

Sistemas Complejos Adaptativos: hacia al análisis de la cooperación entre Guardavidas Costeros.

Germán F. Silva.

Cita:

Germán F. Silva (2008). *Sistemas Complejos Adaptativos: hacia al análisis de la cooperación entre Guardavidas Costeros. IX Congreso Argentino de Antropología Social. Facultad de Humanidades y Ciencias Sociales - Universidad Nacional de Misiones, Posadas.*

Dirección estable: <https://www.aacademica.org/000-080/370>

Sistemas Complejos Adaptativos: hacia al análisis de la cooperación entre Guardavidas Costeros.

Germán F. Silva
Universidad de Buenos Aires.
silva.german@gmail.com

Resumen

Consideramos a los Sistemas Complejos Adaptativos, sistemas compuestos por agentes que interactúan, cuyas acciones se describen en términos de reglas. Éstas últimas se modifican cuando los agentes acumulan experiencia -adaptación-. La interacción continua de estos agentes adaptativos, generan fenómenos de un tipo lógico superior. El objetivo de este artículo es demostrar cómo la forma de trabajo de los Guardavidas Costeros puede ser tratada, estudiada y comprendida en los mismos términos, y con el mismo andamiaje teórico con que se estudian otros fenómenos contruidos como Sistemas Complejos (ej. el Sistema Inmunológico, los Ecosistemas, etc.). La actividad de los Guardavidas en nuestra costa bonaerense, puede ser modelizada entendiendo a los guardavidas como agentes que poseen reglas de cómo y cuándo actuar. El Sistema Costero posee como propiedad que las acciones de los agentes no son dirigidas por una autoridad central; cada Guardavidas decide su accionar a partir de sus propios conocimientos, experiencias, y del contexto en que se suscita cada situación. Es, en este caso, la acción cooperativa la que emerge y se establece como norma en cada rescate que se deba realizar.

Palabras claves

Sistemas Complejos Adaptativos; Cooperación; Modelos basados en Agentes; Forma de Trabajo de los Guardavidas Costeros.

Introducción

Este trabajo explorará los desarrollos teóricos que se han dado en torno a los Sistemas Complejos Adaptativos durante la última década. John Holland, considerado el padre de los algoritmos genéticos, y junto a autores de diferentes disciplinas han logrado sentar las bases de una teoría general que logre dar cuenta de las peculiaridades de esta clase de sistemas.

A la hora de trazar una breve historia de estos desarrollos debemos adentrarnos en uno de los algoritmos derivados de las Teorías de la Complejidad y el Caos, que más se ha utilizado a la hora de modelizar Sistemas Complejos Adaptativos (SCA). Nos referimos específicamente a los Modelos Basados en Agentes (MBA).

Las Teorías de la Complejidad, en las dos últimas décadas, han otorgado a los científicos sociales una gran cantidad de herramientas metodológicas. Encontramos entre estos desarrollos: autómatas celulares, modelos basados en agentes, redes neuronales, redes booleanas aleatorias, algoritmos genéticos, sistemas-L, análisis de fractales, etc. Todas estas nuevas herramientas, en especial las que se refieren a un intento directo de simulación de comportamientos sociales (Autómatas Celulares y Modelos Basados en Agentes) han sido acusadas, acertadamente, por realizar una simplificación de la realidad. Este trabajo no busca explayarse en temáticas epistemológicas, ni realizar una defensa sistemática de dichas metodologías, pero, antes de continuar creemos necesario realizarnos una pregunta ¿No es acaso la función principal, de los modelos en la ciencia, simplificar realidades para luego poder comprenderlas, y si se lo cree necesario, transformarlas?

Tampoco se realizará en este trabajo una descripción detallada del surgimiento de estas ideas, surgimiento que se localiza en las elaboraciones de la Cibernética de Norbert Wiener, Ron Ashby, etc.; luego desarrolladas en la Teoría General de los Sistemas de Von Bertalanfy (Reynoso;2006), y culminando en nuestros días en la creación de grandes marcos teóricos abstractos, o en una serie de algoritmos -ya mencionados-, tal vez demasiados concretos.

El algoritmo en cuestión a ser utilizado en el presente trabajo es el que se ha denominado Modelos Basados en Agentes (MBAs), específicamente lo que se conoce como Sociedades Artificiales. Las cuales se han derivado de otra herramienta, los Autómatas Celulares (AC) cuyo formalismo fuera sistematizado por Von Neuman en la década del '40. Tanto los AC, como los MBAs son construidos típicamente en grillas bidimensionales, donde las células o los agentes responden a sencillas reglas de comportamiento. La conducta de cada uno de los agentes es de fácil comprensión, el problema se suscita en el intento por comprender el sistema en su conjunto:

“El tiempo, con sus ciclos y procesos irreversibles, junto con los efectos agregados de las interacciones que ocurren no en serie sino en paralelo, son lo que produce el salto que desconcierta a la intuición”. (Reynoso;2006: 116)

Gómez Bailón va a describir a los Modelos Basados en Agentes con cuatro características: en primer lugar presentan un compromiso con el individualismo metodológico, haciendo un énfasis en el nivel micro más que en el macro. Es por esta misma razón que los MBAs han de ser también llamados “bottom-up modeling”. La segunda característica es su tendencia hacia los sistemas prioritariamente locales y no-lineales (paralelos), en lo que se observa la falta de una autoridad central. Finalmente la cuarta característica nos habla de la capacidad de estos modelos “para capturar procesos emergentes que no pueden anticiparse intuitivamente” (Gómez Bailón;2004:7)

Ahora bien, este trabajo debe ser entendido en dos sentidos complementarios: a) la búsqueda de isomorfismos, entendiendo por éstos “una transformación destinada a conservar la información” (Hofstadter;1979:57), transformación que pueda dar cuenta de la similitud entre estructuras semejantes, y de esta forma, lograr que la estructura a ser estudiada quede iluminada por los análisis de estructuras similares ya mejor comprendidas; b) implementar los desarrollos teóricos sobre Sistemas Complejos Adaptativos a un caso de estudio concreto.

Cuestiones teóricas: Los Sistemas Complejos Adaptativos.

Antes de pasar a describir las características específicas del Sistema Costero, comenzaremos por caracterizar de un modo general y preciso qué es lo que entendemos cuando nos referimos a S.C.A.

¿Qué poseen en común el Sistema Nervioso Central, el Sistema Inmunológico, los Ecosistemas, la ciudad de Nueva York, y la forma de trabajo de los Guardavidas Costeros? Gracias al estudio de lo que se ha dado en llamar Sistemas Complejos Adaptativos, se ha descubierto que no son pocos los principios fundamentales que se encuentran en el seno de esta gran diversidad de sistemas (Holland.1994).

Los SCA poseen como característica central que, a pesar de sufrir continuas variaciones de sus componentes internos, la coherencia global del sistema frente a estos cambios se mantiene estable. Así como los ecosistemas son estables durante milenios, a pesar de contener individuos que podrían ser considerados fugaces si se los compara con la persistencia de la totalidad.

Otra de las características centrales de estos sistemas, deducible de la propiedad anterior, es que el comportamiento de la totalidad no es deducible del comportamiento de sus componentes. Tal como E. Durkheim explicaba a la Sociedad en relación a los Individuos, se podría decir que los S.C.A. son *sui generis* en relación a sus componentes. Los enfoques holísticos se convierten en los adecuados a la hora de estudiar esta clase de fenómenos (Hofstadter;1979:345)

Estos sistemas se encuentran formados por un número de agentes activos, los cuales poseen una gran variedad tanto en forma como habilidades. Es simple ver esta característica en un ecosistema, donde tenemos una enorme variedad de agentes -y procesos- interactuando en ciclos de materia y energía; o la destacada especialización de los anticuerpos en el sistema inmune.

La propiedad de auto-organizarse que poseen estos sistemas implica la ausencia de una autoridad central. Cada agente ejecuta una conducta a partir de sus propios modelos internos, basándose en el contexto en que se suscita cada situación.

Los SCA no son complejos desde el comienzo, en un primer instante podríamos verlos como simples partes que poseen conductas que son de fácil comprensión. Los problemas surgen a la hora de intentar entender la conducta de estos agentes holísticamente (Reynoso 2006 :116).

Por otra parte, las acciones de cada agente van a ser entendidas como un conjunto de reglas estímulo-respuesta que determinan dicha acción; - si entra un virus, entonces lo saco; si tengo hambre entonces como; si alguien se ahoga, entonces lo rescato; si p entonces q-. Vale la pena aclarar que no consideramos que sean los sujetos del mundo real los que poseen -explícitamente, o implícitamente- esta clase de reglas, sino que debemos entenderlas como una forma clara y de gran fuerza metodológica a la hora de modelizar sus conductas. La combinación de este tipo de reglas, las que podríamos subestimar en un comienzo, si son combinadas permiten modelizar cualquier conducta deseada.

Y es porque consideramos que los agentes poseen la capacidad de modificar estas reglas que rigen sus conductas, que nos referimos a sistemas complejos que son Adaptativos. Alteran las reglas en la medida en que acumulan experiencia sobre el contexto en que se desenvuelven.

Cuando nos referiremos a un contexto no solo lo entendemos en términos espaciales, o ecológicos, al concepto lo ampliaremos hasta abarcar a otros agentes adaptativos. Los agentes tratan de adaptarse a su ambiente como a otros agentes que tienen la misma capacidad adaptativa.

A un nivel estrictamente metodológico, caben destacar las consecuencias que acarrea la existencia de no-linealidad como propiedad de los SCA. J. Holland nos dice sobre esto que:

“...nuestras herramientas más útiles para generalizar las observaciones y convertirlas en una teoría -análisis de tendencias, determinación de equilibrios, medios de muestreo, etc. - quedarán totalmente desafiladas” (Holland; p.21:2004).

Va a ser el enfoque interdisciplinario, el que podrá salvar estas dificultades a la hora de

vislumbrar cuáles han de ser los principios fundamentales que rigen a dicha clase de sistemas. La interdisciplinariedad trae consigo otra gran ventaja, las propiedades oscuras de un sistema pueden ser mucho más obvias y entendibles en otro.

Holland (1995), en la construcción de un mapa que de cuenta del territorio que comprende a los SCA ha elaborado una lista de las propiedades y mecanismos básicos que caracterizan a la totalidad de esta clase de sistemas: Agregación (propiedad), Marbeteado (mecanismo), No-linealidad (propiedad), Modelos internos (mecanismo), Flujos (propiedad), Bloques de construcción (mecanismo), y diversidad (propiedad). Más adelante veremos como se podría amoldar la forma de trabajo de los guardavidas a esta teoría general.

Habiendo descripto la metodología de trabajo: los Modelos Basados en Agentes; y el enfoque teórico que nos mapeará el territorio a recorrer, pasaremos a comentar el caso de estudio que nos ocupa.

Caso de estudio : Sistema Costero

El objetivo de este artículo es demostrar como la forma de trabajo de los Guardavidas Costeros puede ser estudiada, y explicada en los mismos términos, y con el mismo andamiaje teórico con que se pueden estudiar, y de hecho se estudian, el Sistema Inmunológico, el Sistema Nervioso Central, los Ecosistemas, o cualquier otro fenómeno construido como S.C.A.

El punto de partida será lograr una mayor comprensión sobre la cooperación y la toma de decisiones de los agentes en un determinado ambiente de trabajo; precisamente abordaremos la actividad laboral realizada diariamente por los Guardavidas en las costas de la provincia de Buenos Aires, durante los meses que abarcan desde mediados de diciembre hasta mediados de marzo.

Esta actividad en nuestra costa bonaerense, como así en otras regiones, se caracteriza por ser un trabajo donde las acciones no son dirigidas centralmente, cada guardavidas las toma a partir de sus propios conocimientos, experiencias, y del contexto en que se suscita cada situación en particular. No existe en la actividad diaria una autoridad que centralice la toma de decisiones.

La cooperación surge como norma entre los trabajadores de forma constante en cada rescate que deba realizarse. Aunque cada balneario contrata a un único Guardavidas, éstos no limitan su prestación a su parcela de trabajo. Situaciones de cooperación de este tipo no son la excepción a la regla, cada vez que acontece un rescate en un balneario, tres van a ser los guardavidas encargados de devolver la víctima a la playa: el GVs contratado por ese balneario, y sus dos GVs contiguos (denominados laderos). A modo pedagógico dividiremos el rescate en tres etapas. 1) El guardavidas encargado del sector es, por supuesto, el primero en llegar a la víctima. 2) Al llegar y controlar la situación éste espera a sus dos laderos. 3) Entre los tres socorristas sacarán a la víctima, mientras uno la remolca, los otros dos nadan a su lado sujetándola. Los laderos vuelven rápidamente a sus respectivos balnearios.

Recordemos en todo momento que el balneario solo contrata a un único guardavidas, por lo tanto los laderos al partir hacia un rescate en otro sitio, están abandonando el sector donde ellos son los únicos responsables legales. Debido a que para la ley cada guardavidas es responsable de lo que ocurre en su playa, en caso de dificultarse un rescate, al que se lo acusará de negligencia es exclusivamente el contratado por ese balneario. Sin importar estas limitaciones legales, la cooperación sigue siendo puesta en práctica, los guardavidas dejan su puesto de trabajo por un período de tiempo para así poder cooperar con otros socorristas cercanos. De esta forma los agentes se aseguran la ayuda recíproca de sus laderos cuando les sea necesario. A su vez, es necesario indicar que esta cooperación se realiza porque el Guardavidas que toma la decisión de auxiliar en el rescate producido en el balneario vecino es consciente que su playa es en todo momento vigilada por su otro ladero.

Como lo anunciamos, el objetivo de este trabajo es poder construir el Sistema Costero, sistema de trabajo de los Guardavidas en las costas de Buenos Aires, como un Sistema Complejo Adaptativo, buscando isomorfismos con el SCA genérico, construido por Holland, y con otros SCA canónicos ya mencionados.

Supuestos e hipótesis

Mi principal supuesto es que esta forma de trabajo posee un alto fitness en comparación con formas más egoístas de trabajo. Imaginemos que cada socorrista solo tomara para sí la obligación de rescatar personas de su segmento, dejando de lado las víctimas vecinas; ¿qué ocurriría?.

Se debe tener en cuenta al responder esta pregunta un fenómeno que sucede en las playas: la ruptura del banco de arena. Esto es: el banco de arena en determinado sector empieza a ceder a la fuerza del mar, el banco termina por romperse haciendo que el agua que se encuentra entre la costa y el banco comience a circular por el canal recién formado directo hacia el mar. Los Guardavidas denominan a estos acontecimientos “chupones”, debido a que todo lo que se encuentra cercano a él pareciera ser succionado por el mismo mar.

Las características del fenómeno, relevantes a nuestro análisis, es que estas corrientes marinas perpendiculares a la costa, pueden llegar a durar desde varios días hasta semanas. El ancho de las corrientes no suelen sobrepasar los cinco o seis metros, por lo tanto la mayoría de las veces solo afectan a un único balneario. La playa en que se produce el acontecimiento va a aumentar dramáticamente la frecuencia de los rescates por día; debido a que los sujetos próximos a la corriente son arrastrados a través de ella, o nadadores que intentan regresar a la costa por estos sitios entran en pánico al observar como son expulsados, nuevamente, hacia mar adentro.

Ahora bien, con estos acontecimientos medio-ambientales sería impensable una lógica de trabajo egoísta entre los Guardavidas costeros, ya que el que tenga la mala fortuna de sufrir un resquebrajamiento del banco de arena en su balneario llegará a tener decenas de rescates por día, mientras que su ladero tal vez no tenga que realizar ni siquiera uno. Deberá considerarse que cada vez que un Guardavidas tiene un rescate, éste realiza un alto gasto energético, con lo cual al aumentar la frecuencia de rescates en los que debe intervenir, aumenta proporcionalmente el riesgo hacia su propia vida.

Mi hipótesis central es, por lo tanto, que se producirían más víctimas fatales si se adoptara una lógica egoísta en las interacciones que caracterizan esta actividad laboral.

Partiendo de que los agentes –guardavidas- no son agentes racionales, ya que no disponen de información sobre la totalidad de la costa - totalidad del sistema- podríamos sugerir que están optando por el éxito a largo plazo; más que, por las ventajas del corto plazo que otorga la tendencia al egoísmo (muchas son las playas que no sufren chupones en toda la temporada). Esta tensión entre ambas opciones que poseen los agentes, no es otra que la expresada, con rotunda claridad, por el Dilema del Prisionero.

Por lo tanto, mi segunda hipótesis es que se podrá utilizar los extensos desarrollos que se suscitaron en torno a la formalización de interacciones sociales mediante la Teoría de juegos, para así poder iluminar el caso que nos ocupa en el presente trabajo. Básicamente centrándonos en los aportes realizados por Axelrod (1997), quien ha enfatizado la dinámica temporal, entre otras ampliaciones realizadas a esta teoría (Por ej. negación de racionalidad, no disponibilidad de información sobre la totalidad, concepto de “ruido”, conceptos de vigilancia y castigo en el sistema, concepto de reputación, etc.). El presente trabajo renuncia al tratamiento de esta segunda hipótesis, postergándola para un futuro trabajo.

Otro de los trabajos relevantes para nuestros fines, es el realizado por Stephen Lansing y James Kremer (1993) de la Universidad de Arizona, sobre los sistemas de irrigación balineses. Lansing, quien últimamente ha basado sus escritos en las elaboraciones de J. Holland construye el sistema de Irrigación Balines como un Sistema Complejo Adaptativo. Concretamente el estudio versa sobre la cooperación de los agricultores a la hora de establecer los turnos, tanto de regadío como los de

inicio de cultivo. Lo que ha de sorprender es que esta organización se realiza sin la necesidad de una autoridad centralizada. Hemos de considerar esta investigación, porque además de tratar sobre cooperación y toma de decisiones, la modelización desarrollada por Lansing consta de una adaptación de la Teoría de juegos, “*que a diferencia de otros usos, [...] [éste] es afectado por los cambios en las condiciones ambientales*” (Lansing; web, s/f).

Es así, que el fin último de esta presentación es la exploración de isomorfismos; de aquellos procesos fundamentales que subyacen a estos planteos –interacción entre guardavidas, y ciertos esquemas de la Teoría de juegos-. Sin embargo, esto último, solo lo hemos de mencionar como objetivo para una futura investigación. Se desarrollarán algunas ideas tentativas sobre la temática en el apartado Cuestiones pendientes.

Dos son los puntos que deberán ser tenidos en cuenta para que la simulación pueda arrojar luz hacia nuestras hipótesis y supuestos. Denominaremos a la primera instancia, Instancia Metabólica, y a la segunda, Instancia Temporal.

Instancia Metabólica: Los agentes de la simulación representarán Guardavidas, por lo tanto sujetos con capacidades y metabolismos limitados. Esta instancia nos responderá cómo logran la totalidad de los agentes sobrellevar los contratiempos que les otorga el medio ambiente (a través de tasas diferenciales de rescates por balneario).

Instancia Temporal: Los rescates se realizan en períodos de tiempo. Esta instancia nos conducirá a la observación de cómo logra la totalidad de los agentes que todos los segmentos –balnearios- queden bajo la mirada de al menos un GVs en todos los ciclos temporales.

Creemos que ambos aspectos, combinados, nos otorgarán las herramientas para así lograr la comprensión cabal de las hipótesis mencionadas.

Los siete conceptos básicos de los SCA, aplicados.

Retomando a John Holland, quién ha sido el autor que más ha teorizado sobre la presente temática dando el punta pie inicial para una teoría general sobre los SCA; y así dando comienzo al proceso de construcción de una teoría que logre mapear las peculiaridades de esta clase de sistemas; tomaremos la lista de los conceptos básicos que según Holland son comunes a la totalidad de los S.C.A. Estos conceptos dan cuenta de cuatro propiedades y tres mecanismos que se deberían encontrar en los sistemas que se construyen como SCA (Holland 1998:25).

El primer básico, la agregación, da cuenta de lo que en las corrientes sistémicas se ha denominado propiedades emergentes. La aparición de un tipo lógico superior que surge de las interacciones agregadas de agentes (ej. la identidad proporcionada por diversos conjuntos de anticuerpos, movimiento de los embotellamientos en contra-posición al movimientos de los autos). Esta propiedad no culmina allí, ya que los agregados pueden ser agentes en niveles superiores, conformándose así en meta-agentes que pueden agregarse nuevamente para conformar agentes de un segundo nivel lógico, superior al anterior. Y así sucesivamente.

En el Sistema Costero vemos esta propiedad en dos sentidos. El primero, aunque no nos concierne, es el que se refiere a entender a los guardavidas como sistemas complejos en si mismos, desde un perspectiva biológica. Y el segundo sentido se refiere a nuestros objetivos en el modelado, que se basan en la modelización de diferentes clases de guardavidas, las cuales se definirán en base a qué estrategias toman a la hora de producirse rescates. Es así que dentro de la simulación tendremos agregados de guardavidas respondiendo a una estrategia de Toma y Daca, Toma y Daca generosidad, Toma y Daca Contricción, Gana-Persiste /Pierde-Cambia, estrategias estocásticas, etc. Al igual que ocurría en los torneos de Teoría de Juegos organizados por R. Axelrod, tendremos la posibilidad de confrontar los resultados de nuestra simulación con aquellos históricos torneos.

La segunda propiedad es la *no-linealidad*. Entendiendo por linealidad la posibilidad de saber

el valor de un todo, solo sumando los valores de sus partes. Cualquier tipo de relación entre partes y todo que no corresponda con la suma algebraica, evidencia un tipo de relación no-lineal (Holland 1995:38).

En el sistema Costero, esta propiedad se contempla en la acción en paralelo de decenas de guardavidas. El accionar de cada guardavidas es determinado por la acción de sus vecinos, acción que esta siendo ejecutada en base a otras acciones paralelas del resto de los guardavidas.

El concepto de *flujos*, la tercera propiedad, se refiere a las interacciones que se establecen entre los agentes. No sería más que la perspectiva del Análisis de Redes aplicada a los SCA. Donde cada agente representa un nodo, que se vinculan a través de relaciones con otros agentes/nodos. Por supuesto que al ser los SCA por definición diacrónicos, la estructura de esta red se va ir modificando permanentemente. Los nodos/agentes como las interacciones/vínculos pueden desaparecer o aparecer en base a si esos agentes logran adaptarse a su contexto.

En nuestra simulación, la idea de flujos representa a la información que recorre el sistema. Por un lado tenemos la información basada en saber si el vecino cooperará o no en el próximo rescate, que se desprende de la información de saber si el agente vecino pertenece a la misma clase de guardavidas, o dicho de otra forma, si comparte la estrategia con el guardavidas en cuestión.

La cuarta de las propiedades, la *diversidad*, hace referencia a la multiplicidad de variantes en el tipo de agentes que pueden encontrarse en un ambiente determinado. Diversidad en tanto clase de agentes, como en atributos de la misma clase de agentes. Desde la teoría darwinista sabemos la correlación directa entre la existencia de diversidad y adaptación.

En el caso de nuestra simulación esta diversidad se presenta de dos formas paralelas. En un primer momento se contempla en las diferentes clases de guardavidas, representando diferentes estrategias; pero también existe diversidad interna dentro de cada clase. Esta ultima diversidad representa diferencias metabólicas en una primera instancia de nuestra simulación.

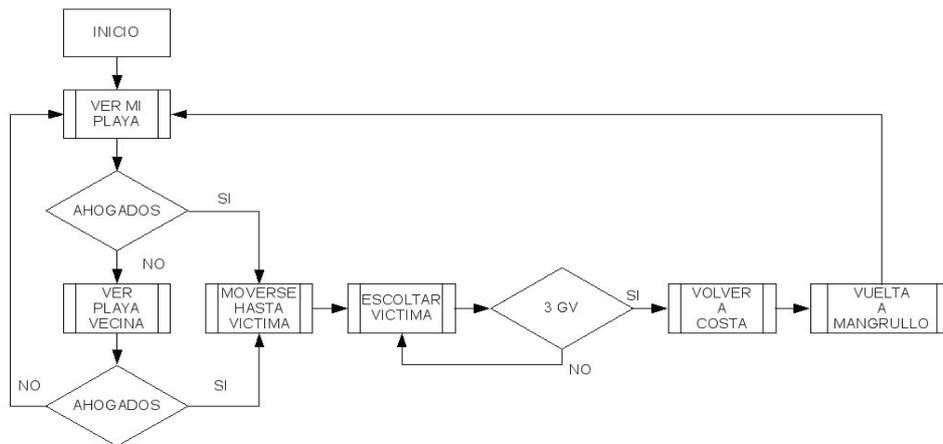
Entre los mecanismos encontramos al *marbeteado*, que se vincula con las propiedades tanto de agregación como con la diversidad. Con este mecanismo nos referimos al proceso de identificación gracias a etiquetas -marbetes-. Aquí Holland nos menciona ejemplos de marbeteado en SCA, por ejemplo algunos serían: Logos de instituciones, empresas; feromonas o patrones visuales posibilitando el apareamiento selectivo. Por lo tanto, las etiquetas hacen posible que los agentes puedan seleccionar otros agentes para establecer las interacciones que correspondan con ese otro agente. “*Las interacciones bien establecidas basadas en marbetes proporcionan una base firme a la discriminación, la especialización y la cooperación*” (Holland;1995:31). En base a nuestro uso social ampliaremos esta definición a fin de que contenga las etiquetas construidas por las experiencias personales de los agentes; si varios agentes tuvieron relación entre ellos estas relaciones van a determinar las futuras ocasiones de interacción, al igual que ocurre con algunas de las estrategias tomadas en el Dilema del Prisionero Iterado -la cooperación se da o no en base a la actitud previa del contrincante (ej. thit for that).

En el caso del sistema costero, el mecanismo de marbeateado se da en base a la estrategia que se pone en juego. Es así como cada agente conocerá de ante mano de qué clase son los GV que los rodean, y a partir de este conocimiento se podrán establecer agregados de agentes en base a una única estrategia.

El segundo de los mecanismos, son los *modelos internos*. Por éstos nos referimos a la capacidad de los agentes por crear mapas que logren dar cuenta de su ambiente. Si el modelo interno de un agente sirve para luego adaptarse a su medio-ambiente y poder anticipar procesos futuros, eso significa que su modelo interno esta siendo efectivo. Este mecanismo se relaciona directamente con las reglas que poseen los agentes. En consecuencia a lo dicho anteriormente, con solo analizar el modelo interno de un agente, esta información nos sirve para inferir cuestiones del medio ambiente que lo contiene.

En el caso de nuestros agentes, los modelos internos van a estar estrechamente relacionados

con la estrategia a tomar por parte de un agente en particular. A modo de ejemplo incluimos un diagrama de flujo que representa un modelo interno de un agente con una estrategia cooperativa.



Por último, comentaremos *bloques de construcción*, el tercer y ultimo mecanismo, como así también el último de los básicos. Relacionado con el mecanismo anterior -modelos internos- esta propiedad básica de los SCA hace referencia a cómo se construyen los modelos internos, y cómo esos modelos pueden ser reutilizados para hacer frente a nuevas situaciones que no estaban contempladas cuando se realizó el primer modelo. La idea fundamental es que los modelos internos se construyen a partir de bloques discretos, muchos de estos bloques son reutilizados, provienen de modelos construidos previamente para eventos similares. Así como el Sistema Inmunológico no contiene un listado de los posibles invasores, las personas no contienen listados de soluciones para todas las situaciones posibles (Holland; 1995:50).

Es así que los agentes de nuestra simulación construyen sus modelos internos a partir de bloques discretos de información. Es este mecanismo el que posibilita a los agentes a adaptarse a cada situación en particular; y/o a mutar a nuevas estrategias a tomar. Estos bloques de construcción permiten a los agentes ser flexibles a circunstancias no previstas. Por ejemplo, en caso de que el sistema no sea capaz de proveer de un tercer guardavidas, un rescate podrá ser realizado entre dos guardavidas. Es así que el modelo interno habrá mutado con la sola variación de un bloque de construcción.

Resumiendo, los SCA a diferencia del resto de los sistemas, demuestran que a pesar de atravesar por grandes cambios que ocurren en sus componentes, estos mantienen su coherencia. Y esta característica peculiar de esta clase de sistemas se debe principalmente a la capacidad adaptativa.

Como vimos, las propiedades y mecanismos que describen a los SCA pueden ser observados con rotunda claridad en nuestro modelo del Sistema Costero. Allí donde Holland se refiere a la propiedad de agregación observamos cómo las diferentes clases de guardavidas, con sus respectivas estrategias tomadas, forman estados agregados. Estos tienen la posibilidad de agregarse, ya que se diferencian gracias a los marbetes que poseen, otras de las propiedades intrínsecas de los SCA. Los marbetes en este caso representan las diferentes clases de GV, las cuales se diferencian por las

estrategias que rigen sus conductas. En nuestra simulación son simplificados al extremo y son diferenciados por diferentes colores. Es así que este atributo de los agentes permite establecer agregados, formando una clase bien diferenciada de agentes, con un tipo especial de reglas; de modelos internos construidos por bloques discretos de información. Es así como los agentes de esta simulación poseen modelos internos que le sirven a éstos para hacer frente a las situaciones por las que atraviesan día tras día en su ambiente de trabajo.

Espacio de exploración del modelo

La construcción de esta simulación en base a la interacción existente entre los Guardavidas bonaerenses en el ámbito de trabajo, no solo nos brindará –hemos de suponer- un nuevo elemento para lograr la comprensión de cómo el sistema se auto-organiza en base a toma de decisiones que son ejecutadas a nivel de los propios agentes. Debido a que ningún Guardavidas sabe qué ocurre más allá de sus balnearios más próximos, ninguno podría ser considerado, según la economía clásica, sujetos racionales que saben lo que ocurre en la totalidad del sistema. Sin embargo estadísticamente los datos sobre la cantidad de víctimas fatales que se producen en la costa argentina en los horarios de trabajo de los Guardavidas, nos indica que el sistema es altamente eficiente a nivel macro.

Esta simulación nos permitirá establecer como respondería el sistema en determinadas situaciones:

- Modificar la Tasa de personas ahogándose por balneario nos demostrará la eficiencia de la totalidad del sistema. A los fines establecidos en el comienzo de este trabajo, suponemos que será nuestra variable central. Establecer que en un único balneario puedan producirse decenas de rescates, y teniendo en cuenta las capacidades diferenciales de nuestros agentes, mostrará como el sistema responde a esa situación gracias a la cooperación que existe como norma.
- Modificar el tipo de Vecindad. Por ejemplo: ¿solo se coopera con el ladero, o con el ladero del ladero? Observar cómo reacciona el sistema ante estos cambios nos permitirá comprender si el sistema se encuentra en su estado óptimo, o si se aloja en sub-óptimos de eficiencia.
- Distribuir de manera heterogénea entre los agentes índices de cooperación diferenciales. Algunos guardavidas cooperaran, mientras que otros no lo harán. En los desarrollos teóricos en torno a la cooperación se ha denominado a este comportamiento como Free-rider (“el que viaja gratis”), “hace referencia a aquel individuo que tomando los beneficios derivados de los contratos sociales deja que otros paguen los costos” (García;2006:13). A partir de estas modificaciones se observará qué sucede con la trayectoria del sistema.

Podrán extraerse de esta simulación otros beneficios, los denominaremos secundarios ya que no han sido tenidos en cuenta cuando se comenzó a realizar esta simulación:

- Modificar la longitud de los balnearios nos hace pensar que se es posible establecer si la longitud se encuentra en sub-óptimos de eficiencia o ya ha alcanzado el óptimo en algunos lugares de la costa.
- Modificar variables como Tasa de Guardavidas y Veraneantes, nos brindará datos de cuántos de los primeros son los óptimos para hacerse cargo de los segundos. Si bien se ha pensado en un único guardavidas por Balneario, sugerimos que en un próximo modelado se podrá ampliar la cantidad de Guardavidas por Balneario.

Consideramos que el espacio de exploración del modelo se ampliará una vez finalizada la programación. Posibles preguntas se suscitarán a raudales al poder observar la simulación.

Cuestiones pendientes

Se conoce como Teoría de juegos a la formalización de las estrategias adoptadas por sujetos o grupos de sujetos, y a la formalización de sus posibles resultados. Esta teoría nos brindará una taxonomía en dónde categorizar nuestro caso en cuestión. También nos otorgará predicciones sobre cómo han de actuar los agentes en determinadas situaciones. La Teoría de juegos en su articulación con los Modelos Basados en Agentes, creemos, nos dará un indiscutido carácter científico a nuestra futura investigación; esta combinación nos permitirá replicar nuestros experimentos cuando así se lo requiriese; y a su vez, comparar el esquema que subyace a nuestro caso con los de otros casos semejantes.

Una vez programada la simulación se podrán comparar nuestros resultados con los obtenidos por los neo-evolucionistas Boyd y Richerson, en tanto que, sus modelizaciones computacionales nos indican que la amenaza del Free-rider,- aquel agente que no coopera-, una vez que se ha instalado en el sistema, termina socavando las bases de la cooperación establecidas en el sistema (García;2006).

La comparación también se realizará con el trabajo de Lansing y Kremer. La simulación, que da cuenta de la cooperación entre agricultores de arroz en Bali, muestra cómo al coordinar globalmente sus cultivos estos sujetos evitan que los parásitos del arroz puedan, fácilmente, emigrar de un campo al otro (lo que si ocurriría si los campos se plantaran bajo un patrón aleatorio). Los logros de este trabajo que hemos de repensar en función de nuestra simulación son:

1. Según una encuesta a los nativos, que sirvió para evaluar la adecuación de los modelos, las simulaciones de Lansing lograron capturar las ideas de los agricultores sobre cooperación y toma de decisiones en escenarios reales (Reynoso;2006:139). Dicho en palabras de Rappaport, Lansing logra dar cuenta del Modelo Cognitivo de los balineses.

2. A su vez, este trabajo corrobora que solo se necesita que los agentes dispongan de información local, para que se generen patrones de cooperación que sobrepasan los límites del cluster donde estos agentes se encuentran. Sobre este último punto, consideramos, que nuestro estudio aportará al viejo debate en las ciencias sociales sobre racionalidad. Se tomará partido, como ya lo hemos dicho, por una concepción de racionalidad que difiere de la concepción de la economía neoclásica. Por lo tanto, al igual que en los agricultores balineses, nuestros agentes no manejarán información de la totalidad del sistema, del mismo modo, sus influencias solo se limitarán al reducido vecindario que los contiene. Es así que los fenómenos emergentes, se producen a partir de relaciones exageradamente locales.

Conclusión

Deberíamos tener en cuenta, al ir concluyendo, el posible fracaso de la modelización proyectada. A nuestro entender ésta se basaría, en caso que existiese, que la simulación se limitase a la comprensión de cuál de las estrategias tomadas por los agentes es la más eficaz, o cuál modo de organización es el más apto para determinada situación, o qué aspectos ponderar para la realización de una futura estrategia. Por lo tanto las conclusiones a las que llegásemos serían de una naturaleza extremadamente particular, apenas pudiendo elaborar conclusiones teóricas que vayan más allá del caso concreto (Gómez Bailón;2004:21).

En cuanto a las conclusiones sobre los alcances de la metodología brindada por los Modelos Basados en Agentes, creemos que éstas otorgan a las ciencias sociales una gran herramienta. Sin

embargo, debemos evitar la propagación de ideas que vean en este tipo de herramienta una teoría consumada. Pensamos que el uso de los Modelos Basados en Agentes tiene un valor central en lo que se refiere a la instancia pedagógica: la construcción de este tipo de simulaciones, permite la formación de una precisión rara vez encontrada en otras heurísticas utilizadas por las ciencias sociales. El comienzo y el fin de la investigación al estar mediados por la presencia de computadoras, y por la actividad de programación, nos crea la imperiosa necesidad de que exista una coherencia lógica, precisión en los conceptos utilizados, y precisión de los datos cuantitativos, entre otros requerimientos; convirtiendo a esta herramienta en una buena base para luego construir, a partir de ella, Teorías. Pero siempre recordando que estas simulaciones en una primera instancia no son más que un conjunto de herramientas metodológicas.

“Los MBAs, con sus hormiguitas y sus premios en azúcar, tienen sin duda cierto toque de estupidez, como si la vida real les quedara grande; pero, en el proceso de su tratamiento, uno se ve forzado a reflexionar sobre las implicancias desbordantes de cualquier enunciado sobre un mundo cultural regido por principios de no linealidad” (Reynoso;2006:141).

En lo personal entiendo que este tipo de herramientas podría articularse, sin inconveniente alguno, con grandes concepciones teóricas que en un primer momento se nos presentan como demasiado lejanas del enfoque ejercitado en el presente trabajo, distantes temporalmente como epistemológicamente. Sin embargo, advertimos cierta correlación con ideas ya planteadas desde hace varias décadas, incluso siglos, en las ciencias sociales.

Bibliografía

- Axelrod, R., 1997 [2004] , La complejidad de la cooperación, Fondo de Cultura Económica, Buenos Aires.
- Axelrod, R. 1997. "Advancing the Art of Simulation in the Social Sciences". *COMPLEXITY - NEWYORK*. 3 (2): 16-22.
- Epstein, J. y R. Axtell, 1996, Growing Artificial Societies: Social Sciences from the Bottom Up, MIT Press, Cambridge (Massachusetts) Cap I Introduction. Gómez Bailón, S. 2004, Sociedades artificiales, una introducción a la simulación social, Revista Internacional de Sociología 39 2004: 199-222.
- García, Ignacio. 2006: Horizontalidad, Autonomía, Democracia Directa y Lucha. Los cuatro principios básicos de la acción colectiva en el Movimiento de Trabajadores Desocupados de San Francisco Solano. En <http://www.antropocaos.com.ar/articulos.htm>
- Hofstadter, Douglas. 1979 [2005]. Gödel, Escher, Bach: Un eterno y grácil bucle. 9a edición, Barcelona, Tusquets.
- Holland, John H. 2004. El orden oculto: de cómo la adaptación crea la complejidad. Sección de obras de ciencia y tecnología. México: Fondo de Cultura Económica.
- Lansing J Stephen.2003. Antichaos, common property an the emergence of cooperation en Kohler, T. Y G.
 - s/f, Página web http://www.ic.arizona.edu/~lansing/biocomplexity_poster.htm
- Lansing, J. Stephen y James N. Kremer. 1993. "Emergent Properties of Balinese Water Temple Networks: Coadaptation on a Rugged Fitness Landscape". *American Anthropologist* 95(1): 97-114
- Lansing, J. S. 2003. "Complex Adaptive Systems". *ANNUAL REVIEW OF ANTHROPOLOGY*. 32: 183-204.
- Lewin, R., 1995, Complejidad. El caos como generador del orden, Barcelona, Metatemas, Tusquets Editores.
- Ostalaza, J.M.B.: Sobre modelos dinámicos de segregación. Universidad de Navarra.
- Rappaport, R., 1987, Cerdos para los antepasados, Siglo XXI, Madrid
- Reynoso, Carlos: Teorías y Métodos de la complejidad y el Caos: Una exploración antropológica. Ed. San Benito, Buenos Aires, 2006.
- Wiener, N., 1985, Cibernética, o el control y comunicación en animales y máquina