

# Comportamiento Emergente e Inteligencia Artificial

Verónica M. Venturini<sup>1</sup>

veronica.venturini@gmail.com

## Resumen

En su libro *Sistemas Emergentes: O qué tienen en común hormigas, neuronas, ciudades y software*, Steven Johnson describe cómo se desarrolla el comportamiento ascendente en diferentes aspectos de la vida, y cómo a partir del estudio de estas conductas, evoluciona la computación convencional hacia la Inteligencia Artificial.

**Palabras Claves:** Comportamiento Emergente - Conductas Emergentes - Retroalimentación - Agentes Recomendadores

## 1. Introducción

*“Emergencia es lo que ocurre cuando un sistema de elementos relativamente simples se organiza espontáneamente y sin leyes explícitas hasta dar lugar a un comportamiento inteligente.”*

(Johnson 2004)

Durante mis primeros pasos hacia el mundo de la investigación, dentro de la rama de Inteligencia Artificial, uno de los catedráticos de la universidad en la que trabajo, sugirió la lectura de “Sistemas Emergentes: O que tienen en común hormigas, neuronas, ciudades y software” cuyo autor es Steven Johnson (2004). Al iniciar su lectura,

---

<sup>1</sup> Verónica Venturini es Ingeniera en Informática por la Universidad Católica de Salta, y Máster en Ciencia y Tecnología Informática por la Universidad Carlos III de Madrid (UC3M), en el área de Inteligencia Artificial. En el ámbito laboral, es Socia-Gerente de GRIVA Soluciones Informáticas, donde se ocupa de la dirección de proyectos de software. Asimismo, pertenece al grupo de Investigación GIAA (Grupo de Inteligencia Artificial Aplicada) de la UC3M, donde se encuentra desarrollando su tesis doctoral relacionada a Sistemas Multi-Agentes para entornos de Inteligencia Ambiental.

poco comprendía el porqué de su elección, pues nada tenía que ver con la parte técnica de las Ciencias Informáticas a la que uno está acostumbrado. Era una lectura poco amena y demasiado abstracta, pero de repente se suscitan hechos que en la historia de la computación, desde la creación del primer ordenador, dan origen a la Inteligencia Artificial.

Para poder entender el concepto de esta ciencia, y de cómo fue surgiendo, Steven Johnson señala cómo diferentes sistemas, las colonias de hormigas, las ciudades y hasta el cerebro humano, tienen un comportamiento complejo que surge a partir del comportamiento individual de los componentes del sistema (siguiendo reglas simples) y la interacción entre ellos existente. Es decir, se observa un comportamiento ascendente. El descubrimiento de la inteligencia colectiva y la conducta ascendente ha sido fundamental para el desarrollo de las nuevas Tecnologías de Información y el surgimiento de la Inteligencia Artificial.

Actualmente las investigaciones sobre Inteligencia Artificial van tomando mayor relevancia, y sus aplicaciones forman parte de nuestra vida cotidiana. Las fábricas están llenas de robots que reemplazan el trabajo humano, los nuevos dispositivos electrónicos tienen inmersa una especie de inteligencia que hace que se adapten a nuestras preferencias, entre tantas otras. Principalmente en Europa y Norte América, son numerosos los prototipos y experimentos que se realizan frecuentemente con el objetivo que este comportamiento emergente e inteligente asista al ser humano en sus actividades diarias, mejorando su calidad de vida. De allí el interés por ahondar por esta rama de la informática, poco conocida para la mayoría de los lectores, quienes normalmente la relacionan con algunos escenarios de ciencia ficción.

Esta reseña se estructura de la siguiente manera: en la sección 2 se describe cómo a partir del moho de fango surge la inteligencia emergente; en la sección 3 se estudian las conductas emergentes; en la 4 se analiza la Web desde el punto de vista de la inteligencia emergente; la sección 5 refleja el concepto de retroalimentación, mientras que en la 6 se hace referencia al mecanismo de control; en la sección 7 se describen los agentes recomendadores para describir en la sección 8 a qué se denominan comunidades virtuales. Finalmente se concluye en la sección 9.

## 2. Del Moho de Fango a la Inteligencia Emergente

El moho de fango es un organismo sin sistema cerebral central; sin embargo posee un alto grado de inteligencia. En ciertas ocasiones, cuando el medio no es favorable, pasa de ser una única criatura a ser una colonia. En 1962, B. M. Shafer (estudiante de Harvard) describió como los marcapasos del moho de fango usaban una sustancia que bañaba a toda la comunidad, y cada célula aislada pasaba la señal a sus vecinas. En la mayoría de las situaciones de la vida (en el funcionamiento de nuestro cuerpo, en los sistemas políticos, en las organizaciones sociales) aparece esta teoría de sistemas de mando y jerarquías. En el caso del moho de fango, los investigadores no podían descubrir quién era el “general” de esa jerarquía. Después de treinta años, descartaron esta teoría, y anunciaron que no hay un líder o una célula madre, sino que las células siguen los pasos de otras células o las estimulan a arrimarse. A partir de ello, se dijo que el moho de Fango se organizaba desde abajo. Surge entonces la teoría *bottom-up* o ascendente, es decir, la agregación del moho de fango permite el estudio de la conducta ascendente.

Pasado algún tiempo, Alan Turing esbozó un sistema en el cual mostraba una forma de organización compleja basada en agentes simples regidos por leyes simples. Durante la década del 40, Turing se encontraba trabajando sobre diferentes esquemas de encriptación en los laboratorios Bell de West Street en Manhattan. En la misma empresa, Claude Shannon investigaba cómo hacer para que las máquinas detecten y amplifiquen patrones de información en canales ruidosos, lo cual también consistía en descifrar códigos. Shannon y Turing trabajaban sobre las mismas líneas de investigación: ambos eran decodificadores e intentaban construir máquinas automatizadas que pudieran reconocer patrones sonoros o numéricos. Ambos trabajaron en la idea de construir un cerebro electrónico. Turing decía que debía ser capaz de realizar infinitas rutinas informáticas, mientras que Shannon insistía en que debían lograr que esta máquina de pensar pudiera interpretar patrones musicales. Según Johnson, gracias a que Turing y Shannon trabajaron sobre dichos patrones, hoy existen máquinas que generan música. La vinculación entre patrones musicales y nuestra conexión neurológica desempeñaría un papel central en uno de los textos fundadores de la inteligencia artificial moderna: Gödel, Escher, Bach de Douglas Hofstadter. Este aprendizaje es también una clara forma de emergencia, dado que el orden de nivel superior se forma a partir de componentes relativamente simples.

Luego de cinco años junto a Turing, Shannon publicó un ensayo el cual divulgaba la disciplina de la Teoría de la Información, convirtiéndose en fundador de la misma. Posteriormente, Warren Weaver editó dicho ensayo en formato de libro con el título *The Mathematical Theory of Communication* (Shannon & Weaver 1963). Este documento merece ser reconocido como el texto fundador de la Teoría de la Complejidad. Weaver dividió el campo de la investigación en tres:

1. Estudio de Sistemas Simples con dos o tres variables
2. Problemas de complejidad desorganizados: muchas variables, uso de técnicas estadísticas y teoría de probabilidad
3. El grupo de Complejidad Organizada: al cual no le interesa la cantidad de variables, sino que las variables estén relacionadas

Jane Jacobs, haciendo referencia a Weaver, escribió acerca de la organización de las ciudades. Decía que tienen gran habilidad para comprender, comunicar, planificar e inventar lo que se requiere. Pueden aprender y reconocer patrones. Cuando Jacobs hizo sus publicaciones, se veía a la ciudad como un ejemplo de autoorganización.

Ya en la década del '50, un estudiante llamado Oliver Selfridge hacía experimentos, en el laboratorio Lineal del MIT, para enseñar a una computadora a aprender. Johnson dice que hay un mundo de diferencia entre una computadora que recibe pasivamente la información que se le suministra y otra que aprende activamente por sí misma. Selfridge hacía hincapié en el modo en el que los sistemas cambian, cómo evolucionan, es decir, cómo aprenden. Selfridge dio un simposio en el cual su presentación tenía el título: "Pandemonium: un paradigma de aprendizaje". Este paradigma se basaba en una inteligencia ascendente, distribuida y no unificada. Johnson comenta que en lugar de construir un solo programa inteligente, Selfridge creó un enjambre de mini programas limitados, a los que llamó demonios. La idea era tener un puñado de estos demonios vociferando jerarquías de forma ascendente, demonios de un nivel inferior gritando a demonios de un nivel superior. La meta de Selfridge era cómo enseñar a una máquina a reconocer letras, huellas digitales y acordes en primera instancia. Para ello agregó un conjunto de demonios debajo del nivel inferior. Estos programas se encargarían tan solo de reconocer rasgos físicos. Junto a ello agregó un mecanismo de retroalimentación. Al principio los resultados son erráticos, pero si se repite el proceso miles

de veces, el sistema aprende. Esta es la primera descripción práctica de un programa de software emergente.

En la década del '60, John Holland se propuso crear un software de aprendizaje abierto, para lo cual utilizó el método de la selección natural. Sobre el modelo del Pandemonium de Selfridge, Holland tomó la lógica de la evolución darwiniana y construyó un código. Llamó a su nueva creación "Algoritmo Genético". Holland desarrolló sus ideas entre los años 60 y 70 con lápiz, al contrario de lo que nos imaginamos. En la década del '80 crearon un sistema de Algoritmos Genéticos para simular el comportamiento de las hormigas. Su nombre era TRACKER, y sus desarrolladores: David Jefferson (informático) y Chuck Taylor (biólogo), ambos de UCLA. Johnson afirmaba que finalmente las herramientas de la informática moderna habían avanzado hasta el punto de poder simular la inteligencia emergente. Hacia la década del '90, Hill Wright lanzó el juego SimCity. La conducta emergente ya no era solo objeto de estudio de un laboratorio, ahora hasta se podía vender. Tuvieron que pasar diez años a partir de los '90 para que se produjera el gran salto. El comercio electrónico basado en la adquisición de preferencias del usuario, o dicho de otra manera, basado en el reconocimiento de nuestros gustos culturales, empezó a revolucionar las sociedades.

### **3. Conductas Emergentes**

Retomando el concepto del comportamiento emergente del moho de fango, Johnson menciona que se observan conductas emergentes cuando los agentes individuales prestan atención a sus vecinos inmediatos sin esperar órdenes, y actúan localmente. La acción colectiva de estos agentes produce el comportamiento global. Para ejemplificar la conducta emergente Johnson explica el comportamiento dentro de una colonia de hormigas. Las hormigas piensan localmente y actúan localmente, pero producen comportamiento global. Al analizar el abastecimiento de alimentos y el tamaño de la colonia de hormigas granívoras, se observa que éstas regulan permanentemente el número de hormigas que buscan comida de acuerdo a ciertas variables: el tamaño total de la colonia, la cantidad de comida almacenada en el hormiguero, la cantidad de comida disponible en los alrededores e incluso la presencia de otras colonias en zonas vecinas. Como no hay modo de ver la totalidad del sistema, las hormigas procesan la información a través de compuestos químicos de feromonas, los cuales les sirven para crear un sistema de signos funcionales entre ellas. Para comunicarse expulsan diferentes cantidades de feromonas. El lenguaje

de las hormigas se basa en muy pocos signos, entre diez y veinte, de los cuales algunos se detallan a continuación: 'estoy en tarea de recolección', 'por aquí hay comida', conducta de alarma y comportamiento "necrofórico" (cuando retiran a las hormigas muertas). Las hormigas tienen la habilidad de reconocer diferentes cantidades de feromonas, con lo cual varían los mensajes.

Por su parte, Deborah Gordon (Stanford), quien estudió en profundidad el comportamiento de las hormigas, mencionaba que las colonias adultas son diferentes a las jóvenes. Las hormigas pueden tener conocimiento estadístico de la totalidad de la colonia de acuerdo a, por ejemplo, las veces que se cruzó una hormiga con otras. Una hormiga recolectora puede encontrar tres recolectoras por minuto, si encuentra más de tres puede que siga la regla de volver al hormiguero. La planificación descentralizada de las colonias de hormigas es el resultado de una retroalimentación local. Puede que las hormigas no sepan exactamente la cantidad de forrajeras, constructoras o recolectoras que hay, pero basándose en esta información y en la cantidad de feromona así como su frecuencia en el tiempo, adaptan su conducta. Por ejemplo, si una hormiga se cruza al azar con un gran número de forrajeras, puede que cambie su conducta de acuerdo a que sobrestima el estado global del sistema, y como hay miles de individuos, los márgenes de error son despreciables.

A continuación del estudio de las colonias de hormigas, Johnson declara cinco principios que deben seguirse si se quiere construir un sistema que aprenda desde el más bajo nivel, donde la *macrointeligencia* deriva del conocimiento local:

1. *Más es mejor*: a mayor cantidad de individuos, mejor apreciación del comportamiento colectivo.
2. *La ignorancia es útil*: es mejor construir un sistema con elementos simples y altamente interconectados y dejar que aparezcan conductas paulatinamente.
3. *Alentar los encuentros casuales*: los sistemas descentralizados dependen fuertemente de las interacciones casuales, sin orden específico.
4. *Buscar patrones en los signos*
5. *Prestar atención a tus vecinos*: la información local conduce a la sabiduría global.

Las colonias jóvenes responden de diferente manera en un tiempo corto, mientras que las colonias de mayor edad siempre actúan igual ante un mismo experimento. En el desarrollo del ser humano también se observa esta conducta ascendente, pues los seres humanos crecemos a partir de una célula, y posteriormente se generan nuevas células con diferentes funciones hasta que nos convertimos en seres complejos.

Ahora bien, con el surgimiento de las nuevas tecnologías, este tipo de conductas fue llevado al ámbito virtual. El juego SimCity explotó las posibilidades de una emergencia. Se trata de una simulación de la metrópoli. Los usuarios constituyen ciudades, pero éstas evolucionan de manera impredecible. Wright diseñó este juego como un sistema emergente donde los algoritmos son relativamente simples (ver el estado del vecino y actuar en consecuencia), pero la magia de la simulación es posible porque la computadora puede hacer miles de cálculos por segundo.

#### **4. La Web, ¿inteligencia emergente?**

El aprendizaje está asociado al conocimiento consciente. Por ejemplo cuando decimos que “nos aprendemos la cara de alguien”, hay una gran connotación consciente. Pero en realidad también hay formas de aprendizaje inconscientes, cuya clave es almacenar información y saber dónde encontrarla. Por ejemplo, si cuando somos niños tenemos varicela, el cuerpo se hace inmune al virus mientras crecemos. Ahora bien, nuestro cerebro está preparado para recibir sólo una cierta cantidad de información en un momento dado. La otra información, gracias a la creación del hombre, queda guardada en el disco rígido y la demás, desde hace ya algunos años, la encontramos en Internet. Desde el punto de vista del almacenamiento y haciendo una comparación con las ciudades, Johnson muestra cómo las ciudades funcionan a modo de dispositivos de almacenamiento y recuperación de datos. Afirma que en la ciudad se reúnen las ‘mentes’. Además realiza una comparación de los barrios con las interfaces de usuario, dado que hay límites en la cantidad de información que nuestras mentes pueden manejar en un momento dado. En el Medioevo, el almacenamiento y la recuperación de información eran con el propósito latente de la explosión urbana, mientras que hoy, en la revolución digital, son el propósito manifiesto.

Como muchos sabemos, la Web no es una cosa unificada sino sólo datos relacionados. Podría debatirse si la Web nos hace más

inteligentes, pero no es cuestionarnos que la Web es un ente consciente. La pregunta que abre debate es si la Web también aprende... Es aquí donde Robert Wright habla sobre "un cerebro global" para unir bancos de información. Sostiene en su ensayo que la macrointeligencia surge de la organización ascendente de la vida y que lo mismo ocurrirá con la Web. La Web no tiene una estructuración, es por eso que como antídoto, surgen los buscadores, permitiendo encontrar algo en lo que se tiene interés. Por su parte, Steven Pinker niega la comparación de la Web con un cerebro global porque ésta carece de interconexión y organización, mientras que el cerebro tiene una organización específica para la información de manera tal que realiza acciones. Sistemas como la propia Web, son muy buenos en cuanto a conexiones, pero muy malos en cuanto a estructuración. Las tecnologías de base de Internet son excelentes, pero no llegan a poder crear un orden de nivel superior. Y si seguimos la relación de ésta con un cerebro, la proporción entre crecimiento/orden, vendría a ser como un tumor cerebral para la web. Siguiendo esta línea, algunos observadores detectaron ciertos patrones en la red (por ejemplo, la relación del tamaño de los sitios con su popularidad, los patrones hub y spoke<sup>2</sup>) pero esos patrones no ayudan a mejorar la estructura ni a hacer más inteligente la Web, dado que sólo son patrones autoorganizados.

Johnson considera que la Web tiende a conexiones caóticas, no a la inteligencia emergente. La cuestión es que la Web está construida de manera desorganizada, y una posible solución a ese problema surge al analizar nuevamente la conducta de las hormigas. En ellas se da una interacción bidireccional: si un vecino influye en mí, yo estoy influyendo sobre él, tratándose de una retroalimentación. Johnson hace hincapié en esta idea, y reflexiona lo siguiente: "La Web carece precisamente de retroalimentación porque los vínculos HTML son unidireccionales. Y dada la intolerancia a la retroalimentación de la Web, debido a su vinculación unidireccional, no hay modo de que vaya aprendiendo a medida que crece; está es la razón por la cual depende de los motores de búsqueda para controlar su caos natural".

Brewster Kahle, en Alexia Internet, alberga lo que puede conocerse como la mejor instantánea de la Inteligencia Colectiva en el mundo: 30 terabytes de datos, archivos de la propia Web y de los patrones de tráfico que fluyen a través de ella. Kahle y Bruce Gilliat crearon Alexa con el objetivo de tomar instantáneas de la web y luego

---

<sup>2</sup> Hub & Spoke es una estructura logística que consiste en agrupar envíos de diferentes orígenes dentro de terminales (Hub) para luego enviarlos a sus destinos (Spokes).

indexarlas en dispositivos de almacenamiento. Una de las ideas era que los usuarios puedan acceder a hipervínculos sin que les aparezca el error de que la página no fue encontrada, debido, por ejemplo, a que ya no se encuentra en el servidor o ha cambiado de dirección. Primero crearon una barra de herramientas que se activa en los exploradores. Cuando está activa, ante una solicitud del usuario, se examina la información de la URL en los servidores de Alexa, y ante un error de “archivo no encontrado”, empieza la búsqueda en los archivos de una versión anterior de la web solicitada. A esta barra la apodaron “Motor de Surf”. También Kahle comentó sobre cómo el sistema puede ir aprendiendo las preferencias del usuario, rastreando los patrones de navegación. Antes de empezar a trabajar con el Alexa, incorporaron un botón a la barra llamado “*what’s next?*”. Su utilidad es la siguiente: cuando se ingrese a un sitio, aparecerá una lista de vínculos relacionados al mismo tema. Esto se hace a través de la observación de patrones de tráfico y mirando a los vecinos. El software aprende de los usuarios, y va creando relaciones entre vínculos que pueden crecer o debilitarse de acuerdo al comportamiento en la navegación de un número inimaginable de usuarios.

“El poder de navegación de Alexa emerge de la navegación errática de su base de usuarios; ninguno de esos usuarios busca crear deliberadamente grupos de sitios relacionados o proporcionar a la Web la estructura necesaria. Simplemente se hace uso del sistema y el sistema aprende. El software será más inteligente cuantos más usuarios naveguen por esos sitios. Si únicamente mil personas incorporan Alexa a sus navegadores, las sugerencias no dispondrán de datos suficientes como para ser acertadas. Pero si suman otros diez mil usuarios, las asociaciones del sitio cobran una increíble resolución. El sistema comienza a aprender” (Johnson 2004). Un software como Alexa intenta reproducir el saber popular de la práctica de información que se produce en la calle, en la vida cotidiana.

Además de Netscape, navegador que incluye Alexa en sus herramientas, una compañía perteneciente a *The New York Times*, ofrece un servicio de filtros para búsquedas concretas. Otro ejemplo es el sitio *Everything2* que crea una enciclopedia inventada por el usuario a partir de sus patrones de tráfico. El autor hace una comparación de la capacidad de reconocer patrones de nuestro cerebro en cada uno de nuestros procesos mentales y su capacidad operacional (200 operaciones por segundo por cada neurona), frente a la PC (que hace millones de operaciones por segundo). Puede ser que la Web nunca

alcance la conciencia de la mente humana, pero eso no significa que no será capaz de aprender. La Web busca patrones en los datos y los convierte en información útil para los humanos.

Concluyendo esta sección, es importante destacar que, tras el surgimiento de las nuevas tecnologías, individuos de la rama de humanidades expresan a menudo que con la web la cultura a nivel mundial se deteriora a pasos gigantes. Más aún, con la innovación de los agentes recomendadores, creen que nuestro conocimiento disminuirá por el hecho de que si aprenden del usuario, los sitios sólo nos mostrarán el conocimiento popular.

## **5. Retroalimentación**

El neurólogo Richard Restak, explica las redes neuronales del cerebro de la siguiente manera: “Cada pensamiento y conducta se alojan en los circuitos neuronales, y la actividad neuronal que acompaña o inicia una experiencia persiste en la forma de circuitos neuronales reverberantes, que se definen más claramente con la repetición. De este modo, los hábitos u otras formas de memoria pueden consistir en el establecimiento de circuitos neuronales permanentes y semi-permanentes”. Johnson nos hace reflexionar acerca de cómo se produce así una retroalimentación. Cada neurona se interconecta con miles de otras neuronas, y la transmisión de estímulos se produce a todas ellas, pudiéndose dar que alguna de ellas se remita a la fuente, y el proceso comience de nuevo. La idea es que en la Web se produzca esta fuerte interconexión entre la información.

Ahora bien, la retroalimentación puede ser positiva o negativa. La retroalimentación negativa es un modo de alcanzar un punto de equilibrio a pesar de las condiciones externas. La “negatividad” mantiene controlado al sistema, así como la retroalimentación positiva pone a otros sistemas en movimientos. El sistema debería tener capacidad para autorregularse. La primera computadora digital, surge luego de que las fuerzas armadas norteamericanas pidieran a Wiener que diseñara un método para que las armas dispararan automáticamente sobre sus objetivos, a partir de la guerra desatada entre Japón y EEUU. Wiener se planteó que podía tomar la ubicación y el movimiento del blanco para disparar; utilizaría la retroalimentación negativa puesto que los objetivos eran de cierto modo predecibles pero también sujetos a cambios bruscos. Ahora bien, para ello, la computadora tenía que ser capaz de analizar el flujo de información en tiempo real. No era sólo un problema de software, influían varios

factores. La retroalimentación negativa compara el estado actual del sistema con el estado deseado e intenta adaptarse a este último. Tomando patrones, sigue distintos mecanismo para intentar que el sistema se autorregule. El mecanismo en curso es el dato que se modifica para llegar al estado deseado. A esa habilidad de ‘*autorregulación*’ que se produce también en los seres humanos, Wiener le dio el nombre de ‘*homeostasis*’.

A partir de este concepto Johnson analiza como las primeras generaciones de comunidades *on-line* (como *Echo* o *The Well*) se subdividieron en unidades más pequeñas organizadas alrededor de temas específicos. *Echo* y *The Well* tuvieron cierto equilibrio homeostático por su capacidad para autoorganizarse, pero ninguna tuvo conducta ascendente pura. Porque por ejemplo, las zonas temáticas fueron planeadas y luego creadas.

Pasando a otro ámbito, vemos el caso del *chat* en el cual de cierta manera, dentro de un debate, podemos consensuar opiniones (más ahora a través de gestos) encontrando ese equilibrio, ajustamos la conducta. Otro es el caso de la autorregulación, y como ejemplo el e-mail, puesto que el usuario tiene más posibilidades de expresar sus ideas sin interrupciones. La retroalimentación debería ayudar a regular las ciudades digitales de la comunicación *on-line*. *Slashdot*, una comunidad creada por el holandés Rob Malda, recibía miles de usuarios por día. Como era imposible filtrar de manera manual tantos mails, más que nada *spams*, Malda dio la posibilidad de calificar con una puntuación a los colaboradores. Luego Amazon incluyó la idea de que usuarios clasifiquen las reseñas de otros usuarios. Finalmente eBay empezó a utilizar dos mecanismos de retroalimentación:

1. Retroalimentación de precios de las ofertas de la subasta: el sistema rastrea la mercancía
2. Calificaciones de usuarios que evalúan a compradores y vendedores: el sistema rastrea a las personas

“En *Slashdot* el medio es el mensaje y además está la audiencia. Ambos elementos coexisten en un conjunto de reglas que gobiernan el modo en que los mensajes circulan a través del sistema. El problema está en que quizá se dé un exceso del pensamiento global, siguiendo el ejemplo de los e-mails, no todos los correos llegarían y una minoría capaz que ni lleguen a enviarse. *Los puntos de vista de la mayoría se amplían, los de la minoría son silenciados.*” (Johnson 2004). Por eso se

dice que se necesita de un tercer término aparte del mensaje y el medio. La idea es cambiar las reglas para que el usuario vea resultados heterogéneos, colocando filtros de calidad y también de diversidad. Es decir, ajustando los circuitos de retroalimentación se crea una nueva comunidad.

## 6. Control

En este capítulo Johnson propone el programa StartLogo como un ejemplo de sistema ascendente para modelar sistemas emergentes. En principio permite crear a partir de simples píxeles, formas complejas, animaciones y simulaciones. StarLogo fue creación de Mitch Resnick. Él llamó a Marvin Minsky (gurú de la Inteligencia Artificial) para que observara su simulación del moho de fango. Minsky en primera instancia asoció esa simulación a un sistema centralizado, donde veía criaturas organizándose alrededor de porciones de alimento. Resnick le explicó las reglas del programa y cómo representaba la autoorganización. En realidad eran sólo criaturas organizándose. Johnson describe que la simulación consistía en varias gotas verdes en la pantalla (feromonas), con un racimo de tortugas moviéndose dentro de cada gota. Las tortugas vagaban al azar entre las gotas. Cuando una tortuga pasaba cerca de una gota, se unía al racimo de tortugas. Es una conducta descentralizada, pues no se programan las células del moho de fango para que armen racimos, sino para que sigan patrones de acuerdo a los rastros dejados por sus vecinas. A mayor cantidad de células (población), mejor se puede estudiar la conducta.

El antiguo paradigma del software se basaba en la teoría de que el programador escribía el menor código posible para hacer múltiples tareas, el arte era el de los sistemas de control. Era una teoría de la creatividad. Pero las nuevas generaciones apuntan a la teoría determinista de la evolución. Johnson dice que hay que dejar crecer al software, en vez de construirlo como una obra de ingeniería. Danny Hillis construyó un sistema para ordenar números. Fue una fórmula de aprendizaje, un programa para crear otros programas. Escribió código para que la PC creara miles de mini programas, cada uno de los cuales trataba de ordenar la secuencia de números correctamente. De ahí seleccionó los que mejor se aproximaban, mutó sus códigos y los cruzó con otros programas. Repitió este proceso hasta alcanzar el objetivo, buscando los máximos. Pero sabía que lo hacía en muchos pasos y que quizá fallaría en algunas situaciones. Por eso introdujo el concepto de “predadores”, cuya idea era dispersar esos máximos para encontrar picos más altos, es decir, encontrar mejores resultados. “Ahora bien, la

cuestión de control descansa en los pilares de la interacción y surgen preguntas como quién tiene el control, ¿la PC o el humano? ¿el programador o el usuario?” (Johnson 2004). Desde el punto de vista de los videos juegos, las generaciones anteriores debíamos tener el control sobre los personajes y descubrir las reglas de juego, mientras que actualmente los personajes tienen vida propia. Hoy en día, los diseñadores de juego crean a los protagonistas y controlan los micro-motivos de las acciones de los jugadores, pero el modo en que esos micro-motivos son explotados así como la macro-conducta están fuera de control del diseñador.

Los juegos nos parecen atractivos porque tienen reglas, pero también los sistemas emergentes están gobernados por reglas. Su capacidad de aprendizaje, crecimiento y experimentación se derivan de reglas muy simples de un nivel inferior (aprovechar el espacio para crear algo mayor que la suma de las partes). Un ejemplo cercano a esta teoría es el juego de Los Sims. Su creador Hill Wright comenta el hecho que dar demasiado control es caótico, pero su inexistencia puede ser aun peor. Como le dieron tanta inteligencia artificial al juego, éste es más inteligente que el jugador porque sabe como obtener el máximo beneficio. Entonces disminuyeron la inteligencia de Los Sims para que el jugador ponga la ambición y el equilibrio. La idea es mantenerse en el límite. De alguna forma es como que se desplaza el rol del jugador, puesto que no hay un objetivo fijo, y la ciudad y el comportamiento de los habitantes no depende en alto grado del usuario, pero es necesario su control.

## **7. Ambiente Inteligente: agentes recomendadores**

Durante la última década, logramos estar conectados a millones de personas a través de Internet. Una comunidad de esa escala requiere de una nueva solución. Para eso acudimos a la autoorganización para encontrar las herramientas. De acuerdo a lo estudiado hasta aquí, se observa como tanto las ciudades, el cerebro y el software se basan en la autoorganización para su funcionamiento, y como las interrelaciones locales hacen al comportamiento global. Así como el cerebro humano evolucionó durante millones de años por retroalimentación, el software capaz de detectar nuestras preferencias e imitar la mente humana está iniciando un proceso de cambio en la sociedad. Existen hoy en día muchas investigaciones para adaptar estos agentes recomendadores en la vida cotidiana.

“El software usará herramientas para construir modelos de nuestros propios estados mentales” (Johnson 2004). En cierto modo esto no es algo nuevo, sino que se remonta a las décadas de 1970 y 1980 cuando se comenzaba a desarrollar software con interfaces gráficas basadas en íconos, dado que para nuestra mente es más fácil asociar conceptos con imágenes. También el mecanismo de abrir y cerrar ventanas de programas surge de la imitación de la realidad.

La interacción con software emergente fue llamada, en la década del '90, “*filtro colaborativo*”. Tuvo mucha importancia dado que cada vez existe más software dedicado a *filtrar* nuestros intereses y a la vez *colaboramos* con el aprendizaje de la Web. La emergencia aplicada, la teoría del bottom-up, la capacidad de aprendizaje irá más allá del software de la PC, se instalará en el televisor, la heladera, tal como lo estudia hoy por hoy la *computación ubicua*.

### **Los medios de comunicación**

Desde otro punto de vista, el autoaprendizaje va tomando forma dentro de los medios de comunicación. Johnson lo ejemplifica mediante:

1. *Daily Me* (DailyMe.com), un periódico que aprende a mostrarnos las noticias que nos interesan
2. *Replan* y *TiVo* aprenden a mostrarnos qué queremos ver en la televisión. De esta manera ya no dependemos de la programación de un canal en particular, podemos ver lo que queramos a la hora que queramos y rebobinar para repetir alguna parte de lo que estamos mirando, puesto que este tipo de software hace grabaciones de la última media hora.

Otra línea de investigación es hacer más inteligente la publicidad otorgando cierto grado de retroalimentación y autoorganización para que se generen filtros y nos lleguen anuncios de nuestro interés. Asimismo, se controlaría la masiva emisión de *spams*. Algunos sitios de comercio electrónico como Amazon, y en el continente americano Mercado Libre, así como los sitios que permiten la búsqueda de empleos (Bumerang, por citar un ejemplo), están aplicando un grado de inteligencia en su funcionamiento, haciéndonos llegar solo información de nuestro interés, dado que al registrarnos nos permiten establecer filtros, y en el caso del *e-commerce*, van aprendiendo de acuerdo a nuestras compras.

De alguna manera, esta inteligencia abarcará todos los ámbitos y medios de nuestra vida, siendo Internet un repositorio de meta datos, tanto de nuestras conductas como de nuestros patrones, que permitirán la autoorganización de otros sistemas.

## **8. Comunidad Virtual**

Johnson hace una aplicación del problema del viajante de comercio (recorrer ciertas cantidades de ciudades haciendo el camino más corto y sin repetir las) a los servidores de red distribuidos en todo el planeta. Tras la solución al problema, algunas compañías de comunicaciones han aplicado la teoría del camino más corto a sus estrategias de enrutamiento. Ahora se piensa en el futuro en cómo se transmitirán los datos en las redes dado el gran volumen de habitantes virtuales. Otro análisis que se hace es que en la década del '90 pronosticaban que la vida en la ciudad tendería a desaparecer, y que la gente trabajaría desde su casa del campo. Pero ese pensamiento fue erróneo, los habitantes actualmente se reúnen para compartir estas horas de navegación, ya sea por investigaciones, juego o simplemente distracción. Entonces, así como hablamos de un nivel de software inteligente, se habla también de la inteligencia en las redes, totalmente necesaria para el soporte de esta nueva sociedad, la comunidad virtual.

Para finalizar, cito un párrafo que demuestra la existencia de la emergencia en todos los ámbitos, a modo de síntesis de lo planteado: "Un tipo de inteligencia descentralizada (el cerebro humano) capta una nueva forma de aplicar las lecciones de otra inteligencia descentralizada (las hormigas), lo cual sirve luego como plataforma (la red) para una transmisión de otro tipo (las ciudades virtuales), de la cual disfrutamos cómodamente sentados en nuestros hogares dentro de barrios del sistema de autoorganización más grande del planeta fabricado por el hombre (la ciudad real)". Estos acontecimientos marcan un nuevo hito en la historia del hombre, que sucede a la revolución industrial en gran escala.

## **9. Conclusiones**

Los objetos que nos rodean en las actividades cotidianas, empiezan a ser cada vez más inteligentes. Pero para haber podido llegar a este punto, grandes científicos realizaron innumerables investigaciones hasta llegar a la invención de la computadora, y más adelante a la de la inteligencia artificial.

*Sistemas Emergentes* es un libro para aquellas personas interesadas en el campo de la Inteligencia Artificial. Es recomendable su lectura puesto que nos otorga una visión abstracta para poder comprender de dónde surge dicha ciencia, antes de adentrarnos en conocimientos técnicos y más específicos. Pero además, aquellas personas que tengan curiosidad por comprender cómo llegó hasta nosotros esa extraña herramienta de trabajo que reemplazó por completo a las anotaciones en cuadernos, la computadora, podrán realizar una lectura más superficial y rescatar algunas ideas generales, a pesar de no tener conocimientos de informática. Es decir, durante la primera mitad del libro la lectura es sencilla para cualquier persona, pero luego empieza a profundizar o mencionar algunos conceptos específicos para informáticos, aunque las ideas generales siguen teniendo sentido para los no expertos en el área. *Sistemas Emergentes* es un libro destinado mayormente a orientar a las personas que quieren dedicarse a realizar aportes dentro de la Inteligencia Artificial.

A partir de la explicación del comportamiento del moho de fango, las colonias de hormigas, las ciudades y el cerebro humano, se explica en el texto como evolucionaron el software y las nuevas tecnologías en general. Cómo pasamos de un software dominado por el control, a un software totalmente libre, de autoaprendizaje, y de esta manera, como la Inteligencia Artificial empieza a formar parte de la realidad. Haciendo otro análisis, en cuanto al nivel de cultura que desde ciertos puntos de vista se ve deteriorado, creo que depende mucho del entorno y las exigencias en la educación. Ya desde la aparición de Internet se observa cómo en la sociedad joven de alguna manera “huyen” de los libros, pero lo peor del hecho es que cuando hacen sus presentaciones son copia fiel de la información extraída de la web, puesto que ni siquiera hacen una lectura previa a la entrega. Quizá esta observación sea válida en el ámbito de mi país, dada mi experiencia con estudiantes adolescentes. Otro es el caso de la gente adulta que se “aferra” a lo que dice la Web, quizá por carecer de los conocimientos suficientes. Y en ese sentido, comparto la opinión de la gente de humanidades acerca de que Internet nos vuelve más ‘tontos’. Pienso también que no hay por qué alarmarse, pues una persona culta, o con mucho interés, de todas maneras irá mas allá de esas recomendaciones, consultará con expertos y en la bibliografía correspondiente si fuese necesario, o como se menciona en el libro acerca que nuestro conocimiento disminuirá por el hecho de que si aprenden del usuario, los sitios sólo nos mostrarán el conocimiento popular.

Ahora bien, hablando de Internet, los agentes recomendadores como facilitadores de contenido, son una creación fascinante puesto que uno debe saber seleccionar el buen contenido en la web. Los agentes son el nuevo paradigma del desarrollo de software, y en cierta forma, realizarán las tareas por nosotros, de acuerdo a nuestros gustos particulares. Por otro lado, los algoritmos genéticos y las redes neuronales aportan a la construcción de robots y además a la creación de una obra de arte o de un servicio de asistencia personal.

Los principios de la generación de sistemas emergentes están siendo empleados para propiciar tecnologías más aptas, más inteligentes. De hecho, éstas últimas empiezan a hacerse presentes, y mucho queda por mostrar de las investigaciones que se están persiguiendo. Es un libro de temática interesante, pues las nuevas tecnologías nos rodean en lo cotidiano, y hacen que ese futuro que se plasmaba años antes ya esté a nuestro alcance. Es importante que estos avances se realicen de forma no intrusiva para el individuo, haciendo un uso ético y responsable, permitiendo el desarrollo de las nuevas comunidades u organizaciones digitales, pero sin dejar de lado las verdaderas relaciones humanas. La Inteligencia Artificial que solo veíamos como Ciencia Ficción ahora es parte de la vida real.

## **Bibliografía**

- Johnson, Steven. *Sistemas Emergentes: O qué tienen en común hormigas, neuronas, ciudades y software*. Ediciones Turner/Fondo de Cultura Económica. Madrid, 2004.
- Shannon, Claude y Weaver, Warren. *The Mathematical Theory of Communication*. University of Illinois Press, Urbana, 1963.