sistémicas, fundamentalmente, exploraron este tipo de hipótesis. La denominada Fase de Tecnificación de la antropología cognitiva, siguiendo a Reynoso en su compilación sobre esa corriente teórica, fue un ámbito fructífero para el ensayo de algunos modelos formales aplicados a ciertos aspectos de la cultura en relación con la hipótesis que mencionamos unos párrafos atrás. También han ido en esa dirección algunos investigadores provenientes de la denominada Ciencia Cognitiva.

Los estudios transculturales de Rosch (1978) y los experimentos de Garner (1974), Shaw y Bransford (1977), cuyos diseños califican de lejos como los más rigurosos de la ciencia cognitiva reciente, han demostrado, en efecto, que las categorías naturales no son construcciones arbitrarias que las comunidades o los sujetos elaboran a su antojo, sino que por el contrario mantienen un alto grado de correspondencia con la estructura correlacional objetiva del mundo (Reynoso, 1998:67)

Se podría continuar ofreciendo ejemplos de trabajos en esa dirección pero no es ese el propósito de nuestra tesis; apenas queríamos mencionar que si la cultura exhibe algún tipo de comportamiento (nótese que adjudicamos la conducta al sistema y no la los individuos que lo componen) y ese comportamiento puede ser clasificado como inteligente, entonces la estructura debe ajustarse a algún tipo de formalismo; lo que limita en gran modo el espectro de búsqueda de las formas lógicas subyacentes.

Es probable que la elaboración de modelos lógicos para ciertos espacios temáticos de la disciplina se encuentre, de aquí a unos años, cotejando la fuerza de lógicas alternadas, puliendo los conceptos disciplinares al mismo tiempo que los inserta en matrices controlada y axiomáticamente distintas para observar, con toda intención y escrúpulo, cómo es que actúan cuando el escenario difiere.(...) Lo anteriormente expuesto confluye con las observaciones asentadas a propósito de las relaciones

entre los tipos de problemas y los tipos de formalismos que requieren, comenzando a trazar las líneas para una futura correlación sistemática (típica, paramétrica, en el peor de los casos orientadora) entre *clases* de problemas antropológicos y *modos* lógicos de resolución. Para evitar que, como suele suceder, esa realización se postergue *ad calendas graecas*, la hemos comenzado a sustanciar en nuestros programas de aplicación (Reynoso, comunicación personal)

Pero volvamos a la hipótesis de Newell y Simon en su aplicación original, es decir el ámbito de los modelos en computadora. Esa capacidad de manipular símbolos, compartida entre los seres humanos y las máquinas en las hipótesis originarias, permitió pensar que estas últimas podían utilizarse como herramientas para el razonamiento; entendiendo esto como la habilidad para derivar teoremas o producir algún tipo de razonamiento lógico.

Se puede concebir la IA como un intento de encontrar los elementos primitivos y las relaciones lógicas en el sujeto (hombre o computadora) que refleja como un espejo los objetos primitivos y las relaciones que constituyen el mundo. La hipótesis del sistema de símbolos físicos de Newell y Simon, en efecto, torna la visión wittgensteiniana (que es en sí la culminación de la tradición filosófica racionalista clásica) en una afirmación empírica y basa en ella un programa de investigación. (Dreyfus, 1989:28)

El segundo paradigma, el conexionismo, no proviene de la reflexión filosófica, sino de la propia investigación empírica del trabajo científico (si es que se admite esta división únicamente con carácter expositivo),

Fue inspirada [conexionismo] directamente por la obra de D.O.Hebb, quien en 1949 sugirió que una masa de neuronas podía aprender si, cuando la neurona A y la neurona B fueran simultáneamente excitadas, su excitación reforzara la conexión entre ellas. (Dreyfus, 1989:28)

Claro que esta hipótesis fue desarrollada bajo el auspicio de la matemática estadística, sin la cual estas estrategias no serían posibles; pero lo que verdaderamente llama la atención y nos lleva a ubicarla dentro del ámbito

sintético, es que estos algoritmos poseen la capacidad del aprendizaje. Este aprendizaje puede utilizarse con dos propósitos: el discernimiento de patrones o la búsqueda de patrones. Así, en general, se conocen dos formas de redes neuronales, las supervisadas, asociadas con el discernimiento y las no supervisadas, asociadas con la búsqueda. Los trabajos pioneros en la modelización de las redes neuronales fueron los desarrollados por Warren McCulloch y Walter Pitts en la década del '40. Ellos probaron que

las redes neuronales formales, si se implementan con almacenamientos de memoria indefinidamente grandes, son equivalentes a la clase de máquinas de computación que Alan. M. Turing ha demostrado que son computacionalmente universales (Cowan, 1999:105)

Siendo insospechada su formulación matemática, de lo que se dudaba era de los alcances, en cuanto a teoría del conocimiento, de su implementación. En tanto reconstrucción dinámica, las redes neuronales no precisaban de un marco lógico para llevar a cabo sus tareas. Simplemente aprendían. Ello, sumado a ciertas características que definen al paradigma de las redes neuronales como holístico, más el escaso éxito que demostraron en sus comienzos, merced a limitaciones formales (redes de una sola capa) y a limitaciones tecnológicas (capacidad de cálculo de las computadoras en las que se realizaban las experiencias), motivaron ataques despiadados de parte de los defensores del paradigma de la programación lógica, ejemplificados en los trabajos de Minsky y Papert.

También se le discute hoy día, al modelo conexionista, su alcance como modelo del cerebro humano. La excesiva simplificación de los modelos neuronales formales en cuanto a tamaño de las redes y a las configuraciones de las mismas, ha motivado importantes llamados de atención por parte de

los neurobiólogos en cuanto a la distancia inmensa que media entre los modelos y la realidad cerebral. Pero si bien las redes neuronales formales son un esquema muy rudimentario de cómo funciona el cerebro, algunas de sus propiedades resultan asombrosas tanto desde el punto de vista metodológico como desde un punto de vista más puramente utilitario.

La probada capacidad para el discernimiento de patrones se convierte en una fenomenal ayuda para el investigador desde el momento en que puede delegar parte de la tarea de clasificación al algoritmo, concentrándose más en las relaciones entre las clases y en las hipótesis que sugieren esas relaciones. También la búsqueda de patrones ofrece, desde un punto de vista metodológico, un invaluable aporte a la labor investigativa ya que las clasificaciones que encuentra el algoritmo pueden sugerir nuevas relaciones e hipótesis no contempladas por el científico. Desde un punto de vista más práctico son innegables los aportes que han hecho las redes neuronales formales a las técnicas de Data Mining, a los programas de reconocimiento de voz, a los programas de reconocimiento de imagen, y a casi todas aquellas indagaciones, de cualquier tipo, que estén relacionadas con una búsqueda de patrones en ambientes con ruido o poco conocidos.

Queda claro entonces que si bien las redes neuronales formales son un modelo muy rudimentario, no sólo del funcionamiento en sí del cerebro sino también del estado de conocimiento actual de la neurobiología; las perspectivas metodológicas y pragmáticas que ofrecen, exceden por mucho el objetivo primigenio para el cual fueron concebidas; es decir cómo modelo del cerebro.

Otras técnicas de búsqueda

Estos dos paradigmas, que fueron sucintamente presentados, conforman el núcleo originario de lo que se denominó Inteligencia Artificial. Sin embargo, con el correr del tiempo, toda esta aventura tecnológica y científica derivó en otras subdisciplinas tales como el Aprendizaje de Máquinas o Aprendizaje Artificial (machine learning), el Descubrimiento de Conocimiento en Bases de Datos, (KDD por sus siglas en inglés, knowledge discovery in databases), o la Programación evolutiva. Estas nuevas áreas de investigación ya no centran sus esfuerzos en tratar de modelizar el cerebro sino en encontrar algoritmos de búsqueda o de resolución de problemas en entornos dados.

Así surgen técnicas como la de los algoritmos genéticos (GA por sus siglas en inglés, Genetic Algorithms), inspiradas en los mecanismos de selección natural:

[Los algoritmos genéticos] son utilizados en problemas de búsqueda y optimización.

Dado un problema en un espacio en el cual se pueda buscar u optimizar, Gas imitará los patrones de evolución naturales en algún grado como para encontrar aquellos individuos que cumplan con la meta deseada" (Reynoso, 2001:507)

Para lograr esa mímica, estos algoritmos utilizan algunos conceptos utilizados en genética y evolución tales como fenotipo (los valores deseados como solución), y genotipo (los valores codificados), cromosomas (definidos en los GA como strings), genes (caracteres dentro del string), reproducción (el proceso que genera la población basado en los datos de la generación anterior), crossover (el intercambio que se produce entre los caracteres de los cromosomas o strings), mutación (una tasa aleatoria de cambio de caracteres), por nombrar solo algunos. Pero no sólo son utilizados los

conceptos, sino también la mecánica que subyace al proceso de la selección natural. Así, estas cadenas se reproducen; generan nuevos individuos, que heredan caracteres de sus progenitores, que durante el proceso de reproducción son sometidos a mutación y a crossing over, y a una eliminación, en cada ciclo, basada en aquellos strings que no se ajustan al patrón de supervivencia (fitness) dado.

Aquí también sucede lo mismo que con las redes neuronales, en el sentido de que los modelos existentes hoy día en genética, son inmensamente más complejos, al menos en cuanto al detalle de la información química, que los algoritmos genéticos. Pero aunque sean mezquinos en modelizar el mecanismo por excelencia de la naturaleza para con la vida, no hay que dejar de observar que son potentes motores de búsqueda generales. Aptos para resolver problemas si estos pueden calificarse como tales; es decir si pueden ser sometidos a las restricciones que impone el modelo en general.

La primera restricción y tal vez una de las más difíciles de llevar a cabo, es la codificación del problema en términos de los caracteres dentro del string. La segunda restricción, determinante del propio algoritmo, es, sin duda, la función de fitness. No existen reglas estrictas para la codificación, ya que cada caso individual requerirá de una codificación diferente, sin embargo pueden ser esbozadas ciertas líneas generales (Reynoso, 2001) tales como: la identificación de los tipos de datos (que pueden ser continuos o categoriales); la identificación de los valores de los tipos de datos (que pueden ser clases o límites y ejemplos de esos límites); la identificación de las variables (que pertenecen a esos tipos de datos); la implementación de la función de transformación que expresará la adaptabilidad (fitness) en

términos de esas variables y la decisión de maximizar o minimizar la función de adaptabilidad. La capacidad de hallar una solución al problema dentro del espacio de búsqueda, es una gran virtud de los algoritmos genéticos.

No necesariamente se quiere decir con esto que se va a encontrar la mejor solución, pero sí puede afirmarse que el algoritmo garantiza una buena solución. De la función de fitness dependerá, en gran medida, la calidad de la solución. Los algoritmos genéticos no solamente emulan el proceso de selección natural descrito por Darwin y Wallace, sino que se los puede programar para que incluyan una selección del tipo lamarckiana, que ayuda a mejorar la eficiencia del proceso. Existe consenso en la comunidad científica para considerar improcedente la hipótesis de la selección lamarckiana en el ámbito de la naturaleza (aunque Bateson desconfíe); pero nadie podría dudar del carácter lamarckiano que puede atribuirse a la evolución cultural. La capacidad de aprendizaje sumada a la capacidad de transmitir de forma clara, es decir por múltiples canales y con un alto grado de precisión, el producto de ese aprendizaje, posibilita a la evolución cultural asumir una forma lamarckiana, que le confiere, por sobre todas las cosas, velocidad en el proceso adaptativo. Así también la antropología queda emparentada con otra técnica proveniente del aprendizaje artificial. Así la modelización diacrónica de los diferentes aspectos de la cultura se materializa en la computadora, merced a la potencialidad que brindan los algoritmos genéticos.

Existen otras técnicas y procedimientos además de los mencionados (programación lógica, redes neuronales y algoritmos genéticos) que terminan de conformar el panorama de lo que se puede llamar Inteligencia Artificial (valga la aclaración que para algunos autores este rótulo solo se aplica al

paradigma logicista, dejando de lado al resto de las implementaciones). Sin pretender ser exhaustivos, sino simplemente ilustrativos, y haciendo la salvedad de que los procedimientos que restan no son necesariamente métodos de aprendizaje sino principalmente algoritmos de búsqueda o clasificación, vamos a mencionar algunos y comentarlos brevemente, sabiendo que quedan fuera muchos más procedimientos y técnicas de búsqueda.

El primero de ellos es el conocido como Vecino K Más Próximo. El requerimiento necesario para su uso es la traducción de los datos a un espacio de N dimensiones. Dentro de este espacio, el algoritmo comparará a cada dato con el resto de la población, generando agrupamientos, y utilizando para predecir, el promedio de los valores de sus vecinos. Se asume que existe una relación con algún grado de importancia semántica, dada por la naturaleza de la información, entre un dato y sus vecinos.

El segundo método que presentamos es un algoritmo de clasificación denominado Árbol de Decisión. Este mecanismo, con reminiscencias del juego de las veinte preguntas, consiste en tomar un atributo y encontrar un umbral que permita la dicotomización del mismo, es decir que pueda dividirlo en dos; a partir de las dos ramas creadas se puede continuar con el mismo procedimiento escogiendo que ramas son las que presentan interés y cuales las que no. De este modo se genera un árbol que permite clasificar de acuerdo a ciertos criterios, el universo de datos.

El tercero de los procedimientos escogidos para la muestra es el denominado Reglas de Asociación. Con ellas se pueden establecer correlaciones entre los datos, siempre y cuando los atributos estén binarizados, por definición o por

transformación, que den por resultado algún tipo de regla de asociación entre los mismos. Uno de los problemas que se encuentra con este algoritmo es que establece múltiples reglas de asociación, ya que el número de asociaciones posibles es casi infinito aún en un universo de datos pequeño (muchas de las cuales no poseen ningún tipo de importancia para lo que se está buscando); se hace necesario establecer entonces alguna medida que permita distinguir entre las asociaciones relevantes y las que no lo son.

No todas las investigaciones admiten el uso de todas las técnicas, y esto vale tanto para las que aquí fueron presentadas como para las que no, ni todas ellas se presentan en igualdad de condiciones en cuanto su propia capacidad o en cuanto a la facilidad de la implementación o en cuanto a su adecuación a los objetivos de la investigación. Corresponderá a cada investigador tomar nota de las herramientas que existen y de las ventajas o desventajas de su aplicación en la investigación particular.

Capítulo V “Modelos de simulación e Inteligencia Artificial: relaciones e intersecciones”

Beneficios y perspectivas

En líneas generales se observan, desde el punto de vista de los modelos de simulación, dos posibles beneficios provenientes de la Inteligencia Artificial.

Por un lado, la posibilidad de facilitar el manejo de los sistemas de simulación desde el punto de vista de los usuarios; y por el otro, el incremento de la complejidad de los propios modelos de simulación, fundamentalmente de aquellos que entre sus simulaciones incluyan aspectos que involucren la toma de decisiones.

La primera de las líneas esbozadas tiene que ver con la simplificación del manejo de las interfaces por parte de los investigadores (no necesariamente, sobre todo en el área de las ciencias sociales, expertos en computación):

Existe una necesidad de hacer que las simulaciones sean más sencillas (en el sentido de realizar un desarrollo y análisis del modelo de una forma más rápida y correcta) tanto para el desarrollador como para el usuario de la simulación. Shannon estimó que la adquisición de las habilidades esenciales para el uso de un simulador requiere de un año de estudio más dos años de práctica. (...) Así existe una necesidad de proveer con alguna clase de interfaz inteligente para los usuarios que no sólo facilite el acceso al modelo de manera rápida y sencilla, sino que escude al usuario de la falta de experiencia, particularmente en el área del análisis estadístico (O’Keefe, 1989:361)

y tiene que ver también con la posibilidad de emplear algoritmos específicos que permitan testear los diferentes ejemplos o casos que ofrezca la simulación. Es decir, minimizar el costo en tiempo (y por ende en recursos)

que puede tener para los investigadores humanos la comparación de los resultados brindados por los diferentes sistemas en busca de las soluciones óptimas para la investigación emprendida.

La simulación es puramente una herramienta *descriptiva*. Una simulación válida provee simplemente un vehículo para una experimentación apropiada. Diseñar los experimentos, ejecutarlos y analizar sus resultados es una de las partes más difíciles del proceso de simulación. Puede ser una tarea ardua y llena de errores. Por lo tanto, la automatización de esta tarea puede ser un gran paso para hacer más sencillas las simulaciones" (O'Keefe, 1989:368)

En la segunda línea esbozada, lo que se intenta lograr es la implementación de algoritmos (típicamente sistemas expertos, pero que bien pueden ser otro tipo de sistemas) que permitan emular la toma de decisiones, tal cual lo hacen los poseedores del conocimiento del dominio dado o *expertise*. También se busca, desde este punto de vista, complejizar las simulaciones; haciendo los modelos más realistas y ayudando al usuario en el manejo de grandes cantidades de datos.

La aplicación de Inteligencia Artificial a las simulaciones discretas es una apasionante área de investigación. Aquellos que la han desarrollado y aquellos que la utilizan, híbridos entre sistemas de simulación y sistemas de representación del conocimiento, los cuales combinan diferentes métodos de representación del conocimiento y mecanismos de inferencia con un método establecido de simulación, señalan el significativo avance sobre las herramientas de simulación tradicional. Ellos permiten la simulación de sistemas que involucran algunos elementos de la toma de decisiones humanas, modelizados como razonamientos heurísticos, y proveen un entorno que conduce a un rápido desarrollo válido. (O'Keefe, 1989:375)

Las perspectivas que se vislumbran a partir de la comunión de la I.A. con los modelos de simulación son sumamente alentadoras para las ciencias sociales. Las dos grandes propiedades que parecen brotar de este

intercambio, la simplificación en el manejo de los sistemas de simulación y la inclusión de reglas de toma de decisión en esos sistemas, caen como anillo al dedo a las ciencias del hombre.

Es un lugar muy común, y hasta en algunos casos signo de un necio orgullo, la ignorancia de los científicos sociales de todo lo que mínimamente huelga a formal. Así la simplificación del uso de los sistemas de simulación, dejando en manos de la informática ciertos aspectos engorrosos (tales como una interfaz amigable que comprenda el lenguaje natural o un *front end* inteligente, o la aplicación de reglas de inducción para la

generación automática de condiciones de eventos basados en conjuntos de ejemplos
(O'Keefe, 1989:364)

que brinden ayuda a la hora del diseño del modelo, o la automatización de las tareas de testeo, proponiéndole, por ejemplo, al sistema inteligente que encuentre la parametrización óptima para determinado objetivo), facilita el acceso del temeroso antropólogo a una de las herramientas más promisorias que se le hayan presentado en la breve historia de nuestra disciplina.

La posibilidad de la inclusión de reglas de toma de decisión en los sistemas de simulación, transforma a éstos últimos en una pieza metodológica inigualable para el humanista.

La conducta orientada a fines es un clásico en la literatura de las ciencias sociales y tiene su vertiente antropológica más extrema en la corriente conocida como formalismo. Más allá de las discusiones con su contendiente tradicional, el sustantivismo, que dicho sea de paso esta novedosa prestación casi muestra la concordancia y la compatibilidad de ambos "oponentes" (no en cuanto a sus diferencias radicales de si existe una lógica universal o múltiples e "indeterminadas lógicas locales" , sino en cuanto a sus reyertas

económicas sobre la prevalencia del parentesco frente a la denominada “conducta racional” ya que es posible implementar ambas propuestas con estas nuevas herramientas); la posibilidad de complejizar las simulaciones introduciendo reglas de tomas de decisiones, seduce a cualquiera que emprenda una investigación social.

Se han considerado en general en que fases del proceso del desarrollo y uso del sistema de simulación pueden ser útiles estas novedosas técnicas, mal agrupadas por nosotros dentro de la categoría de Inteligencia Artificial. Más específicamente Widman y Loparo señalan las clases de interacción que un sistema experto puede tener con un modelo de simulación.

En primer lugar mencionan el “desarrollo del modelo” y allí señalan tres formas generales: asistencia experta para usuarios inexpertos, mejoramiento en la representación modelizada del sistema real y reducción de la carga computacional de la simulación. Para la primera se establecen dos modalidades posibles de ayuda al nuevo usuario: una relacionada con la especificación y creación de un modelo en particular y la otra relacionada con la selección del mejor modelo para un objetivo de simulación en particular. Con respecto al mejoramiento o complejización del modelo se señalan las ventajas del uso de las reglas de tomas de decisión, que permiten modelizar situaciones más complejas que involucren incertidumbre o información incompleta. La reducción de la carga computacional está relacionada con la posibilidad, no siempre posible, de eludir el cálculo de todas las variables que componen la simulación, mediante algún tipo de cálculo lógico cualitativo.

En segundo lugar aparece mencionada la estimación de parámetros, como una ayuda al usuario inexperto en aquellas tareas que conciernen a la

apreciación de los parámetros del modelo y el testeo de la información ingresada en relación con un objetivo predeterminado. Los sistemas de conocimiento pueden ser utilizados también para ponderar los valores de los parámetros de los datos recolectados en el campo.

En tercer lugar se destaca la utilización de estos sistemas en la validación y verificación del modelo a simular. Los sistemas expertos, mencionan los autores, pueden analizar los resultados erróneos de los tests de simulación, identificando los probables orígenes del error. Así, la herramienta se convierte en un ida y vuelta entre los datos, el diseño del modelo y la simulación, recordando, de algún modo, lo que se denomina en la teoría general de los sistemas *feedback negativo*; eliminando en cada paso los errores emergentes y mejorando el resultado de la investigación.

En cuarto lugar se señala la asistencia en el diseño estadístico del diseño del experimento de la simulación. Se mencionan aquí tres funciones que los SE pueden brindar en la asistencia del diseño del experimento de simulación. 1) sugerencias basadas en los principios generales de simulación y estadísticos; 2) sugerencias basadas en el dominio del conocimiento específico y 3) sugerencias basadas en la experiencia previa del modelo particular seleccionado por el usuario. La apuesta fuerte está dirigida hacia la capacidad de estos sistemas de aprender de la experiencia previa. En general se utilizan en grupos de trabajadores que comparten el mismo modelo para los mismos propósitos.

En quinto lugar aparece el descuido en la simulación; es decir el cuidado en la elección de los algoritmos correctos; que en el caso de los modelos estocásticos, concierne a la elección de las estadísticas adecuadas y en el

caso de los modelos continuos, concierne a la elección de los algoritmos satisfactorios.

En sexto lugar se menciona el análisis del educto de la simulación, o lo que es lo mismo, la capacidad de los SE de ayudar al usuario en la modificación del modelo para alcanzar los objetivos de la simulación. Se aclara luego que de todos los pasos de una simulación, éste es el más intensivo en términos de los sistemas de conocimiento, en cuanto requiere que el SE posea información sobre el modelo y sobre los métodos de simulación en general.

Por último figuran los aportes a la explicación, a la interpretación y a la forma de presentación de los datos del educto de la simulación. Con respecto a la explicación, lo que se busca es que el sistema pueda responder las preguntas que el usuario realiza en función de los resultados de la simulación; por ejemplo en el caso que hubiera una discrepancia entre lo devuelto por la simulación y las expectativas del usuario. Con respecto a la interpretación, se sugiere que en muchos casos, los resultados finales de la simulación sean analizados por sistemas expertos, reduciendo la distancia que media entre sistemas expertos que seleccionan variables relevantes para los objetivos del usuario y sistemas que interpreten esas variables. Con respecto a la forma de presentación de los datos, se menciona que

la selección de tendencias pertinentes y de los datos a ser revisados por el usuario que toma las decisiones, puede ser realizada también por programas de inteligencia artificial orientados a fines, quienes pueden ofrecer sus perspectivas extraídas de casos similares, ayudar a diseñar las preguntas que siguen y asistir en la planificación de nuevos experimentos de simulación que trabajen con cuestiones no resueltas.

(Loparo, 1989:31)

De este modo las posibilidades de un uso efectivo de los sistemas de simulación en conjunción con los aportes de la Inteligencia Artificial se amplían aún para los usuarios inexpertos, pero ávidos de encontrar nuevas herramientas metodológicas.

El paradigma de los objetos

Uno de los puntos estructurales que posibilitaron el contacto entre los modelos de simulación y la Inteligencia Artificial, es el hecho de que en muchos casos ambas técnicas utilizan lo que se conoce en computación, como el paradigma de la programación orientada a objetos. Sin ánimo de entrar en una discusión técnica de lo que significa este paradigma y sus diferentes y no en todos los casos completas implementaciones, vamos a mencionar apenas qué es lo que se entiende cuando se habla de programación orientada a objetos.

En este tipo de marcos de trabajo, se define a un objeto como a aquella entidad de la que se predicen N propiedades que lo representan, que posee una estructura jerárquica a través de una herencia de los objetos y que puede comunicarse con los otros objetos por intermedio de mensajes, que son, en definitiva, solicitudes a los objetos receptores para la realización de una operación en particular. Las tres columnas que definen a la programación orientada a objetos son: la herencia, el polimorfismo y el encapsulamiento. La primera está relacionada con la posibilidad de crear objetos nuevos a partir de los objetos existentes; el segundo está relacionado con la posibilidad de que los hijos puedan implementar sus propias operaciones que no estuvieran

predefinidas en los padres y, a su vez, que no todas las propiedades de los padres sean heredadas por los hijos; el tercero está relacionado con la posibilidad de especificar un tipo de operación sobre un objeto, pero dejando en manos del objeto llamado, la realización o instanciación de esa operación. Estas tres propiedades permiten la modularidad de todo el sistema, es decir la posibilidad de trabajar en las partes aisladamente sin interrumpir los lazos que las unen. Por otra parte reduce la redundancia, que navaja de Occam mediante, favorece la comprensión y el procesamiento. Por último, se puede decir también, que la representación del sistema adopta una pauta de organización que facilita la legibilidad.

Por diferentes caminos, tanto la inteligencia artificial, como los modelos de simulación adoptaron la programación orientada a objetos; si bien vale aclarar que ésta no es la única manera de representar el conocimiento, por un lado y el estado de situación de lo que se pretende simular, por el otro.

El surgimiento de las simulaciones con bases de conocimiento contó con el apoyo que le brindó la convergencia de los métodos de representación que eran utilizados tanto en inteligencia artificial como en simulación. (...) el enfoque "orientado al objeto" que apareció por primera vez en el lenguaje SIMULA, se ha convertido, de diferentes formas, en el decano de la representación del conocimiento en inteligencia artificial. Del mismo modo, puede asegurarse, que un buen número de intentos en la representación de un modelo dentro de una simulación, fueron, de hecho, tempranos intentos de representaciones basadas en reglas. (O'Keefe, 1989:369).

Haciendo un poco de abstracción en cuanto a la manera en que se pretende representar una realidad dada, sea con el fin de emularla para poder conocer un poco más de ella, sea con el fin, recursivo si se quiere, de encontrar las formas en que esa realidad misma es representada, encontramos que la

herramienta utilizada es la misma y que puede definirse, más o menos acertadamente con el nombre de lógica.

No vamos a entrar aquí en la discusión, no sólo porque no nos consideramos aún capacitados para emprender semejante tarea sino porque tampoco viene a cuento a los efectos de esta tesis, sobre las diferencias entre las lógicas convencionales (y es necesario aquí aclarar el plural, ya que al parecer ni siquiera dentro de lo que se denomina "lógica académica" se encuentra una concordancia pacífica y las desavenencias están a la orden del día) (Reynoso, comunicación personal) y las lógicas divergentes o no-convencionales (que dicho sea de paso, algunos autores ni siquiera las consideran como lógicas sino tan sólo como meros formalismos).

Así como cometimos una herejía, tal vez, al englobar dentro del concepto de la Inteligencia Artificial a disciplinas que sus propios cultores admiten como muy distintas entre sí, volvemos a cometer el mismo pecado, englobando a los diferentes formalismos de representación dentro de un marco general que denominamos Lógica. Justificamos este último desliz en función de remarcar lo que a nuestro entender, es una de las claves del acercamiento entre la Inteligencia Artificial y los modelos de simulación. Y esto es, la manera en que en ambas orientaciones buscaron fundamentar sus modelos:

Ambos, los simulacionistas y los trabajadores de los sistemas expertos están relacionados por el modo de representar, en un código legible por la computadora, una realidad externa. (Widman, 1989:32).

en este sentido se puede mencionar el trabajo de Zeigler y Zhang "The system entity structure: Knowledge Representation for Simulation and Design", en el que los autores desarrollan un marco de trabajo formal que utiliza los dos modos de representación del conocimiento provenientes tanto

de la Inteligencia Artificial como de los modelos de simulación; con el énfasis puesto en la estructura del sistema para el primero y en la conducta del sistema para el segundo.

Los esquemas de representación del conocimiento en I.A. van más allá que los modelos de formalismos clásicos al permitir nuevas dimensiones de la representación, tales como inferencias de nuevos conocimientos, acceso asociativo y de otros tipos al conocimiento existente, búsqueda de patrones y metaconocimiento. Si bien estos esquemas pueden organizar una buena parte del conocimiento sobre sistemas que no pueden ser representados con formalismos dinámicos, no son muy aptos para representar ese dinamismo que expresan estos formalismos. (...) Se ha encontrado que la mirada que posee del mundo la simulación de eventos discretos, es altamente compatible con los esquemas de representación de la I.A.. La programación orientada a objetos puede ser observada como proveyendo de una base computacional para la representación del conocimiento, permitiendo al programador asociar métodos con objetos organizados en clases taxonómicas. Estos métodos pueden realizar operaciones sobre el estado global del objeto (el ensamblado de sus encastres) y pueden ser invocados pasando mensajes de uno a otro. Ya en 1965, el lenguaje de simulación de eventos discretos, SIMULA, introdujo la herencia de clases y la asociación de los procedimientos y de las estructuras de datos con las instancias de las clases. No es sorprendente, entonces, que haya habido lenguajes desarrollados para expresar tanto el conocimiento dinámico de los formalismos de eventos discretos y el conocimiento declarativo de los esquemas de los paradigmas de la I.A. (Zeigler, 1989:48).

Es pues, uno de los pilares de la unión entre la Inteligencia Artificial y los modelos de simulación, la representación del conocimiento; proveniente en ambos casos de orígenes diversos. Una luz de atención debe prenderse necesariamente en la imaginación epistemológica del científico social que se topa con este hecho. Ya no se trata del gigantesco Godzilla de cartón-piedra que predica la pringosa exactitud de la medición como condición sine qua

non del formalismo. Se trata de un conocimiento que proviene de una visión del mundo, con ribetes subjetivos, en el caso de la Inteligencia Artificial; y de un conocimiento fragmentado o mejor dicho escaso, del mundo que se pretende emular, en el caso de los modelos de simulación. Ambas formas le cuadran familiares o al menos metafóricas a las ciencias sociales.

No creemos ni esperamos haber contribuido en nada a una teoría de modelos ni siquiera a una teoría de modelos de simulación aplicada a la antropología. Tan sólo aspiramos a haber expresado las ideas y los conceptos con algún grado de orden tal, que las expresiones que vertamos sobre el modelo de simulación aquí presentado y las hipótesis que establezcamos sobre el impacto de los modelos de simulación en la construcción de teoría antropológica, queden dentro de un razonable marco conceptual. Es decir, que puedan ser comprendidas apelando a lo expuesto en esta primera parte de la tesis.

Somos conscientes de las lagunas y omisiones que están sembradas a lo largo del texto y que pueden dificultar la comprensión de lo que pretendemos decir, pero dada la naturaleza de una tesis de licenciatura no pudimos profundizar todo lo que hubiese sido necesario; confiamos en que la coherencia de lo expuesto brinde una cobertura que subsane la falencia brindada.

Las entidades teóricas que forman el entramado lógico que desembocan en los modelos de simulación, incluyendo la simbiosis con la Inteligencia Artificial, son de un alto grado de complejidad que requiere de un prolongado estudio (que, dicho sea de paso, estamos entusiasmados por dar aunque sepamos que nos encontramos en el comienzo del camino).

Capítulo VI “Contexto arqueológico del modelo de simulación VbLlamas”

Epistemología arqueológica y modelos de simulación

Vamos a introducirnos ahora en el sistema que da fundamento a esta tesis y que si bien se utiliza como ejemplificación de lo que puede ser un modelo de simulación aplicado a las ciencias sociales, su desarrollo consistió en un objetivo en sí mismo.

El programa surge de los trabajos conjuntos del profesor Yacobaccio y del profesor Reynoso. El primero con sus aportes arqueológicos, con un énfasis puesto en una perspectiva etnoarqueológica y el segundo con sus aportes metodológicos, teóricos y operativos desde el área de la informática de las ciencias sociales. El objetivo primario del trabajo era la simulación del proceso de formación de un yacimiento arqueológico; es decir, tratar de reproducir las condiciones y los procesos que le suceden a los objetos desde su depositación hasta su encuentro arqueológico. Para ello se contaba con cierta clase de algoritmos que permitían dar cuenta de la degradación de los distintos tipos de registros (que podrían ser restos óseos) y que introducía factores aleatorios que emulaban los procesos tafonómicos a los que son sometidos estos restos. Estos vestigios provenían de la evolución demográfica de una manada virtual sometida a restricciones tanto naturales como culturales.

El desarrollo que se presenta aquí no tiene implementados aún, los algoritmos que emulan los procesos de desintegración y desgaste, tanto los

internos como los externos, de los diferentes tipos de registros. Sí lleva la cuenta de la cantidad de animales muertos a lo largo de cada ciclo, por lo que una incorporación de esos algoritmos no debería ser problemática en un futuro. El programa, entonces, en nuestra versión, emula la evolución demográfica de una población de animales, a la que se le introducen restricciones tanto naturales como culturales.

Pero antes de describir el programa en su totalidad, queremos introducir el marco teórico y metodológico en el que se insertan los modelos de simulación desde una perspectiva arqueológica.

Si bien la arqueología no es nuestra especialidad, podemos afirmar que lo expuesto anteriormente en referencia a la definición y potencialidad de los modelos de simulación es aplicable también a la arqueología y que éstas herramientas pueden ser de una gran ayuda al investigador.

En el clásico trabajo de Lewis Binford "En Búsqueda del Pasado", el autor señala tres líneas metodológicas por las que puede avanzar la ciencia arqueológica. Parte de la idea de que el registro arqueológico pertenece al presente y que las hipótesis que plantea el investigador también pertenecen al presente. Estos restos, con los que trata el arqueólogo, conforman una "estática", (el registro en sí), que es el resultado de una "dinámica", (que incluye tanto las actividades humanas que generaron el propio registro, como todos aquellos factores que modificaron la disposición espacial generada por los humanos). Estas tres líneas metodológicas están en relación con esa estática, pero sirven a su vez para iluminar la dinámica que generó ese registro arqueológico.

La primera vertiente tiene que ver con la etnoarqueología y es la que puede brindar

los nexos entre lo que encontramos y las condiciones que dieron lugar a su producción
(Binford, 1988:28)

y que

sólo pueden estudiarse a partir de pueblos actuales (Binford, 1988:28).

Uno de los modos posibles de observar directamente la relación entre la estática y la dinámica, es decir entre las condiciones de producción y la depositación y transformación en registro arqueológico del objeto, es el trabajo de campo con los pueblos que hoy día conserven aquellas conductas que resulten de interés teórico para el arqueólogo.

Esta focalización establece tal vez una distinción entre la etnografía tradicional, tal como es entendida en el ámbito de la antropología social, y la etnografía etnoarqueológica. Pero esta distinción², desgraciadamente, excede el marco de esta tesis.

Uno de los problemas clásicos de la etnoarqueología tiene que ver con que la población actual que se está estudiando es el producto de miles de años de evolución y adaptación a situaciones cambiantes tanto en lo ambiental como en lo social y tanto en relación con sus vecinos como en su dinámica interna. ¿Hasta qué punto es extrapolable lo observado en las sociedades actuales a las sociedades del pasado?

En primer lugar hay que decir que no quedan muchas alternativas. Si no es posible extraer hipótesis de los grupos actuales, tomando los recaudos del

² Extrañamente pasada por alto por los antropólogos sociales, siendo que las etnografías y los análisis sobre esas mismas etnografías han generado muchísima literatura. Merecería al menos un artículo en profundidad que pusiera en claro tanto las similitudes como las diferencias, así como las ventajas y las desventajas que puedan implicar ambos tipos de estrategias

caso, la arqueología podría quedar condenada a una mera clasificación de los objetos encontrados, sin posibilidad de establecer hipótesis explicativas que den cuenta de la dinámica que generó esos registros. En segundo lugar, porque mal que le pese al particularismo extremo, las estrategias que pueden adoptar los grupos humanos no son incontables, sino, al menos en sus líneas generales, acotadas.

Frente a una situación de contacto cultural, las opciones pueden ser, diría Gregory Bateson, reducidas a dos: o se logra un cierto equilibrio dinámico entre ambos grupos o se fusiona uno dentro de otro. Frente a los condicionantes del medio ambiente, los modos de producción que pueden erigirse como respuesta, están condicionados a unos pocos tipos que se reiteran a lo largo de la literatura. Si se nos permite utilizar una metáfora de la programación orientada a objetos, podemos decir que las instanciaciones particulares de las clases pueden ser múltiples y variadas, pero las clases base que le dan origen, se remiten a unos pocas.

La segunda vertiente metodológica señalada por Binford es la denominada "arqueología experimental" y es definida del siguiente modo:

Comprende la recreación experimental de sucesos o procesos que sabemos deben haber ocurrido en el pasado, para observar cuál habría sido el resultado arqueológico (Binford, 1988:28).

Esto permite

evaluar hasta que punto podemos aceptar lo que vemos como directamente referible al pasado, o como algo deformado de manera diversa por los procesos intermedios (Binford, 1988:28).

Esta sugerencia metodológica abarca desde la emulación de ciertas técnicas tradicionales tales como el tallado de líticos o las técnicas de descarnado y

descuartizamiento de animales, hasta la generación de modelos que permitan la recreación de determinados acontecimientos del pasado.

Es cada vez más frecuente el uso de la arqueología experimental por parte de los investigadores. Inclusive se encuentra, casi siempre, entre las ofertas académicas, tanto de grado como de postgrado. Si bien, como se señaló en el párrafo anterior, el rango de la arqueología experimental es muy amplio; en general se asocia a esta modalidad con el estudio y la reproducción de determinados tipos de técnicas puntuales. Los trabajos basados en esta modalidad son cada vez más frecuentes y su ocurrencia ha dejado de ser una novedad para incorporarse al bagaje metodológico cotidiano del arqueólogo.

El otro aspecto de la arqueología experimental, decíamos, tiene que ver con la emulación de procesos que han sucedido en el pasado; con el objeto de verificar su comportamiento con los datos que se encuentran en el presente. Aquí nos acercamos, aunque Binford no lo dice explícitamente, por vertiginosos senderos, a los modelos de simulación y a la definición que venimos presentando a lo largo de esta tesis.

El desarrollo original al que tiende el programa aquí presentado se inscribe dentro de esta vertiente metodológica. Los modelos de simulación tienen mucho que aportar en aquellos ámbitos en los que es muy difícil la experimentación directa. Al igual que en otras ciencias como la Astrofísica, en donde es imposible manipular los objetos celestes con el fin de someterlos a experimentación; en la arqueología existe también una enorme cantidad de problemas a resolver que no pueden ser manipulados directamente. Nadie podría proponer a su grupo etnoarqueológico que siguiera tal o cual

estrategia con el fin de contrastar una determinada hipótesis, ya que esto podría acarrear la extinción, sin más, del grupo estudiado.

Sin embargo, sí es posible aplicar determinadas estrategias a un modelo de simulación para evaluar lo que acontece con los resultados, sin necesidad tampoco de esperar que transcurra el tiempo real, sino simplemente esperando que se consuman los ciclos del procesador, observándolo todo desde la comodidad del gabinete.

Los modelos de simulación de los más diversos temas son cada vez más cotidianos y cada vez más accesibles a los usuarios comunes (Internet mediante); sin embargo no hemos visto que dentro de las ciencias sociales ni más específicamente dentro de la arqueología proliferen ni mucho menos. Repasando los Proceedings de la 29 conferencia del CAA 2001 (Computer applications and Quantitative Methods in Archaeology), realizada en Gotland, Suecia, encontramos, además de la presentación que realizó el equipo del profesor Reynoso (A genetic algorithm problem solver for Archaeology), un solo trabajo en el área, denominado "Visualising the Neolithic transition in Europe", de Thembi Russell, de la Universidad de Southampton y James Steele de la misma Universidad. En él, la simulación era utilizada únicamente con fines expositivos y no existía ninguna posibilidad de manipulación de los parámetros. Valga la aclaración, que no era la manipulación de la simulación uno de los objetivos del trabajo.

Creemos que los modelos de simulación tienen mucho que aportar a la arqueología experimental. Más adelante, cuando llegemos a las conclusiones de esta monografía, desarrollaremos las futuras líneas de

investigación que pueden brotar, a partir del modelo de simulación aquí presentado.

La tercera vertiente que plantea Binford tiene que ver con el uso de los documentos históricos, que sirven

no sólo para identificar los lugares de ocupación antiguos, sino también para informarnos de lo que allí sucedía, que nivel de especialización artesanal existía, por ejemplo, o detalles referentes a la organización social del asentamiento. Una vez conocidos estos aspectos sobre la dinámica del asentamiento, estamos en condiciones de excavar el yacimiento y relacionar los hallazgos con las noticias que poseemos sobre las actividades y procesos que tuvieron lugar hace tiempo. (Binford, 1988:29).

Entre esta clase de documentos nos encontramos con aquellos de los que se nutre la etnohistoria; por otra parte están también las etnografías que se pudieron realizar sobre los grupos en estudio en los diferentes momentos del tiempo. Y obviamente entran también los clásicos documentos que manejan los historiadores.

Cuando se habla de documentos no se refiere únicamente a los documentos escritos; se pueden incluir también documentos visuales (fotografías y filmaciones) y documentos auditivos. Hoy día con la tecnología actual, al margen los magros presupuestos dedicados a la investigación, es posible por un lado contar con un soporte digital único para todos estos tipos de formatos. Cualquier base de datos, inclusive las de escritorio e inclusive aquellas que circulan gratis por Internet, permite almacenar formatos tanto de texto (sin límite salvo el que brinda la propia capacidad de la computadora), como de imágenes como de audio.

Los problemas de indexación y de recuperación de estos tipos de datos son subsanados o bien con índices especiales, los denominados *fulltext* o bien con instrucciones específicas del tipo *getchunk* o *appendchunk*. Estos índices especiales permiten la estructuración de la información que en principio se encuentra desestructurada. En antropología socio – cultural comienzan poco a poco a utilizarse tanto en el tratamiento de los diarios de campo, como de las historias de vida, etc.; pudiéndose encontrar al alcance de un click, algunos programas especializados que facilitan este tipo de tareas, tales como el Etnograh o el Nud.lst.

Por otra parte, cómo se mencionó en la sección en la que se presentaron las nuevas herramientas de búsqueda y clasificación de lo que mal llamamos Inteligencia Artificial, es posible realizar minería de datos en documentos de textos y de otros tipos de formato también.

Todas estas novedosas herramientas, pueden ser de mucha utilidad al arqueólogo en sus investigaciones auxiliares, ya que le permiten estructurar los datos de acuerdo a los objetivos que persigue o guiar a la máquina para que sea ésta la que busque las regularidades.

Las propuestas sugeridas por Binford se han convertido en moneda corriente dentro de la arqueología. Ciertas derivaciones de las vertientes metodológicas cobran interés debido a los avances tecnológicos en el área de la informática. Si bien algunas de las herramientas nombradas ya estaban presentes desde la década del '60, el auge de la computadora personal permitió el masivo acceso a estas poderosas herramientas. Es de esperar que con el paso del tiempo y la internalización del uso de la computadora

como parte indispensable del trabajo científico, estas técnicas se vayan mejorando y comiencen a brindar sus frutos.

Hemos descrito someramente, en un mapa metodológico clásico, como el planteado por Binford, la ubicación de los modelos de simulación. Vamos a señalar ahora el contexto de investigación en el que surge originalmente el VBLlamas y que nos permitirá enmarcar el caso que aquí presentamos. Para ello vamos a brindar un panorama, tal vez escueto, de la discusión en que éste se enmarca.

Capítulo VII “Caza, protección y domesticación”

Algunos aspectos de la domesticación de animales

El problema que guía esta parte del trabajo está relacionado, desde un punto de vista arqueológico, principalmente, con la cuestión de la domesticación de animales. En este caso en particular con la aparición de la domesticación en el área sudamericana, tanto en los Andes como en la Pampa como en la Patagonia, de camélidos.

El problema puede ser descompuesto en dos preguntas: la primera relacionada con el por qué de la domesticación y la segunda relacionada con el cómo se logró imponer esta tecnología. También, y principalmente en el área andina, los trabajos apuntan a determinar la posición de la ganadería dentro de la economía de la zona. Esta posición ha tendido a ser subestimada a lo largo de múltiples investigaciones (Yacobaccio, 1998), pero el hecho de que conserve cierta continuidad desde el comienzo del holoceno hasta nuestros días, es una razón más que suficiente para poner en duda la subestimación de que fue objeto.

La domesticación de animales requiere que se cumplan ciertas propiedades, algunas a priori, que se asignan al grupo de animales en cuestión y sin las cuales sería imposible su aprovechamiento económico. Se desprende así que la definición de la domesticación está íntimamente ligada con la de la utilidad económica.

Esta utilidad económica puede ser directa o indirecta; es decir puede estar relacionada con algún tipo de consumo practicado por los propios productores, o puede estar relacionada con algún tipo de intercambio que practique ese grupo humano. O como marca la disyunción inclusiva, ambas cosas a la vez.

Otro de los atributos necesarios es que la estructura social de la especie a domesticar contemple estratos jerárquicos en donde un macho alfa posea un harem con sus crías (Diamond, 1998). Esta característica se torna necesaria para el manejo del grupo de animales, ya que un pastor puede, de este modo, llevarlos y traerlos en tropel, reemplazando, de algún modo, la posición hegemónica en la estructura.

Y otra de las variables a tener en cuenta es el grado de docilidad de los animales en cuestión. Sobre esto puede decirse que, si bien puede ser un rasgo que aumente con el proceso de selección, debe estar presente de antemano, en un grado aceptable, para facilitar el propio proceso.

También hay que hacer notar, aunque este rasgo sea un observable a posteriori, que la domesticación implica un tipo de selección a partir de ciertos atributos fenotípicos reputados como positivos por los domesticadores, que conllevarán una transformación biológica desde los animales originarios hasta los productos terminales. Es decir que concluirá con el control reproductivo absoluto de los animales por parte de los domesticadores. De hecho el registro arqueológico, y aún el histórico sobre el que, por cierto, se fijó Darwin, como punto de partida para su teoría de la selección natural, muestra esta evolución artificial.

Hay consenso en afirmar que la domesticación es un proceso gradual; aunque esto no implica que, tomando en consideración el *tiempo de la especie*, el proceso haya sido lento.

Yacobaccio afirma:

En el mundo cazador-recolector no son desconocidos distintos grados de control de animales y plantas y existen muchos ejemplos etnográficos (Yacobaccio, 2001:262)

y define al control de la siguiente manera:

Por grados de control entiendo todas aquellas prácticas de manejo que no involucran una intervención en la reproducción del animal. Estos van desde el *amansamiento* y tenencia como en el caso de las mascotas, o la *protección* cuando la intervención humana se establece para modificar la relación predador-presa a favor de una especie o población en particular, brindándole cierto grado de resguardo de otros predadores y facilitándole un acceso más seguro a mejores fuentes de alimentación. La domesticación, en cambio, establece una completa tutela humana sobre la reproducción, organización del territorio y alimentación" (Yacobaccio, 2001:262)

También hay un cierto consenso en lo referido a que los conocimientos tanto de la agricultura como de la ganadería estaban presentes en la humanidad tiempo antes de que se adopte esa estrategia de manera generalizada.

La discusión se centra en las causas que motivaron la adopción de esa modalidad económica; siendo que en líneas generales está bastante bien establecido que, tanto la agricultura como el pastoreo, requieren de una gran inversión de horas de trabajo (lo que suele ser rechazado por los seres humanos, que puestos a elegir libremente, escogerán el camino más corto para alcanzar el mismo objetivo); y, lo que desde un punto de vista ecológico es tal vez peor, la supervivencia pasa a depender de unos pocos cultivos o animales. Dicho de otro modo se establece un cambio de una estrategia diversificada a una estrategia especializada.

Se sabe que el proceso de expansión tanto de la agricultura como de la domesticación, comenzó en el Holoceno temprano y que en relativamente poco tiempo cubrió una importante cantidad de zonas en toda la Tierra.

Otro dato consensuado y que aporta en esta discusión, es el aumento en el tamaño de la población durante el Holoceno temprano. Marvin Harris en "Muerte, sexo y fecundidad" establece para el Paleolítico una población de 6.000.000 de personas, para el Mesolítico una población de 8.500.000 habitantes y para el Neolítico una población de 75.000.000 de seres humanos. Las tasas de crecimiento, afirma, van desde el 0.0015 % para el Paleolítico, pasando por una tasa del 0.0330 para el Mesolítico hasta una tasa del 0.1000 para el Neolítico. Si bien estas cifras pueden ser discutidas, nadie duda del crecimiento demográfico que se desató durante este período.

Otra cuestión a tomar en cuenta es el aumento en el nivel del mar por causa de la desglaciación, lo que implicó que desaparecieran bajo las aguas una gran cantidad de tierras; que por el hecho de ser litorales, tal vez poseyeran una buena cantidad de recursos.

Otro elemento a ponderar, dentro del marco del período estudiado, es la desaparición de la mega – fauna, motivada, y aquí cada vez más voces parecen ponerse de acuerdo, por una excesiva predación humana, sea por el refinamiento de las técnicas de caza (Harris, 1987) o motivado por el propio aumento demográfico. Tampoco hay que descartar en este último caso la influencia que pudo tener la modificación del medio ambiente a nivel global en la extinción de esta mega – fauna. Los trastornos climáticos que acarrear esas desglaciaciones masivas pueden ser devastadores.

Los elementos presentados aquí, que acompañaron el final del pleistoceno y el comienzo del holoceno, no son expuestos como causas, sino simplemente son presentados con el ánimo de contextualizar el momento en que surge esta nueva realidad económica en el mundo.

No existen datos tampoco en el registro arqueológico que indiquen que antes de los 10.000 años A.P. existiera un modo de producción que no fuera el cazador – recolector; ni hay indicios de que se haya practicado con intensidad ni la agricultura ni la ganadería. Pero esto no implica de ningún modo, que la estrategia de la caza – recolección haya sido única ni que contara con una escasa variabilidad.

Los cazadores complejos tienen diferencias con los llamados igualitarios o generalizados porque los individuos no tienen iguales oportunidades de acceso a los recursos. Tradicionalmente se pensó que las sociedades de cazadores estaban compuestas por grupos locales socialmente flexibles – sus miembros podían fácilmente pasar de un grupo a otro – y eran pequeñas y móviles (el modelo *Man The Hunter*). Según J. Arnold son complejas aquellas sociedades de cazadores que poseen relaciones sociales en las cuales los líderes tienen control sobre el trabajo de la gente y la diferenciación social es hereditaria (Arnold, 1996:78). La complejidad se constituye sobre la base de 1) ciertos individuos que trabajan para otros bajo la dirección de gente fuera de su grupo familiar y 2) algunas personas, incluyendo a los líderes, tienen al nacer un rango más alto que otros. Esta definición, sin embargo, toma en cuenta sólo a la existencia de desigualdad social como definitoria de los cazadores complejos. Además, se ha planteado que la existencia de recursos abundantes y una alta población eran también necesarias para el surgimiento de la complejidad; aunque, en realidad sólo son condiciones para una eventual institucionalización de las jerarquías (Aldenderfer, 1993:10; Arnold, 1996: 99) (Yacobaccio, 2001:263).

Esta complejidad, eminentemente social, e inferida en el registro arqueológico a partir de ciertos rasgos distintivos, por ejemplo en los enterratorios, puede surgir a partir de una reducción en la movilidad de los grupos cazadores – recolectores. Esta reducción puede obedecer a distintos factores tales como los problemas ambientales o las tensiones en las relaciones con sus vecinos y puede obligar a los grupos que adoptan ese modo de vida a depender más estrechamente de los recursos locales y de la disponibilidad de recursos almacenables (Yacobaccio, 2001).

Esta distinción tipológica entre los diferentes tipos de modos de producción cazador – recolector no necesariamente responde a diferentes estadios evolutivos, sino simplemente a estrategias adaptativas diferenciales en respuesta a determinadas presiones medioambientales. Respondiendo a un atributo de la teoría de los sistemas, la multifinalidad, se establece que a condiciones iniciales similares se puede responder de diversas formas que lleven a condiciones finales disímiles.

Frente a la existencia de conjuntos arqueofaunísticos de camélidos en los yacimientos de la zona Andes Centro Sur, se postula no una domesticación en sentido estricto, sino una *protección*, es decir el manejo de una población animal, pero sin control reproductivo. Yacobaccio nos dice como corolario:

Es interesante, entonces, sostener la idea de que la domesticación comienza en un contexto de cazadores complejos que tenían control de segmentos poblacionales de camélidos en territorios relativamente fijos. Algunos autores plantearon un escenario cazador – pastoril para este momento. Sin embargo, creo que es más adecuado un escenario de cazadores complejos que incluye control de poblaciones de camélidos. La caza – pastoreo como estrategia puede ser empleada una vez que el sistema

pastoril haya comenzado a funcionar siendo iniciada por parte de pastores que cazan y no a la inversa (Yacobaccio, 2001:278);

es decir que pueden ser estos cazadores complejos los que pueden dar pie a una estrategia basada en el pastoreo.

Más allá de las hipótesis que se planteen, el registro arqueológico muestra, según el cuadro presentado por Yacobaccio, un incremento en el uso de los camélidos, medidos por el promedio de porcentajes de NISP (número mínimo de especímenes) para los períodos del Holoceno Temprano, Holoceno Medio y Holoceno Tardío, lo que representa un espacio de tiempo que va desde los 10800 años A.P. hasta los 3000 años A.P., con respecto a otros restos animales, tales como vizcachas y cérvidos.

Hemos planteado, muy escuetamente, un aspecto de los trabajos que enmarcan la aparición del modelo de simulación de las llamas que aquí se presenta. Este es el contexto desde el cual surgen los problemas y las preguntas que motivan el desarrollo del programa. Si bien la capacidad de respuesta del sistema, en función de la enorme complejidad que presenta la evolución de la domesticación, está aún por debajo de satisfacer todas las demandas (y de hecho el programa es apenas una herramienta auxiliar en desarrollo); marca sí una tendencia saludable (que ojalá sea imitada por la antropología social) y un panorama de cómo puede la tecnología ayudar en la tarea científica.

Capítulo VIII “Pastores virtuales”

Descripción funcional

Antes de introducirnos en un ejemplo con datos particulares que ilustre lo desarrollado, vamos a describir funcionalmente el programa presentado en esta tesis.

El sistema emula la evolución demográfica de una población de animales. A los efectos de esta presentación y de las posibilidades de aplicación en el área de la domesticación de camélidos, el sistema viene con valores *por default* que son una representación de una población de llamas. A medida que vayamos presentando la funcionalidad, se hará también una referencia a la posibilidad de *customización* que ofrece el programa. Pero en beneficio de la claridad expositiva y de la plausibilidad de su aplicación como parte de la solución a un problema en particular, revestiremos todas las prestaciones del sistema con los datos que ofrecen las poblaciones de llamas.

Para emular la evolución demográfica de una manada de llamas se parte de una población inicial, que puede ser modificada por el usuario de acuerdo a sus datos reales o hipotéticos, y que está dividida en cuatro grupos; tres corresponden a divisiones etarias y la cuarta categoría hace referencia a los animales castrados.

Tenemos entonces por un lado el grupo de las Crías, luego viene el grupo de las Adultas y por último el grupo de las Seniles; a ellos, como se anticipara, se agrega el grupo de los Castrados. Estas categorías son fijas, no se puede

modificar en su tipología, aunque si pueden cambiarse los rangos de edad a voluntad para ajustarlo a la especie animal que se pretenda simular.

Por defecto las clases de edad vienen diferenciadas del siguiente modo: Las Crías van desde el nacimiento hasta los 2 años (el criterio utilizado fue el del momento en que entran en su etapa reproductiva, lo que puede variar de especie en especie); las Adultas van desde los 2 años hasta los 9 años (aquí el límite está dado por el momento promedio en que abandonan la edad reproductiva); los Seniles van desde los 9 años hasta los 16 años (edad promedio en la que mueren de viejos); los Castrados, en este caso, tienen el mismo rango de edad que los Adultos.

Si se quisiera simular una población en la que no haya Castrados, sea porque se trata de una población natural o sea porque la estrategia que se quiere representar no incluye animales capados, lo que se debe hacer es configurar al programa para que no tome en cuenta la posibilidad de la castración. Cuando describamos el panel de Configuración de Parámetros y el de Interacciones Culturales, el concepto quedará más claro. Por el momento lo importante es advertir que es posible emular el desarrollo demográfico de una población de animales sin castración, es decir de una población natural.

La evolución simulada consiste en un Ciclo, que representa un año terrestre (pero que obviamente para ventaja de los mortales no corre en tiempo real), en el que ocurren una serie de fenómenos que afectan el desarrollo demográfico de la población en cuestión.

Una consecuencia necesaria de este modelo es que cada animal de los que compone el rebaño virtual suma un año en cada ciclo y es de este modo que

cada animal va escalando, a lo largo del tiempo, de categoría etaria en categoría etaria. Es decir, al momento en que la cría cumple los dos años (o dos ciclos), promociona a la categoría Adultas; cuando la Adulta cumple los 9 años, promociona a la categoría Senil; cuando el animal Senil cumple los 17 años, muere indefectiblemente.

Aprovechemos para mencionar aquí que cada grupo, Crías, Adultos, Seniles y Castrados poseen una serie de propiedades que les confieren valores. Para las Crías, los atributos son: un valor ordinal que lo identifica dentro del grupo; un atributo que contabiliza la edad (en años virtuales o ciclos); y un atributo que identifica el sexo del animal. Los Adultos poseen también un valor ordinal; un casillero para contabilizar la edad; una propiedad que identifica el sexo y un campo más que determina si el animal está preñado o no (obviamente la condición necesaria es que el animal sea una hembra). Los Seniles poseen los mismos tres atributos que las Crías, ordinal, edad y sexo. Por último los Castrados poseen únicamente dos campos: el que indica la ordinalidad y el que señala la edad. El atributo que indica sexo fue suprimido debido a la nula injerencia de los castrados en la dinámica de la reproducción.

Cuando se construye un sistema de esta naturaleza, la omisión de determinados aspectos que desde un punto de vista humano resulten ser obvios, pueden ser fatales para la máquina, que en su supina ignorancia no posee ni siquiera sentido común y espera que todas las reglas le sean estipuladas de antemano.

Un modelo de evolución demográfica

Desde un punto de vista analítico que puede ayudar a clarificar un poco la exposición, podemos dividir a la evolución demográfica virtual en tres tipos de crecimiento: Crecimiento Geométrico, Crecimiento Natural y Crecimiento Cultural. Estos tres niveles, no poseen necesariamente correlatos empíricos ni pretenden corresponderse con conductas observables; sino que son categorías que pueden ser aisladas dentro del programa y que fueron de utilidad durante el desarrollo del mismo.

Se contienen en un ordenamiento tal que los atributos del nivel más bajo, Crecimiento Geométrico, pertenecen también al nivel intermedio, Crecimiento Natural, y los atributos del nivel intermedio, pertenecen también al nivel superior, el del Crecimiento Cultural.

En el rango del Crecimiento Geométrico no existen restricciones de ningún tipo salvo las que impone el inexorable paso del tiempo. Las llamas mueren, únicamente, al cumplir los 17 años. Crecen sin ningún tipo de ataduras en una especie de paraíso malthusiano. En este estadio todas las hembras que quedan preñadas tienen crías que llegan hasta el final de sus días y la única condición, además de que exista un macho, para su preñez, es que justamente no estén preñadas. Aquí en el caso de la llama, el período de gestación dura 11 meses por lo que tienen cría una vez por año – ciclo. Esto es customizable si la población animal que se quiere simular posee otro régimen de alumbramientos. En este caso en particular cada hembra da a luz a una sola cría, siguiendo lo que es habitual en este tipo de animales. Estos valores también pueden ser modificados por el usuario de acuerdo al modelo que se quiera implementar.

Con este tipo de crecimiento se podría indagar cual es el techo, sin restricciones, del ritmo de procreación de los animales en cuestión; y aunque se pueden probar diferentes tipos de modelos con diferentes poblaciones iniciales es de esperar, tal cual se estima habitualmente, que el crecimiento demográfico sea, en este caso, exponencial.

En el nivel del Crecimiento Natural se ponen en juego determinado tipo de restricciones que son soportadas por el sistema. Los límites que se imponen tienen que ver con la mortalidad perinatal, que nos va a indicar que porcentaje de los partos son fallidos; con la efectividad de la preñez, es decir que cantidad de las hembras servidas quedará verdaderamente preñada; y con distintos porcentajes de predación distribuidos por categoría etaria, incluidos los Castrados. Estas variables de predación van a indicar que porcentaje del grupo etario es eliminado en cada ciclo. Se subsumen aquí tanto situaciones de enfermedad (se podría simular algún tipo de epidemia que afectara a uno o más grupos etarios), como condiciones medioambientales adversas que provoquen muertes como por ejemplo ataques de predadores.

Si una imposición metodológica exigiera su desagregación, se podría pensar en desarrollar categorías de predación que fueran creadas por el usuario, cada una con su correspondiente descripción y relación con la cantidad de años (ciclos) que hubiera estado activa. Al momento de presentación de esta monografía, esta prestación no se encuentra disponible.

Este tipo de crecimiento puede utilizarse para probar la plausibilidad de determinado modelo de población en condición natural o salvaje. En el caso

que nos ocupa puede aplicarse a una manada de guanacos sin contacto con seres humanos.

En el último estadio que hemos definido, el del Crecimiento Cultural, a las restricciones impuestas en el nivel anterior, se suman aquellas que llevan indefectiblemente la marca del hombre. Se pueden eliminar o agregar animales, seleccionar porcentajes de castrados y proponer frecuencias por ciclo, de agregación o eliminación de los animales, o lo que es lo mismo estipular cada cuantos ciclos se agregan o eliminan animales.

Cómo los niveles esbozados se contienen en un orden creciente, es posible aquí modificar las restricciones impuestas en el nivel anterior. Si la mano del hombre virtual actúa puede modificar, por ejemplo, los porcentajes de predación, rememorando un proceso de *protección*; o también disminuir la mortalidad perinatal, ya que tal vez determinados cuidados que están presentes aún sin alcanzar un grado de domesticación, pueden mejorar los valores de esa variable. Lo mismo puede decirse del valor que señala la cantidad de hembras que efectivamente queda preñada, ya que, si como se sugiere, enfrentar un invierno en malas condiciones puede traer aparejadas reabsorciones de fetos o abortos espontáneos, el valor que indica el porcentaje de preñez puede mejorarse con algunos cuidados que no conlleven domesticación y si, tal vez, un modelo de *protección*.

Los animales pueden ser eliminados o agregados por categoría etaria y por sexo, salvo, obviamente, los Castrados. Las frecuencias de agregación o eliminación no están desagregadas ni por categoría de edad ni por sexo; lo único que indican es cada cuantos ciclos se van a ejecutar los planes de agregación o eliminación seleccionados para todas las categorías. También

en esta instancia se puede activar un chequeo de machos en la manada. Este chequeo cumple una función que observada desde el punto de vista humano puede parecer ridícula, pero que en términos de la máquina puede acarrear la extinción de la población que se está simulando.

En líneas generales, en las estrategias pastoriles, se emplea un solo macho reproductor para abastecer a todas las hembras. La existencia de otros machos con potencialidad reproductiva dentro de la manada redundan generalmente en conflictos que implican una cantidad mayor de trabajo por parte de los pastores. Además se corre el riesgo de perder algún rasgo fenotípico que se quiera transmitir a la descendencia, si ese fuera el caso de la estrategia de reproducción empleada por los pastores. Por lo tanto, se acepta que se utilice un único macho como reproductor.

Ahora bien, en la vida real sucede que, si por algún motivo, ese macho resultara muerto, no existe ningún inconveniente en conseguir un sustituto, sea por algún tipo de alianza con los vecinos o por algún don o contradon que estuviese pendiente o simplemente porque se consigue algún macho joven que eludió la castración, asegurándose de este modo, que estimamos carente de conflicto, la continuidad de la descendencia para el año que viene. En la vida virtual que nos ofrece el modelo de simulación, por el contrario, la ausencia de un macho al momento de la reproducción puede significar la ausencia de una camada de crías en el ciclo que viene; si esa situación continúa, y no es necesario que se sucedan muchos ciclos, la extinción al cabo de los ciclos es irremediable. Para evitar esa situación que aleja al modelo de la realidad, es que se optó por poner la opción de chequeo de machos.

El sistema lleva un recuento de los sucesos de cada ciclo, almacenando los datos por categoría en una grilla, desde la cual se pueden exportar fácilmente a una planilla de cálculo estándar de escritorio. En la próxima versión del sistema se espera guardar toda esta información en una base de datos, que le permita al usuario realizar consultas sobre los diferentes estados en cada ciclo. Hoy por hoy, hay que realizar el pasaje de la planilla de cálculo a la base de datos, si es que el investigador desea trabajar con una, con una operación de copiado y pegado o con una importación desde la propia base de datos.

La información que se está guardando está dividida en los siguientes campos: Una columna que indica el número de ciclo; otra columna que guarda la cantidad de adultas totales que había en ese ciclo; otra que guarda la cantidad de seniles totales que había en ese ciclo; otra para los castrados y otra para las crías. Además existe una columna que almacena la cantidad de muertos totales por ciclo y otra que guarda la cantidad de animales en total, sin contar los muertos, que figuraban en ese número de año. El sistema también guarda desagregados por categorías, por sexo y por ciclos la cantidad de animales vivos y muertos. Para las hembras adultas se almacena también la cantidad de animales que estaban preñados en ese momento. Es decir que se puede saber con precisión que cantidad de hembras adultas había durante el transcurso de un ciclo determinado o saber cuantas crías y de que sexo eran las que murieron durante el mismo período.

Con esta información es que se va a implementar, en la próxima versión, una simulación en paralelo, que refleje la generación del registro arqueológico a lo largo del tiempo; ponderando para su realización la degradación del resto

óseo de acuerdo a los datos que brinde el arqueólogo en función de la densidad del hueso del animal que está siendo simulado; además de introducir algoritmos que den cuenta de los imponderables que le suceden al registro y que permiten su degradación o su supervivencia hasta el encuentro con el investigador.

Algoritmos e interfaz del modelo de simulación

Sin ánimo de aburrir con cuestiones técnicas profundas, vamos a comenzar con una breve descripción de los algoritmos que componen el modelo de simulación. El objetivo de esta sección es que pueda ser evaluada la consistencia y la coherencia de las rutinas empleadas. Desde ya vamos a tratar de describir de tal modo los algoritmos, que no sea necesario un conocimiento previo de programación para entender sus cometidos. Nos guía en esta tarea la certeza de la importancia de exponer las rutinas que componen el sistema, con el fin de demostrar la transparencia del programa. Así mismo consideramos muy importante la posibilidad de que la comunidad científica establezca sus críticas allí donde crea conveniente, ya que de ese modo se garantiza el crecimiento del conocimiento y por ende de la disciplina. Contar con una herramienta como un modelo de simulación, en el que sus relaciones internas están expuestas al arbitrio de cualquiera que se tome la molestia de leerlas e interpretarlas, es un lujo, al menos, para la antropología socio-cultural.

La exigencia que impone la estúpida implacabilidad de la máquina, hace imposible que se la pueda convencer de algo, con argumentos como la

intuición o la grandeza del genio. La especificación paso a paso que necesita la máquina (inclusive en aquellas aplicaciones que tienen cierta independencia como las que brinda la Inteligencia Artificial en donde las especificaciones se pueden encontrar en un meta – nivel), no brinda seguridad con respecto a la realidad que se quiere modelar. Nada garantiza apriorísticamente que el programa cumpla los objetivos pre-fijados. Sí permite, mediante técnicas de debbuging o la simple relectura del código en tiempo de diseño, dar cuenta de los pasos que se siguieron para alcanzar los resultados que se obtuvieron, posibilitando, de este modo, la corrección de aquellas sentencias que se reputen como falaces.

El sistema fue desarrollado en el lenguaje de programación Visual Basic 6.0 con Service Pack 4. Fueron utilizados dos controles que no son nativos del sistema, el Far Point Spread, versión 2.5 y el Tabbed Dialog Control (que si bien es nativo del lenguaje, requiere de su incorporación en los componentes del entorno de desarrollo para poder utilizarlo). El primer control (Spread) es una grilla que nos permite tanto su rápida utilización merced a una implementación sencilla de sus propiedades, como su exportación mediante la operación de copiado y pegado (que permite inclusive seleccionar sólo porciones de la grilla total) a cualquier planilla de cálculo que soporte la función del *portapapeles*. El segundo control mencionado (Tabs), nos permite dividir la ventana principal en paneles u orejas, cada uno con una categoría etaria diferente. El control se utiliza para hacer más amigable la interfaz del programa. No se incluye con la tesis una copia del código fuente, debido fundamentalmente a razones de espacio y de costos del papel.

En el apéndice al final de la monografía, se presentan imágenes de las pantallas. El código fuente se encuentra a disposición de quien lo solicite mediante la entrega de un diskette o CD.

Los objetos que componen el sistema son los siguientes: una ventana de About con información acerca de los autores; otra ventana que permite la configuración de los rangos de Edad de cada una de las categorías etarias; un *Form* donde se cargan los valores iniciales de la población, así como variables que marcan las restricciones del Crecimiento Natural; un *Form* que muestra la información detallada de cada grupo etario por cada ciclo transcurrido; una ventana, similar a la anterior, que muestra información general de cada ciclo transcurrido; una ventana que se utiliza como flotante mientras están corriendo los ciclos, con la misma información que la ventana anterior pero focalizando únicamente en lo que está sucediendo en el ciclo actual; una ventana que se utiliza para cargar las variables que afectarán el Crecimiento Cultural; otro *Form* que permite el ordenamiento de la grilla que contiene cada categoría etaria dada por sexo o por edad y en el caso de las Adultas por preñez; una ventana que muestra los totales generales entre ciclo y ciclo; por último encontramos el *Form* principal que contiene los *tabs* mencionados anteriormente con las grillas por cada grupo y un menú desplegable con las distintas funcionalidades que brinda el sistema.

Dentro del proyecto se encuentran dos módulos de código, uno denominado Configuración, en donde se han declarado la mayoría de las variables globales así como los *types* utilizados y que contiene también una serie de rutinas generales que abarcan tanto ordenamientos como cálculos diversos. El otro módulo, denominado histórico, almacena las declaraciones de las

variables que se utilizan para el guardado de los datos históricos, es decir, de lo ocurrido en cada ciclo; además posee también la rutina que actualiza esos datos.

Por último tenemos dentro del proyecto cinco módulos de clase; uno por cada categoría, Adultas, Crías, Seniles y Castrados y una clase general denominada Llamas. Las clases que representan las categorías etarias poseen propiedades de lectura y escritura pero no métodos; la clase Llamas si posee, además de propiedades de lectura y escritura, métodos que afectan su comportamiento.

Vamos a describir, ahora sí, lo más sencillamente posible el ciclo de simulación. El primer procedimiento que ejecuta el ciclo es el denominado Promociona. En esta rutina se le suma, a cada individuo, un año de vida y si ese año de vida sumado indica que debe modificar su categoría, entonces se lo promociona a la siguiente. De acuerdo a la categoría en la que se encuentre cada individuo, además de sumarle años de vida, se pueden ejecutar otras modificaciones. En el caso de animales hembras adultas que promocionen al grupo de los Seniles, éstas pierden su capacidad de reproducción, ya que se estima que entraron en la menopausia. Los Seniles que superan el rango de edad tolerado (y asignado por el usuario) pasan sencillamente a mejor vida, engrosando únicamente la estadística de los muertos. Los Castrados no presentan ninguna característica especial digna de mención, más allá de que a la edad estipulada pasan a militar en la categoría de los Seniles. Las Crías, si son hembras, y están en edad de promocionar de rango, pasan a la siguiente categoría con el atributo de preñez en positivo. Si las Crías son machos y está asignada la opción de

castrados, se selecciona randomizadamente, es decir mediante un azar generado por la computadora que es función del porcentaje de animales que se pretenden castrar, que individuo pasará al estado de Castrados. Por último, dentro de esta rutina, se actualizan los nuevos valores totales para el conjunto de animales simulados.

Continúa el proceso, leyendo la cantidad de celos por año que posean los animales en cuestión. En el caso que nos ocupa, será de un celo por ciclo. En esta rutina, denominada Parición, se agrega, por cada hembra preñada, una cría al grupo de Crías. El sexo se selecciona randomizadamente con una probabilidad de 50 % de tener uno u el otro. Al final de la rutina se actualizan los totales.

El siguiente procedimiento se denomina Conmuta. En él se establece primero que exista al menos un macho en la manada. Si no existiese ninguno, pero estuviese habilitada la opción de chequeo de machos, entonces se agrega al grupo de las Adultas un nuevo integrante macho. Luego de ello, se recorren todas las hembras del grupo de las Adultas y para aquellas que están en condiciones de ser preñadas, se las somete a un procedimiento randomizado en donde juega un importante papel, la probabilidad de preñez que se consignó en la pantalla de configuración de Parámetros. Si se cumple la condición, el animal queda encinta. Aquí no se actualizan los totales debido a que si bien se modifican propiedades de los individuos, no se agrega o elimina ninguno, con la excepción del macho si es que está activada esa opción.

El ciclo continúa con una rutina denominada Predación. La selección de la predación se establece por categoría y al azar, en función de los valores que

se asignaron en la pantalla de Configuración de Parámetros. Si la que fue escogida para una visita al Hades, está preñada, entonces se descuenta una a la variable que lleva la cantidad de animales encinta, si no, también se descuenta un valor, pero esta vez de la variable inversa. Los Seniles, los Castrados y las Crías no representan ningún inconveniente y su muerte se selecciona de la misma manera que para las Adultas. Al final de la rutina, se actualizan los valores totales.

Luego de la rutina de Predación y siempre y cuando esté activada la opción de las Interacciones Culturales, se procede a ejecutar el procedimiento Agrega; procedimiento que va a estar determinado en la ocurrencia de su disparo por el valor que se haya asignado a la variable que marca la Frecuencia de Agregación.

Este procedimiento ejecuta una rutina de Agregación por cada categoría etaria. Para las Adultas, en primer lugar, obtiene la cantidad de animales por sexo que se van a agregar, luego asigna la edad de cada animal por intermedio de una sentencia de randomizado; por último, si es hembra la asigna como no preñada. Este presupuesto podría ser modificado si el dato tuviera alguna relevancia empírica o fuera sugerido por los usuarios. Al final de la rutina actualiza los totales generales. Para el resto de los grupos etarios, incluyendo los Castrados, el procedimiento es el mismo, con la salvedad del estado de preñez, que no se aplica a ningún otro caso y el sexo de los Castrados que, como su nombre lo indica, no reviste importancia.

Luego de la rutina de Agregación, se ejecuta, siempre y cuando hayan sido activadas las opciones de valores y frecuencias, el código de la Eliminación. Al igual que en la rutina de la Agregación, aquí se llaman a diferentes

porciones de código que correrán por cada grupo etario. Comienza por las Adultas, que son eliminadas de acuerdo a los valores asignados, y escogiendo al azar el animal a eliminar. Se descuenta lo que corresponda de las variables que llevan la contabilización de los animales y se suma lo que sea necesario a las variables que llevan los registros de los muertos. Para el resto de las categorías se utiliza la misma forma, con la excepción de los Castrados que no son divididos por sexo, tal como lo señalamos ininidad de veces. Hasta aquí llega la vida del ciclo.

Resumiendo podemos decir que a lo largo de un año virtual, la población de llamas transcurre por diferentes estados que pretenden emular algunos aspectos de lo que les sucede en el mundo real. Cada animal comienza cumpliendo un año más de vida informática, lo que puede traer aparejado tanto un cambio de categoría como un cambio de estado, muerte si es un senil que superó el tope de vida estipulado o castrado si es una cría macho que fue seleccionada para esa operación.

Luego del cumpleaños, si el animal es hembra y está preñado, dará a luz a una cría nueva. Posteriormente le sucederá que si es hembra y no está preñada, contará con muchas posibilidades de que la inseminen.

Continuará su recorrido en la estación Predación. Aquí se harán presentes las fuerzas de la naturaleza, y las del hombre, si éste reduce la probabilidad de muerte del grupo etario en cuestión, y llevarán a las llamas que fueron aleatoriamente escogidas, a dar una vuelta con Caronte.

Por último se agregarán a la manada los animales estipulados en la ventana de control pertinente y se eliminarán del lote, aquella cantidad que también fuera seleccionada previamente. Con respecto a esta última rutina

relacionada con la Eliminación Cultural, el sistema en esta versión asume que la eliminación es equivalente a la muerte y por ello es que, luego de la misma, actualiza las variables que contabilizan el número de muertos. Entendemos que esto no necesariamente debería ser así, ya que en muchos casos, la eliminación de un individuo de la manada no implica necesariamente su muerte. Estimamos que podría darse el caso, el testimonio etnográfico así lo demuestra, que en determinadas situaciones, los animales se extraigan de la manada con el propósito de intercambiarlos. Esta situación no generaría un registro arqueológico basado en los restos óseos de la manada analizada. Ya que si el animal es entregado en intercambio, sea éste de la naturaleza que fuere, su muerte no se produciría en el seno del grupo virtual de animales que corre a través de los ciclos. Tal vez fuera interesante introducir una distinción en estas rutinas, que permitan identificar que animales son eliminados con el objeto de carnearlos, por ejemplo, lo que sí produciría registro y que animales son entregados en algún tipo de intercambio, lo que no produciría ningún registro.

Entendemos que el mejoramiento del propio modelo de simulación dependerá del uso que se le pueda dar, ya que son los investigadores los que pueden aportar los datos necesarios para que el sistema se convierta en una herramienta verdaderamente útil.

Capítulo IX “Un cybercaso plausible”

Ejemplificación contextualizada

Vamos a mostrar el uso del modelo de simulación con un ejemplo (del que asumimos todas las incongruencias) basado en hipótesis recolectadas a partir de los trabajos del Profesor Olivera “Perfil Etario y rendimiento económico de *Lama Glama*” y del Profesor Yacobaccio “Cazadores complejos y domesticación de camélidos”. Este ejemplo pretende generar un marco adecuado, con el único objeto de ilustrar un caso plausible. Toda contradicción o irrelevancia que pueda ser atribuida, corre por exclusiva responsabilidad nuestra.

Antes de comenzar con la exposición queremos aclarar que este trabajo tampoco pretende ser una investigación acabada ni que sus resultados brinden por sí solos argumentos irrefutables tanto en la contrastación positiva como negativa de las hipótesis extraídas del ejemplo elegido.

Por último queremos dejar asentado que, proviniendo de la antropología social, somos conscientes de nuestra falta de competencia en el ámbito arqueológico; por lo que ciertos conceptos pueden estar desactualizados o expresados con el vocabulario equivocado. Esperamos que nuestros errores no enturbien el potencial de los modelos de simulación.

Algunos de los modelos que mejor se adaptan, estimamos, a las características mencionadas del VBLlamas, son aquellos que intentan dilucidar las diferentes estrategias de matanzas selectivas de animales y el

impacto demográfico que esto provoca en el rebaño durante una determinada cantidad de tiempo.

Este tipo de estrategias suele reflejarse en el registro arqueológico y puede contener ciertas características relevantes. Así lo expresa Olivera:

Un elemento destacable es que en los sitios agro-pastoriles tempranos el perfil etario de las muestras ofrece una sobreabundancia de partes óseas no fusionadas (individuos neonatos y juveniles) por sobre las fusionadas (adultos) (Benavente 1982; Llagostera *et al*, 1984; Olivera 1991, 1997). Esto contrasta con lo que la evidencia muestra para los momentos cazadores – recolectores anteriores (Yacobaccio 1991; Elkin 1996) y para las ocupaciones posteriores a los 1000 años AP (Madero 1993; Mengoni Golañons, com. per.). Si bien no poseemos una explicación concreta para este hecho, he sugerido que tiene que ver con las estrategias de manejo pastoril implementadas en cada época (Olivera 1998). (Olivera, 2001:180).

Esta sobreabundancia en el perfil etario de las muestras en un determinado período de tiempo, lleva primero a preguntarse por la diferencia en el rendimiento económico de los distintos perfiles etarios.

debemos evaluar si los animales juveniles y subadultos ofrecen una alternativa económicamente rentable para el consumo de carne. Dicho de otra manera, se debería establecer si el rendimiento relativo en aporte de carne de un animal es equivalente más allá de su ubicación en el perfil etario. (Olivera, 2001:181).

Luego de implementar un método proveniente de la arqueología experimental, el autor afirma que:

De acuerdo con la evaluación realizada, se puede concluir que los especímenes de la especie *Lama glama* ofrecen perfiles de rendimiento potencial equivalentes, más allá de las diferencias de edad de los individuos. (Olivera, 2001:196),

Esto descarta que la matanza selectiva de los animales, tal como se los encuentra en los sitios, tuviera en cuenta diferencias en el rendimiento potencial de carne de los distintos perfiles etarios.

Se propone entonces que:

la composición de los conjuntos a nivel etario está obedeciendo a causas selectivas que responderían a tomas de decisiones por parte del grupo humano y que deberían entenderse en términos logísticos más globales (p. ej., facilidades de transporte, manejo de la composición de los rebaños, etc.) y no sólo en términos puramente de economía de subsistencia. (Olivera, 2001:197).

Este tipo de estrategias, más complejas que las que se pueden atribuir a una economía de subsistencia, coinciden, al menos en la línea temporal, con el bien documentado proceso de domesticación. Es de esperar que ambos hechos estén bastante correlacionados.

Si bien entre el guanaco en estado salvaje y la llama como producto terminal de la selección artificial existen notorias diferencias fenotípicas, su identificación a través del resto óseo suele complicarse mucho cuando los especímenes no están completos, ni en su totalidad ni en sus partes componentes. A pesar de ello es factible suponer, desde la contrastabilidad, que a períodos más tempranos corresponden ejemplares de camélido salvaje y a períodos más tardíos corresponden ejemplares de camélidos domesticados; y esto último más allá de la controversia que existe con respecto a la evolución de la llama desde el guanaco o desde un antepasado común a ambos.

Se mencionó, algunos capítulos atrás, que la domesticación de animales es un proceso, que a grandes rasgos puede ser distinguido en 3 categorías analíticas: caza, protección y domesticación.

En la primera no hay mayor control sobre los grupos de animales que el que proviene de la matanza de los individuos, sea esta selectiva o no. Cabe la

posibilidad de subdividir la categoría, ya que es probable que la matanza selectiva tenga una incidencia demográfica diferente de la matanza aleatoria. En la segunda el control comienza a ejercerse, si bien no existe todavía un aislamiento genético, y se presume que tiene una fuerte incidencia sobre la demografía del grupo. Aquí no sólo se aplica una presión negativa, como en el caso de la caza, sino que también puede ser positiva, en cuanto a que pueden ser disminuidas las tasas de predación; ya sea porque se los protege de los predadores propiamente dichos, ya sea porque se mejora la "calidad de vida" del grupo proporcionando alimento cuando escasea. También en este caso y como consecuencia de lo anterior puede ser mejorada la tasa de mortalidad perinatal, ya que es plausible plantear que ciertos cuidados en la alimentación pueden afectar a los nacimientos de modo tal de hacerlos más numerosos.

En la última categoría, la domesticación, el control sobre el rebaño es absoluto y el grupo se encuentra aislado genéticamente. En líneas generales se admite que en esta última categoría, los animales han sufrido una transformación fenotípica que los diferencia de los animales que les dieron origen.

Tenemos entonces por un lado un problema empírico que señala la sobreabundancia de restos óseos de algún perfil etario en diferentes momentos del tiempo. Por otro lado tenemos un esquema analítico de cómo pudo haber sido el proceso de domesticación con las tres categorías mencionadas.

Tal vez una de las características del momento de la protección tenga que ver con una presión selectiva sobre la demografía del grupo.

Fundamentalmente eliminando individuos masculinos que no hayan entrado en el período reproductivo, ya que ésta práctica no afecta el equilibrio demográfico y extrae una parte importante de conflicto dentro del conjunto faunístico, además de ser una valiosa fuente de proteínas.

Al mismo tiempo, esta presión, es un factor de selección, ya que en general se suelen escoger a los sementales de acuerdo a atributos fenotípicos que son considerados de relevancia por los actores sociales intervinientes.

Si bien se ha dicho que durante el estadio de la protección, el control en lo que hace a la reproducción del grupo no es total, como en el caso de la domesticación; ya que es factible que algunas hembras sean preñadas por animales que no están bajo éste régimen y que se encuentren en estado salvaje, puede establecerse que esta modalidad implica cierto direccionamiento artificial en cuanto a la trayectoria fenotípica del grupo.

Nos atrevemos a preguntarnos si esta matanza selectiva puede ser aplicada también sobre algunas hembras que no contaran con algunos de los rasgos fenotípicos escogidos como factor de discriminación.

Lo que pone en duda esta hipótesis, más allá de su valor arqueológico real, es la capacidad del rebaño de soportar ese tipo de presión sobre su demografía.

Hemos utilizado nuestro sistema de simulación para poner a prueba el límite de un modelo que plantea una eliminación dirigida en la que se sacrifican también hembras y en el que tanto la predación como la mortalidad perinatal ha sido reducida en unos pocos puntos (como podría suceder en un proceso de protección).

Tanto el modelo como los datos con los que se alimentó al sistema son utilizados aquí únicamente a modo de ejemplo y no pretenden tener relevancia arqueológica; si nos interesa, valga la aclaración, lo que pueda ofrecer la herramienta desde un punto de vista epistemológico y como una opción heurística para el investigador.

El siguiente cuadro muestra los valores iniciales de nuestra población de camélidos virtuales y las incidencias sobre el grupo faunístico de nuestros cyberpastores. En este caso y atendiendo a razones que estimamos pueden tener que ver con el propio proceso de protección, no se han tomado en cuenta animales castrados ni como población inicial ni como grupo posible durante el transcurso de los ciclos.

Totales iniciales del rebaño

- 1 - Población Inicial Total: 50
- 2 - Proporción inicial adultas: 50%
- 3 - Proporción inicial seniles: 10%
- 4 - Proporción inicial crías: 40%

Totales iniciales por clase etaria

- 2.1. - Porcentaje inicial de adultas hembras: 95%
- 2.1.1 - Porcentaje inicial de hembras pariendo: 50%
- 2.2 - Porcentaje inicial de adultas machos: 5%
- 3.1 - Porcentaje inicial de seniles hembras: 95%
- 3.2 - Porcentaje inicial de seniles machos: 5%
- 4.1 - Porcentaje inicial de crías hembras: 50%
- 4.2 - Porcentaje inicial de crías machos: 50%

Restricciones

2.3 - Predación anual adultas: 5%

2.4 - Mortalidad perinatal: 35%

3.3 - Predación anual seniles: 20%

4.3 - Predación anual crías: 5%

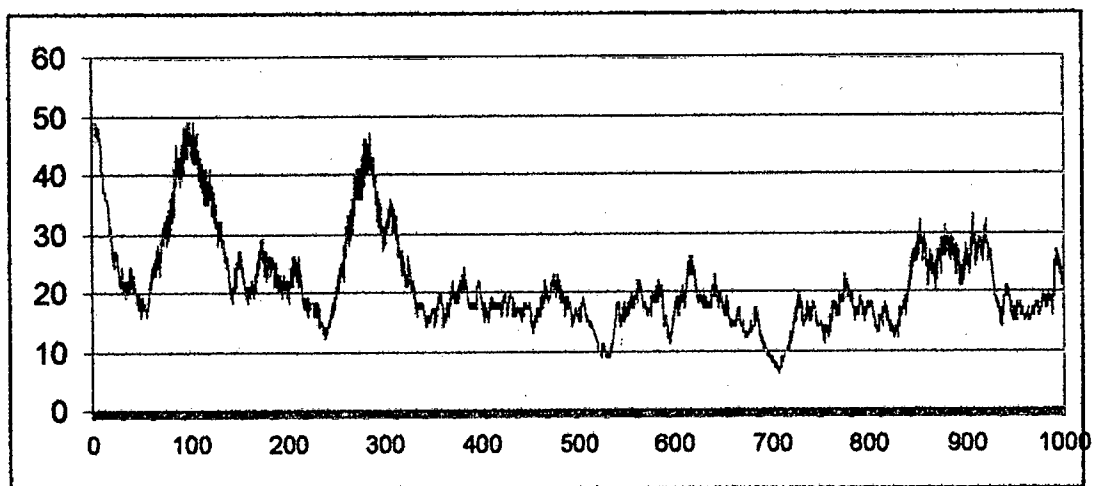
Restricciones culturales

4.4.1 - Eliminación crías hembras: 5%

4.4.2 - Eliminación crías machos: 80%

Al cabo de 1000 ciclos, equivalentes a 1000 años, la población no se extinguió, si bien por momentos contó con una escasa dotación de animales.

A continuación se muestra la representación gráfica del proceso de simulación para los valores detallados.



Se observa que, por momentos, la población total del grupo desciende a menos de 10 animales y que, a lo largo del proceso, nunca superó el total inicial de 50 individuos.

Si bien este ejemplo es sólo una muestra con un fin didáctico y expositivo (en una investigación que tome realmente en cuenta la hipótesis del límite de la presión demográfica sobre una población de camélidos, no basta con una sola prueba hecha en el modelo, sino que se necesitan de varios testeos, habida cuenta del factor azaroso que fue incorporado en los diferentes procedimientos que componen el ciclo evolutivo); nos permite sostener la hipótesis, al menos desde un punto de vista matemático, sin un riesgo de extinción total para la pequeña población escogida.

No es nuestra intención que los datos particulares que utilizamos en este ejemplo tengan algún isomorfismo con la realidad; si nos preocupa que las categorías que conforman el modelo y los procesos que lo dinamizan, reflejen un esquema coherente que contenga una potencial utilidad heurística.

Una objeción posible al ejemplo aquí planteado, es la que afirma que la configuración de las restricciones que se aplican a la población no son las mismas todos los años (ciclos) y que su variabilidad puede ser muy amplia debido a la dependencia de estos factores de los cambios producidos en el medio ambiente y al interior del propio sistema social.

Frente a ello el VbLlamas ofrece, en lo inmediato, la posibilidad de modificar estos parámetros ciclo por ciclo (en forma amanuense) y que estos cambios sean aplicados en los ciclos subsiguientes. Conociendo el entorno de la población que se desea simular en su devenir evolutivo, es posible plantear

hipótesis de tendencias de restricciones y aplicarlas allí donde se crea conveniente.

En las próximas versiones del sistema se habilitará la posibilidad de programar mediante *scripts*, los sucesos que se ejecutarán a lo largo de los ciclos, permitiendo al usuario controlar con más precisión el devenir de la población virtual, modificando los parámetros de acuerdo a valores umbrales de las variables que determine el investigador como relevantes en arreglo a sus necesidades.

Conclusiones y perspectivas

Uno de los problemas importantes que conlleva en su estado actual el sistema de simulación que aquí fue presentado, tiene que ver con la cantidad de intentos que se deben realizar para alcanzar un objetivo aceptable.

La sensibilidad a los pequeños cambios y la cantidad de variables que se manejan, que por cierto pueden parecer pocas pero que cuando se combinan se toman en un número interesante; hacen crecer velozmente el número de procesos de simulación que se deben ejecutar en la búsqueda de una configuración adecuada.

Si los objetivos tienen que ver con encontrar todas aquellas configuraciones que logran a lo largo de los ciclos un grado de estabilidad demográfica, sin un crecimiento exponencial ni tampoco una extinción completa, es decir con un cierto grado de equilibrio; se deberían pasar muchísimas horas en el laboratorio frente a la computadora realizando todos los ensayos que fueran necesarios. Esto implica mucho más tiempo del que pueda utilizar cualquier equipo de investigación.

La solución plausible a este problema, que afecta nada menos que la disposición para el manejo del sistema, al menos en un número restringido de búsquedas de configuraciones, proviene del ámbito de lo que hemos mal llamado "Inteligencia Artificial". Más específicamente de una de las nuevas herramientas de búsqueda que más promete al campo de las ciencias sociales, al menos de la antropología y la arqueología; nos estamos refiriendo a la posibilidad de incorporar algoritmos genéticos a nuestro desarrollo.

Debido a la capacidad de los algoritmos genéticos de resolver problemas, siempre y cuando estos puedan ser codificados como tales en base a las especificaciones del propio algoritmo y en los que puedan ser asignados apriorísticamente el grado de adaptabilidad de las cadenas involucradas, y a la probada capacidad de ser útiles en la búsqueda de patrones, es que consideramos que los G.A. tienen mucho que aportar a una herramienta como el simulador que aquí presentamos.

Encontrar las configuraciones adecuadas que satisfacen los criterios estipulados dejará de ser la ardua tarea del operador del simulador, para pasar a ser la tarea del algoritmo genético. La esperanza planteada anteriormente de poder correlacionar diferentes modelos de presión demográfica sobre la población animal con diferentes tipos de economía deviene un poco más real, valga la paradoja, apelando a los algoritmos genéticos en conjunción con el modelo de simulación trabajando sobre la población de camélidos virtual.

Las estimaciones que proponga el arqueólogo podrán ser testeadas y comparadas con aquellas que proponga el algoritmo genético.

Este es, entonces, nuestro deseado próximo paso. Adaptar un algoritmo genético (que estamos desarrollando con el equipo del Profesor Reynoso), al modelo aquí presentado.

También nos debemos una distribución del programa a todos aquellos investigadores interesados, ya que van a ser ellos, con el uso cotidiano de la herramienta, quienes nos marquen el camino a seguir, señalando tanto los errores de concepto, cómo los *bugs* que todo sistema lleva consigo, cómo los

futuros desarrollos que sean necesarios para lograr una poderosa herramienta de investigación.

El futuro de las ciencias sociales está, por una parte, íntimamente vinculado con el desarrollo tecnológico y con la capacidad de adaptación de los investigadores a las nuevas herramientas que el amplio campo del conocimiento ofrece. Por otra parte, y hoy más que nunca, el futuro también depende del compromiso social que asuma el investigador y de los objetivos éticos que deben guiar toda investigación científica.

Los arqueólogos, mucho más que los antropólogos están dispuestos a aceptar la ayuda que brinda la tecnología y así, poco a poco, van ampliando las plantillas que dibujan en el terreno con los GIS que tienen cargados en sus computadoras, y las coordenadas de los sitios son corroboradas también mediante el uso de GPS.

Los antropólogos sociales sean tal vez un poco más reacios a la adopción de las nuevas tecnologías. Esto puede ser debido en parte a ciertas modas intelectuales reaccionarias, que atribuyeron ciertas características al objeto de estudio de la ciencia del hombre, que lo señalan como inmanejable con las categorías de la ciencia y que confiaron más en la brillante intuición que en el denodado esfuerzo que requiere el método.

Pero la maquinaria del destino ha sido puesta en marcha, y valga como modo de advertencia, todas las ciencias sociales, tarde o temprano, deberán vérselas con las nuevas tecnologías. Y es que mucha de la tarea que hoy día se realiza a la manera amanuense, puede ser hecha en una computadora con una notable superioridad en la velocidad.

En un mundo en donde las libertades son cada vez más restringidas y las situaciones de desigualdad social son inauditas en la historia, con un grado de concentración de la riqueza en un círculo también cada vez más restringido; el papel del científico social y sus objetivos a la hora de hacer ciencia deben hacerse absolutamente explícitos y oponerse al actual estado de las cosas.

Los periodos de la historia en los que se ejerció más crudamente la represión contra las gentes, han sido también aquellos en los que se intentó coartar, con más asiduidad, la libertad de investigación. Y es que ambas cuestiones van correlacionadas, al menos en lo que a la historia se refiere.

Demás está nombrar las calamidades que azotaron a la mayor parte de la población durante la última década del siglo XX. Desde guerras de baja, mediana y alta intensidad, pasando por hambrunas y pestes (inclusive con rebotes de enfermedades que se creían superadas), continuando con condiciones laborales y sociales que retrocedieron más de cien años, hasta esa suerte de homogeneización simbólica que trajo aparejada la caída del bloque soviético y que motivó a muchos a plantear que la única sociedad posible era la basada en el capitalismo.

El rol de la ciencia, dentro de este crítico contexto, debe ser liberador y esa liberación debe iniciarse con el libre pensamiento. El científico, por la propia naturaleza de su trabajo, debe estar siempre atento a no incurrir en dogmatismos o necedades.

La antropología ya está madura, en términos cronológicos, para la adopción de las nuevas herramientas epistemológicas. Ya ha sido superado el deslumbramiento inicial, allá por la década del '60 y la posterior desilusión

(bastante parecida, valga la metáfora, con el *flash* de ciertas drogas y el correspondiente *mono*) de comienzos de los '70 que degeneró en un oscurantismo escolástico que ni siquiera portaba el estandarte de la razón.

Habrá que ver entonces si esa madurez cronológica se corresponde con una actitud responsable por parte de los investigadores actuales.

Bibliografía

Adrians, P.

(1998), *Data Mining*, Editorial Addison, Londres

Archer, T.

(2001), *Inside C#, Microsoft Press, Redmond*

Ashby, R.

(1960), *Introducción a la cibernética*, Editorial Nueva Visión, Buenos Aires

Bateson, G.

(2000), *El temor de los ángeles. Epistemología de lo sagrado*, Editorial Gedisa, Barcelona

(1990), *Naven, un ceremonial latmul*, Editorial Júcar Universidad, Madrid

(1981), *Espíritu y naturaleza*, Editorial Amorrortu, Buenos Aires

(1976), *Pasos hacia una ecología de la mente*, Ediciones Carlos Lohlé, Buenos Aires

Berkeley, G.

(1980), *Principios del conocimiento humano*, Editorial Aguilar, Buenos Aires

Binford, L.

(1988), *En Búsqueda del Pasado*, Editorial Crítica, Barcelona

Bonavia, D.

(1996), *Los camélidos sudamericanos: una introducción a su estudio*, Instituto francés de estudios andinos, Lima

Castro, D. y Díaz, D.

(2001), "Pattern recognition applied to rock art", en *Computer Application in Archaeology 2001*, Götland, Sweden

Cohen, M.

(1984), *La crisis alimentaria en la prehistoria*, Editorial Alianza, Madrid

Cortada, N.

(1994), *Diseño Estadístico*, Editorial Eudeba, Buenos Aires

Cowan, J.

- (1999), *"Redes neuronales e inteligencia artificial"*, en *El nuevo debate sobre la inteligencia artificial*, Editorial Gedisa, Barcelona
- Childe, G.**
- (1973), *Orígenes de la Civilización*, Editorial Fondo de Cultura Económica, México
- Darwin, C.**
- (1985), *El origen de las especies*, Editorial Edaf, Madrid
- Dennet, D.**
- (1999), *"Cuando los filósofos se encuentran con la inteligencia artificial"*, en *El nuevo debate sobre la inteligencia artificial*, Editorial Gedisa, Barcelona
- Descartes, R.**
- (1993), *Discurso del Método*, Editorial Altaya, Barcelona
- Deutsch, D.**
- (1997), *La estructura de la realidad*, Editorial Anagrama, Barcelona
- Diamond, J.**
- (1998), *Armas, Gérmenes y Acero*, Editorial Debate, Madrid
- Dreyfus, H. y Dreyfus, S**
- (1999), *"Fabricar una mente versus modelar el cerebro: la inteligencia artificial se divide de nuevo"*, en *El nuevo debate sobre la inteligencia artificial*, Editorial Gedisa, Barcelona
- Eglash, R.**
- (1999), *African fractals. Modern computing and indigenous design*, Rutgers University Press, New Brunswick
- Feller, W.**
- (1975), *Introducción a la teoría de probabilidades y sus aplicaciones*, Editorial Limusa, México
- Göbel, B.**
- (2001), *"El ciclo anual de la producción pastoril en Huancar"*, en *El uso de los camélidos a través del tiempo*, Editorial Tridente, Buenos Aires

Godelier, M.

(1978), *Economía, fetichismo y religión en las sociedades primitivas*, Alianza, Madrid

Gould, S.

(1992), *La Flecha del Tiempo*, Editorial Alianza, Madrid

Harris, M.

(1992), *Vacas, cerdos, guerras y brujas. Los enigmas de la cultura*, Editorial Alianza, Madrid

(1991), *Muerte, Sexo y Fecundidad*, Editorial Alianza, Madrid

Herkovits, M.

(1982), *Antropología Económica*, Fondo de Cultura Económica, México

Hofstadter, D.

(2001), *Gödel, Escher, Bach un eterno y grácil bucle*, Editorial Tusquets, Barcelona

Hume, D.

(1998), *Investigación sobre el conocimiento humano*, Editorial Altaya, Barcelona

Husserl, E.

(1998), *Investigaciones Lógicas (I)*, Editorial Altaya, Barcelona

Kant, M.

(1996), *Crítica de la Razón Pura*, Editorial Porrúa, México

Kuhn, T.

(1982), *La estructura de las revoluciones científicas*, Fondo de Cultura Económica, México

Leakey, R. y Lewin, R.

(1999), *Nuestros Orígenes. En busca de los que nos hace humanos*, Editorial Crítica, Barcelona

Lewin, R.

(1993), *Evolución humana*, Editorial Salvat, Barcelona

Malinowski, B.

(1963), *Estudios de Psicología Primitiva*, Editorial Paidós, Buenos Aires

Malthus, R.

(1978), *Primer ensayo sobre la población*, Editorial Alianza, Madrid

Martin, D.

(1983), "Lenguajes Formales y sus autómatas", en *Ciencias de la Computación Vol. II*, Editorial Limusa, México

Marx, C.

(1991), *El Capital*, Editorial Siglo XXI, México

(1984), *Manuscritos de 1844 Economía política y filosofía*, Editorial Cartago, Buenos Aires

Meillassoux, C.

(1975), *Mujeres, Graneros y Capitales. Economía doméstica y capitalismo*, Editorial Siglo XXI, México

O'Keefe, R.

(1989), "The role of artificial intelligence in discrete-event simulation", en *Artificial intelligence, simulation and modeling*, Editorial Wiley, New York

Olivera, D.

(2001), "Perfil etario y rendimiento económico de Lama glama", en *El uso de los camélidos a través del tiempo*, Editorial Tridente, Buenos Aires

Popper, C.

(1991), *La lógica de la investigación científica*, Editorial Rei, México

Rappaport, R.

(1968), *Pigs for the Ancestors*, Yale University Press,

Reynoso, C.

(2001), "A genetic algorithm problem solver for archaeology", en *Computer Application in Archaeology 2001*, Götland, Sweden

(1998), *Corrientes en antropología contemporánea*, Editorial Biblos, Buenos Aires

(1987), *Paradigmas y Estrategias en antropología simbólica*, Editorial Búsqueda, Buenos Aires

(1986), *Teoría, historia y crítica de la antropología cognitiva. Una propuesta sistemática*, Editorial Búsqueda, Buenos Aires

Rothenberg, J.

(1989), "The nature of modeling", en *Artificial intelligence, simulation and modeling*, Editorial Wiley, New York

Russell, B.

(1993), *Ensayos Filosóficos*, Editorial Altaya, Barcelona

Sahlins, M.

(1983), *Economía de la Edad de Piedra*, Editorial Akal, Madrid

Samaja, J.

(2000), *El lado oscuro de la razón*, Editorial Esquivel, Buenos Aires

(1999), *Epistemología y Metodología. Elementos para una teoría de la investigación científica*, Editorial Eudeba, Buenos Aires

Vilá, B.

(1989), *Paisaje con Vicuña*, *Ciencia Hoy*, Vol. 1, Nro 4

Von Bertalanfy, L.

(1991), *Teoría General de los Sistemas*, Editorial Fondo de Cultura Económica, Mexico

Yacobaccio, H., Madero, C. y Malmierca, M.

(2001), "Cazadores complejos y domesticación de camélidos", en *El uso de los camélidos a través del tiempo*, Editorial Tridente, Buenos Aires

(1998), *Etnoarqueología de pastores surandinos*, GZC, Buenos Aires

Zeigler, y Zhang

(1989), "The system entity structure: knowledge representation for simulation and design", en *Artificial intelligence, simulation and modeling*, Editorial Wiley, New York

Apéndice

Pantallas del VBLlamas

Población inicial

Simullamas

Simulación Rebaño Help

Adultas					Series					Castrados					Crías				
	Adultas	Edad	Tiene	Sexo															
1	1	2	Si	Hembra												Total Adultas	30		
2	2	8	Si	Hembra												Total Machos	2		
3	3	6	Si	Hembra												Total Hembras	28		
4	4	3	Si	Hembra												Total Pariendo	14		
5	5	7	Si	Hembra															
6	6	6	Si	Hembra															
7	7	8	Si	Hembra															
8	8	3	Si	Hembra															
9	9	7	Si	Hembra															
10	10	7	Si	Hembra															
11	11	6	Si	Hembra															
12	12	4	Si	Hembra															
13	13	7	Si	Hembra															
14	14	4	Si	Hembra															
15	15	5	No	Hembra															
16	16	7	No	Hembra															

Parámetros Iniciales

Configuración de Parámetros Iniciales

Código: Descripción:

Inicio de Observaciones:

Valores Iniciales:

Proporción Inicial Adultas: Proporción Machos: Proporción Hembras: %

Proporción Inicial Series: Proporción Machos: Proporción Hembras:

Proporción Inicial Castrados:

Proporción Inicial Crías: Proporción Machos: Proporción Hembras:

Ciclo Anual

Proporción de Mort. Perinatal: %

Proporción de Prefez: %

Crías X Ciclo: %

Crías X Cría:

Producción Anual Adultas: %

Producción Anual Series: %

Producción Anual Castrados: %

Producción Anual Crías: %

Restricciones Culturales

Interacciones Culturales durante ciclo anual									
Elimina ejemplares					Agrega ejemplares				
	Cantidad Desde %:	Cantidad Hasta %:	Machos %:	Hembras %:		Cantidad Desde %:	Cantidad Hasta %:	Machos %:	Hembras %:
Adultas			<input type="text"/>	<input type="text"/>	Adultas			<input type="text"/>	<input type="text"/>
Seniles			<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	Seniles			<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>
Castrados	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>			Castrados	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>		
Crías			<input type="text" value="80"/>	<input type="text" value="5"/>	Crías			<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>

Ciclo Anual	
Frecuencia de Eliminación:	Frecuencia de Agregación:
<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="1"/>
Castrados X Ciclo:	
<input type="text" value="0"/>	
<input checked="" type="checkbox"/>	

<input type="button" value="Activar"/>	<input type="button" value="Desactivar"/>	<input type="button" value="Salir"/>
--	---	--------------------------------------

UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES
 FACULTAD DE BILOGÍA Y LINGÜAS
 Dirección de Bibliotecas