Sotolongo, G.; Guzmán, MV.
Aplicaciones de las redes neuronales. El caso de la bibliometría.
Ciencias de la Información. (preprint) 2001; 32(1):27-34.

Aplicaciones de las redes neuronales. El caso de la Bibliometría

Sotolongo, G.*; Guzmán, Maria Victoria*
Centro de Investigación-Producción de Vacunas y Sueros. Ave. 27 No. 19805, La Lisa, A.P. 16017
Cod. 11600. La Habana, Cuba. Telf: 53 (7) 33 62 12
e-mail: mvguzman@finlay.edu.cu, gsotolongo@finlay.edu.cu

RESUMEN

Las redes neuronales artificiales (RNA) son aplicadas en diversos ámbitos de la actividad humana. Una de sus aplicaciones es como herramienta de análisis de información, específicamente dentro de la Bibliometría. En este trabajo se hace una introducción sobre las particularidades de las RNA, específicamente las basadas en el modelo Kohonen (Mapas auto-organizativos). Se exponen los elementos que la integran y se vincula su principio de funcionamiento con la Bibliometría. Se utiliza y caracteriza un software llamado Viscovery SOMine® que retoma, para su funcionamiento, el concepto y los algoritmos de los mapas auto-organizativos. Se ejemplifica la utilidad de las RNA, dentro de la Bibliometría, a través de casos prácticos.

ABSTRACT

The artificial neuronal networks (ANN) are applied in a wide range of the humankind activities. One of them is as a tool for the data analysis, specially within Bibliometrics. In this paper an introduction to some special features of the ANN is made, mainly those based on the Kohonen model(Self-organizing maps). The different elements that form these networks are presented and their working principle is linked to the Bibliometrics. A software called Viscovery SOMine® that takes, for its own running, the concepts and algorisms from the Self-organizing maps is used and characterized. Finally, the use of the ANN in the Bibliometrics is shown through different case of studies.

Introducción

Las técnicas computacionales, desde sus inicios, marcaron un paradigma en la creación. Sus aplicaciones, hoy día, van desde la industria de los juegos hasta las cadenas de producción de varias empresas. Para ello se han desarrollado múltiples técnicas como las relacionadas con la inteligencia artificial. Las más conocidas son la lógica difusa (aprendizaje inductivo), algoritmos genéticos y redes neuronales.

En la década de los 50, existían grandes aspiraciones respecto a las investigaciones relacionadas con la inteligencia artificial, sobre todo con aquellas que tenían como objeto principal las redes neuronales artificiales (RNA). Los trabajos *Principles of neurodynamic* y *The perceptron: A probabilistic model for information storage and organization in the brain,* desarrollados por Rosenblatt[1], abren nuevas perspectivas sobre la temática. Sin embargo, las teorías desarrolladas durante este período son arruinadas por Minsky y Papert[2], pues ambos publican una obra titulada *Perceptrons* donde se hace una crítica al modelo neural y se trata de plasmar lo estériles que eran las investigaciones en esta línea [10].

Unos veinte años después, en la década de los 70, resurgen estas teorías y se despierta el interés en sus aplicaciones. Actualmente las redes neuronales se emplean en diferentes campos, estos se agrupan según varios criterios. Uno de ellos es el propuesto por Deboeck [3], quien los agrupa en:

- Modelación financiera y económica.
- Perfiles de mercado y clientes.
- Aplicaciones médicas.
- Gerencia del conocimiento y “descubrimiento de datos”.
- Optimización de procesos industriales y control de calidad.
- Investigación científica.

[1] Rosenblatt, F. The perceptron: A probabilistic model for information storage and organization in the brain. *Psychol. Rev*. 65(3):386-408.
[2] Minsky, M.; Papert, S. Perceptrons. Massachusetts: Cambridge University; 1969; 226 p.

El objetivo del presente trabajo es utilizar la base teórica de las redes neuronales artificiales como una herramienta práctica que permita realizar análisis exploratorios de datos o minería de datos vinculados con los indicadores bibliométricos. Para el logro de este objetivo se utiliza y caracteriza un software llamado Viscovery SOMine® [4] que retoma, para su funcionamiento, el concepto y los algoritmos de los mapas auto-organizativos.

1. Redes neuronales artificiales.

Una red neuronal, según Freman y Skapura [5], es un sistema de procesadores paralelos conectados entre sí en forma de grafo dirigido. Esquemáticamente cada elemento de procesamiento (neuronas) de la red se representa como un nodo. Estas conexiones establecen una estructura jerárquica que tratando de emular la fisiología del cerebro busca nuevos modelos de procesamiento para solucionar problemas concretos del mundo real. Lo importante en el desarrollo de la técnica de las RNA es su útil comportamiento al aprender, reconocer y aplicar relaciones entre objetos y tramas de objetos propios del mundo real. En este sentido, se uilizan las RNA como una herramientas que podrá utilizarse para resolver problemas difíciles.

La posibilidad de resolver problemas difíciles es dable gracias a los principios de las redes neuronales, los cinco más importantes son citados por Hilera y Martínez [6]. Estos son enunciados a continuación:

Aprendizaje adaptativo: Esta es quizás la característica más importante de las redes neuronales, pueden comportarse en función de un entrenamiento con una serie de ejemplos ilustrativos. De esta forma, no es necesario elaborar un modelo a priori, ni establecer funciones probabilísticas. Una red neuronal artificial es adaptativa porque puede modificarse constantemente con el fin de adaptarse a nuevas condiciones de trabajo.

Autoorganización: Mientras que el aprendizaje es un proceso donde se modifica la información interna de la red neuronal artificial, la autoorganización consiste en la modificación de la red completa con el fin de llevar a cabo un objetivo específico.

Autoorganización significa generalización, de esta forma una red puede responder a datos o situaciones que no ha experimentado antes, pero que puede inferir sobre la base de su entrenamiento. Esta característica es muy útil sobre todo cuando la información de entrada es poco clara o se encuentra incompleta.

Tolerancia a fallos: En la computación tradicional la pérdida de un fragmento pequeño de información puede acarrear comúnmente la inutilización del sistema. Las redes neuronales artificiales poseen una alta capacidad de tolerancia a fallos. Se entiende por ello que las redes pueden reconocer patrones de información con ruido, distorsión o incompletos, pero que, además, pueden seguir trabajando aunque se destruya parte de la red (con cierta degradación). La explicación de este fenómeno se encuentra en que mientras la computación tradicional almacena la información en espacios únicos, localizados y direccionables, las redes neuronales lo hacen de forma distribuida y con un alto grado de redundancia.

Operación en tiempo real: Las redes neuronales artificiales, de todos los métodos existentes, son las más indicadas para el reconocimiento de patrones en tiempo real, debido a que trabajan en paralelo actualizando todas sus instancias simultáneamente. Es importante destacar que esta característica solo se aprecia cuando se implementan redes con hardware especialmente diseñados para el procesamiento paralelo.

Fácil inserción en la tecnología existente: Es relativamente sencillo obtener chips especializados para redes neuronales que mejoran su capacidad en ciertas tareas. Ello facilita la integración modular en los sistemas existentes.

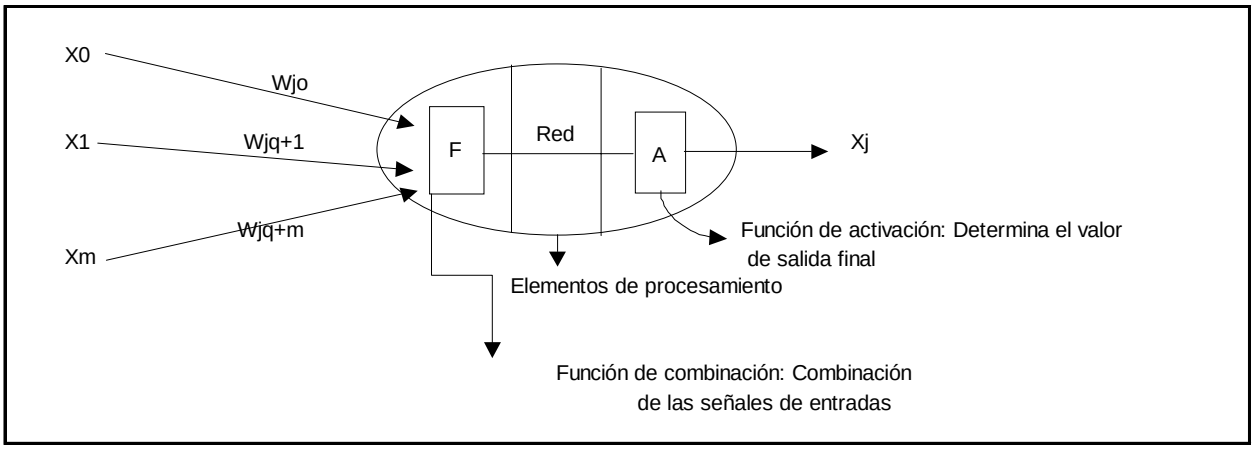
Al profundizar en los principios de las RNA y observar continuamente el término neurona no es de extrañar que se piense por analogía en el cerebro humano, este hecho quizás se deba a que las RNA están basadas en la inspiración biológica. El hombre posee cerca de 10 000 000 000 de neuronas masivamente interconectadas, la neurona es una célula especializada que puede propagar una señal electroquímica. Las neuronas tienen una estructura ramificada de entrada (las dendritas) y una estructura ramificada de salida (los axones). Los axones de una célula se conectan con las dendritas de otra, por vía de la

sinapsis la neurona se activa y excita una señal electroquímica a lo largo del axón. Esta señal transfiere la sinapsis a otras neuronas, las que a su vez pueden excitase. Las neuronas se excitan sólo sí la señal total recibida en el cuerpo de las células, por conducto de las dendritas, es superior a cierto nivel (umbral de excitación) [11].

Las redes neuronales artificiales tratan de imitar este principio de funcionamiento cerebral.

1.2. Estrutura de una red neuronal artificial.

Las redes neuronales artificiales están formadas por una gran cantidad de neuronas, estas no suelen denominarse neuronas artificiales sino nodos o unidades de salida. Un nodo o neurona cuenta con una cantidad variable de entradas que provienen del exterior (X1, X2, ..., Xm). A su vez dispone de una sola salida (Xj) que transmitirá la información al exterior o hacia otras neuronas. Cada Xj o señal de salida tiene asociada una magnitud llamada peso este se calculará en función de las entradas, por lo cual cada una de ellas es afectada por un determinado peso (Wjo...Wjq+m) (13). Los pesos corresponden a la intensidad de los enlaces sinápticos entre neuronas y varían libremente en función del tiempo y en cada una de las neuronas que forman parte de la red. (Fig. 1).



Kornilov, A.R. Intelligent technologies new opportunities for modern industry. Information Technology. 1997; 3:1-14.

Fig 1. Esquema de una neurona.

El proceso de aprendizaje consiste en hallar los pesos que codifican los conocimientos. Una regla de aprendizaje hace variar el valor de los pesos de una red hasta que estos adoptan un valor constante, cuando esto ocurre se dice que la red ya "ha aprendido". [15]

Al conectar varias neuronas de un determinado modo, se consigue una red. Existen variaciones de topologías, que se clasifican según tres criterios:

1) Número de niveles o capas.

2) Número de neuronas por nivel.

3) Formas de conexión.

El diseño de una u otra tipología depende del problema a solucionar por ejemplo para elaborar un programa de filtro digital en una computadora, se debe emplear un algoritmo en que todas las capas estén uniformemente interconectadas, o sea que todos lo nodos de una capa esten conectados con los nodos de otra capa. En la Figura 2 se muestra la arquitectura de una RNA clásica con variables de entrada, dos capas de neuronas intermedias y y una capa de salida. Todas ellas conectadas entre sí.

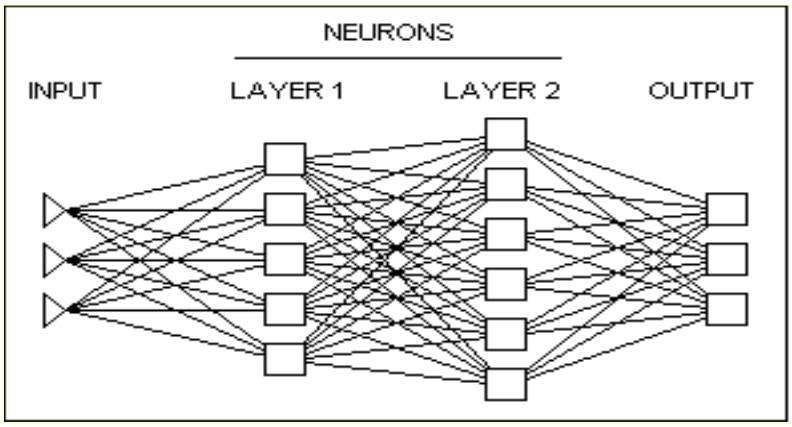


Fig. 2. Esquema de una RNA de dos capas de neuronas intermedias.

Otro algoritmo de RNA es el que aparece en la Figura 3, en este ejemplo las neuronas se organizan en una tipología de capas diferentes. Solo incluye una capa neuronal oculta, este algoritmo es muy elemental y es muy utilizado a nivel académico para la construcción y prueba de diferentes tipos de modelos de red.

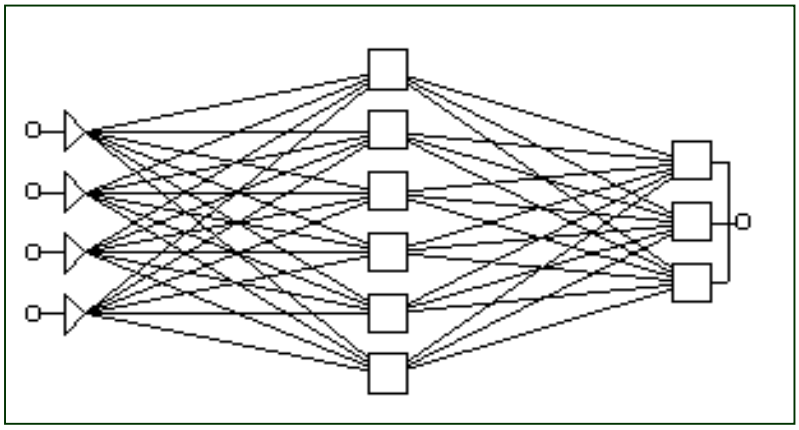


Fig. 3. Esquema de una RNA del tipo alimentación directa (*feed forward*). Topología con una capa de neuronas intermedias.

Existe una gran variedad de modelos de redes neuronales estos dependen del objetivo para el cual fueron diseñados y del problema práctico que solucionan. Hoy en día, su éxito depende en, gran medida, del valor comercial que logren alcanzar sus aplicaciones. En dependencia de ello unos serán más populares que otros, entre los más conocidos están el Adaline/Madaline (utilizado en el diseño y realización de filtros, para llevar a cabo la eliminación del ruido en señales portadoras de información, modems, etc.), el b*ack propagation* (utilizado en el proyecto de la máquina de escribir neural fonética) y el modelo de los mapas auto-organizados (*Self-Organizing Map*, SOM). Este último es conocido como modelo de Kohonen por ser este su creador, un análisis más detallado de este modelo aparece en el acápite siguiente.

2. Modelo Kohonen

Este modelo surge ante la curiosidad de Teuvo Kohonen, quien interesado en comprender la clasificación natural que hace el cerebro en cuanto a su funcionalidad, ideó el algoritmo SOM. Una definición simplificada sobre los mapas topológicos podría ser que, en una correspondencia que respecte la topología, las unidades que se encuentran físicamente próximas entre sí van a responder a clase de vectores de entrada que, análogamente, se encuentren cerca unos de otros. Los vectores de entrada de muchas dimensiones son

representados sobre el mapa bidimensional, de tal manera que se mantenga el orden natural de los vectores de entrada. [3, 5, 9].

Estos mapas presentan la característica de organizar la información de entrada, de entre un gran volumen de datos, clasificándola automáticamente, esto permitirá visualizar relaciones importante entre datos. Este modelo es muy útil para establecer relaciones desconocidas previamente

Este modelo de RNA es del tipo "aprendizaje autoorganizado" que como se explicó con anterioridad es un proceso donde las neuronas aprenden mediante la autoorganización. Durante el proceso de aprendizaje, al ingresar un dato solo una neurona que tenga una actividad positiva dentro de la vecindad será activada en la capa de salida.

La arquitectura SOM se ha extendido a infinidad de aplicaciones, es por ello que este algoritmo y sus modelos se han automatizado para dar vida a varios software como son el Viscovery SOMine® y el WEBSOM (7). Ambos son utilizados en el análisis y filtrado de información, el Viscovery ha sido validado tanto en estudios de mercado como análisis financiero o proyecciones urbanísticas. Actualmente está incursionando en el tratamiento de la información usando herramientas diseñadas por la bibliometría. [13, 14].

2.1. Los mapas autoorganizados aplicados a la Bibliometría.

La Bibliometría es una disciplina que estudia los aspectos cuantitativos de la información registrada, para ello se han creado una serie de modelos estadísticos que aportan datos numéricos sobre el comportamiento de la actividad científica. También se han adaptado modelos de otras disciplinas para facilitar los análisis y representar los resultados desarrollados a partir de la Bibliometría. Los mapas auto-organizados (SOM) o modelo de Kohonen (basado en las RNA) es una de estas herramientas.

En los estudios métricos la aplicación de las redes neuronales, y específicamente los SOM, están asociados en lo fundamental con la clasificación de información, o sea, la formación de

cluster y su representación en mapas bidimensionales de conceptos y más específicamente con el descubrimiento de información (*data mining*). Este último vinculado con la recuperación de la información con "ruido" e incompleta o con el tratamiento de información que incluye diferentes tipos de datos (números, texto, registros estructurados, etc.). Los SOM facilitan que el conocimiento tácito se haga explícito, a partir de la extracción no-trivial (a partir de los datos) de conocimientos implícitos potencialmente útiles desconocidos previamente. Se podrán encontrar patrones o estructuras en el conocimiento tácito.

Las investigaciones bibliométricas, a través de la utilización de las redes neuronales, incursionan en:

- la selección de variables,
- clasificación de información o formación de cluster,
- regresión,
- relaciones entre variables,
- cambios y desviaciones,
- representación de las variables.

Lo anterior se puede ejemplificar a partir de algunas aplicaciones prácticas relacionadas con la evaluación de páginas web [8] y trabajos relacionados con la clasificación de revistas en un determinado campo temático [9]. Se conocen, además, investigaciones relacionadas con la minería de textos (*text mining*) sobre todo aplicado a la asociación de palabras o co-word. En todos estos ejemplos se utiliza como variante de las RNA el modelo de los mapas auto-organizativos (*self-organizing map,* SOM). En un análisis, realizado por los autores sobre el tema, se examinaron cerca de 56 documentos sobre redes neuronales aplicadas al análisis de información, con ello se constato que la mayoría utilizaban el modelo SOM como herramienta de estudio. (2, 7, 8,12,16).

Un ejemplo de SOM podría ser.el estudio de una temática determinada, para este caso en un mapa cada documento (artículo de revista, podría ser una patente, una tesis, etc.) va a ocupar un lugar en el espacio, en función de su contenido temático. Cada área del mapa va a

reflejar un contenido específico y los tópicos van variando levemente a lo largo del mismo. Las diferentes tonalidades indican la densidad de documentos, cuanto más oscura más documentos se encuentran.

Este uso frecuente de los SOM quizás se deba a lo amigable de la interfaz de los mapas para los usuarios finales y a la diversidad de sus utilidades prácticas, estas representaciones son válidas para poder identificar, además de los desarrollos temáticos antes mencionados, relaciones entres áreas temáticas y publicaciones, alianzas estratégicas y características de la cooperación. Permite, también, visualizar los avances tecnológicos que tienen lugar en un período, conocer la evolución de una tecnología a través del tiempo e identificar campos emergentes.

En el acápite anterior se mencionó al Viscovery SOMine® como un software que ha automatizado el modelo SOM. Este sistema es utilizado por un equipo de trabajo del Instituto Finlay para elaborar mapas científico-tecnológicos. La lógica de funcionamiento del Viscovery SOMine® se muestra en la Figura 4.

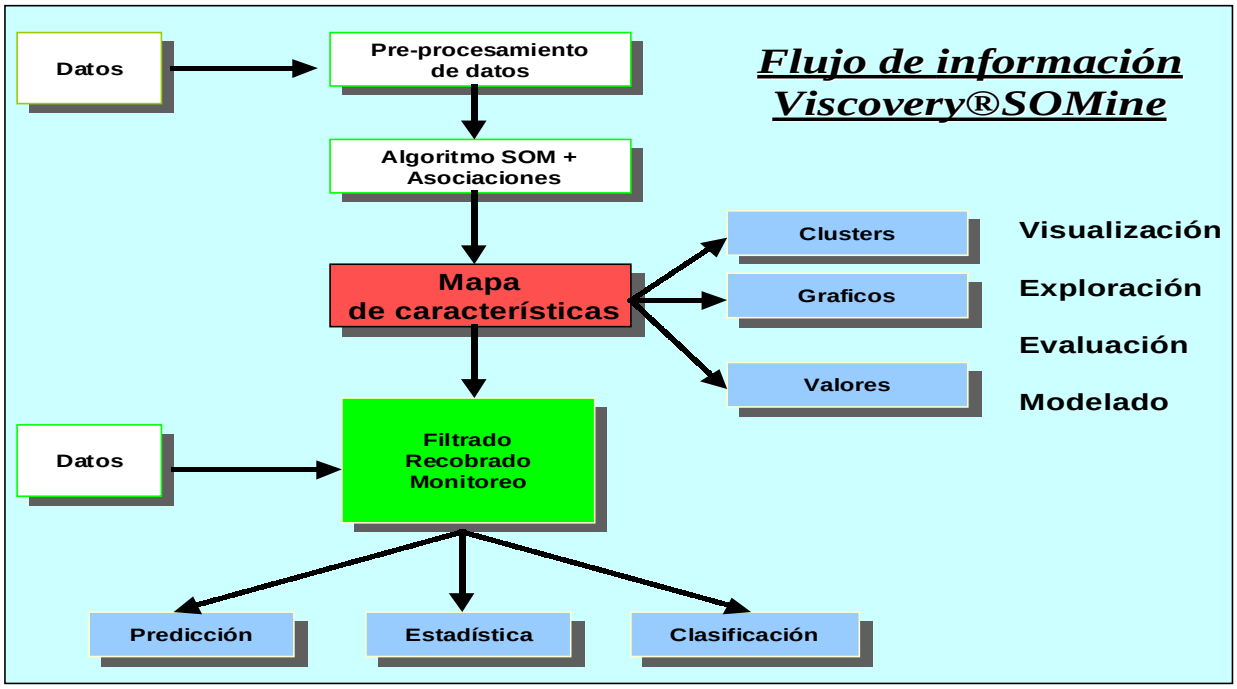


Fig. 4. Funcionamiento del Viscovery SOMine®.

El punto de partida, para el uso de esta herramienta, es la entrada de un conjunto de datos numéricos (datos multivariables, variables, "nodos"). Estos datos necesitan ser pre-procesados con el objetivo de "organizarlos" en forma de matrices. Los datos son convertidos hasta obtener una información visual en forma de mapa, para ello se aplica un número de técnicas de evaluación como coeficientes de correlación entre variables o factores discriminantes [4, 13, 14]. Los mapas serán amigables a la vista del usuario final, en ellos se identificarán dependencias entre parametros, cluster y gráficos que facilitarán diferentes predicciones o el proceso de monitoreo.

Aplicaciones

Se estima que a pesar de las limitaciones técnicas, las redes neuronales aplicadas a la Bibliometría constituyen un campo de investigación muy prometedor. Un ejemplo es presentado a continuación.

La disciplina muldidisciplinar de las redes neuronales es aplicada en esta sección, donde se asume a la producción de los documentos de patentes como indicador de la capacidad de desarrollo industrial. El objetivo es identificar posibles competidores, alianzas estratégicas, dependencia tecnológica, etc.

Se escogió para el primer ejemplo la representación de la situación tecnológica de la *Neisseria meningitidis.*[3]

Las diferentes instituciones en la primera hoja de sus patentes hacen referencias a otras patentes, a partir de estos datos se puede inferir el impacto que produce una tecnología o

[3] Entre las bacterias causantes de la meningitis cerebroespinal, la *Neisseria meningitidis* es el agente causal más frecuentemente encontrado. La enfermedad se presenta en todo el mundo y se manifiesta de forma endémica o epidémica).

institución en otra. Con el objetivo de determinar la dependencia tecnológica entre instituciones, se realizó un análisis de citas, estas formaron los cluster que aparecen en la figura 5.

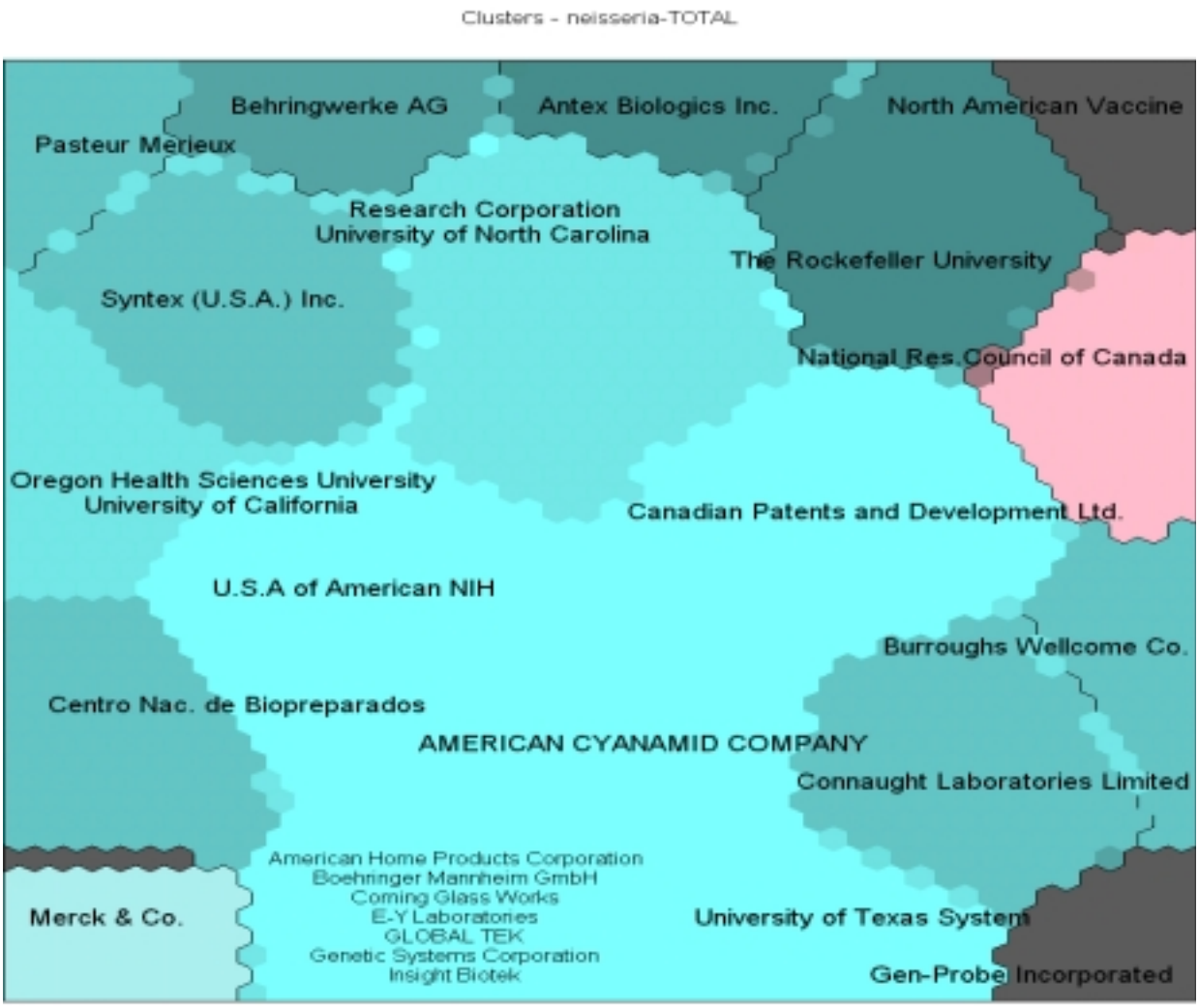


Fig. 5. Posición tecnológica de las instituciones según las citaciones.

El mapa tecnológico presentado en la figura anterior representa a tres cluster: cluster 1 formado solamente por la *Merck & Co*., un cluster 2 formado únicamente por el *National Res. Council of Canada* y el cluster 3 que incluye al resto de las instituciones. Este último grupo está formado por una gran cantidad de instituciones que tienen igual estrategia de citación, sobre todo las representadas con colores más claros y sin límites de separación. Se presupone que estas firmas se basan para su desarrollo en su propia base tecnológica, pues

citan poco a otras instituciones. El cluster 2 evidencia un alto nivel de autocitación, cuando esto sucede, algunos investigadores [1] en el tema señalan que probablemente esta institución tenga un nicho de protección cerrada sobre un espacio tecnológico. Puede estar ocurriendo que exista una patente importante, la cual se ha rodeado de invenciones mejoradas. El cluster formado por la *Merck & Co*. indica un mayor nivel de citación, esto presupone una estrategia balanceada: absorbe tecnología externa y produce tecnología propia. La cercanía de los cluster también es una evidencia sobre las instituciones que tienen estrategias parecidas a la de otras. La *Rockefeller University* hace frontera con el cluster que incluye a *North American Vaccine*, y el *National Res. Council de Canada;* estas instituciones forman un colegio tecnológico invisible que basa sus desarrollos en la misma innovación tecnológica.

Otro ejemplo

Otra aplicación se presenta en un campo diferente del conocimiento: la agricultura. En este ejemplo no solo se tomó como elemento de entrada la producción documental de determinados países, también se consideraron otros tipos de variables como "gastos en I+D" en cada uno de los países analizados, "personal dedicado a actividades de I+D", etc.

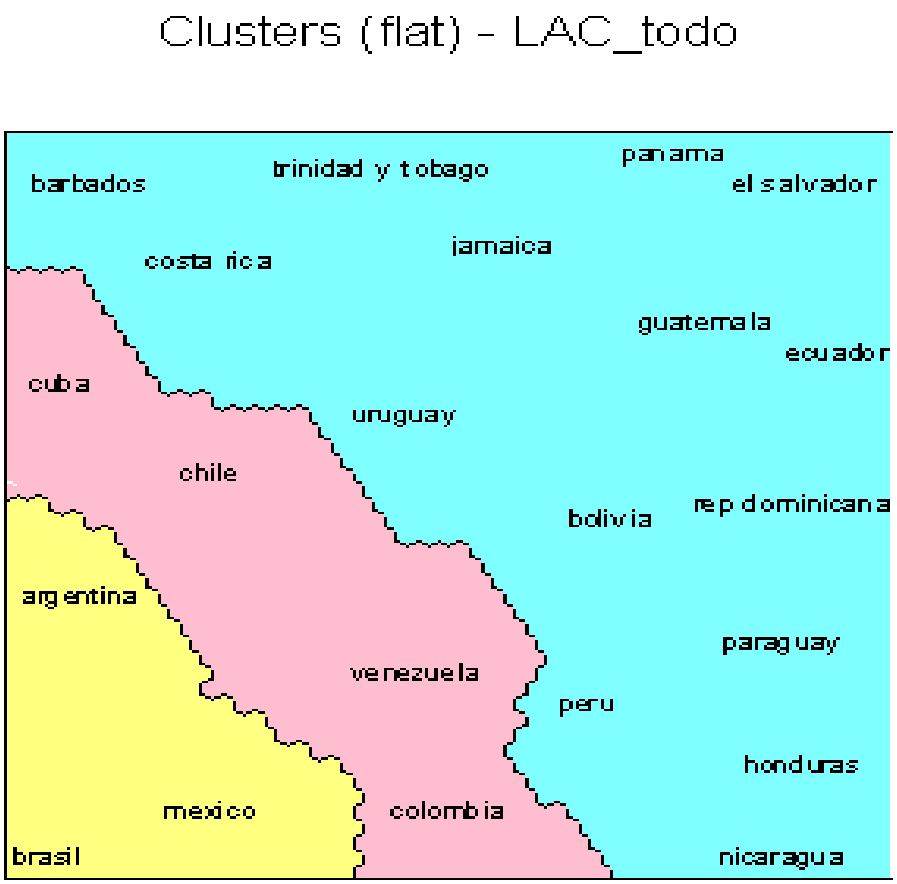


Fig. 6. Mapa de América Latina y el Caribe (países seleccionados) de acuerdo con la actividad en ciencia agrícola.

En la figura 6 se presenta un mapa auto-organizado sobre la actividad en ciencia agrícola en América Latina y el Caribe (se seleccionaron algunos países según los datos disponibles). Con ello se pretende lograr una representación de la región, teniendo en cuenta los indicadores de insumo y de resultados más significativos. En la figura aparecen, en dos dimensiones, 22 países. La semejanza de los países, considerando de forma simultánea los 20 indicadores, se expresa mediante la cercanía de estos en el mapa.

Los 22 países se agrupan (autorganizan) en 3 clusters o grupos: El cluster C1, que aparece en la esquina inferior izquierda, es seguido por una banda de 4 países correspondientes al cluster C2 (Cuba, Colombia, Chile y Venezuela) y otro cluster (C3) con el resto de los países.

En el ámbito regional e internacional hay un grupo de países formado por Brasil, México y Argentina que tienen una investigación en la temática con mayor solidez y con parecidos niveles de desarrollo. Esto coincide con los países que presentan mayor nivel regional en el desarrollo agrícola.

Consideraciones finales

Ante los ejemplos expuestos, se hace evidente que las redes neuronales artificiales, específicamente las basadas en el modelo Kohonen, pueden ser aplicadas como una herramienta de análisis con múltiples propósitos.

Existen experiencias prácticas sobre estudios de mercado, análisis financieros, líneas de procesos industriales, control de la calidad y sistemas de vigilancia tecnológica. Existen análisis macro-económicos, por ejemplo, para representar datos coleccionados durante un período de 20 años sobre un país determinado, el Viscovery SOMine® genera un mapa en el cual se representan el conjunto de los datos. Los cluster representan, entre otros resultados, las diferentes fases económicas durante ese período de tiempo.

El vínculo de la Bibliometría con las redes neuronales se muestra muy fructífero. Esta herramienta de análisis debe ser estudiada no solo por la Bibliometría, sino también por otras disciplinas, las cuales pueden potenciar con ella su propio desarrollo.

Referencias

1. Battelle Memorial Institute. Keeping abreast of science and technology: technical for business. Ashton, B., Klavans, R.A. Ohio: Battelle Memorial Institute, 1997, 557 p.

2. Campanario, J.M. Using neural networks to study networks of scientific journals. *Scientometrics*. 33(1):23-40, 1995.

3. Deboeck, Guido J. Pattern recognition and prediction with self-organizing maps and ork / AIabtext.html supporting software review: visualization through viscovery [en línea]. < http://www.gordiand-knot.com >>. Gordian Institute Electronic NewsLetter. [Consulta: 20 de febrero 2000.]

4. Eudaptics Software Gmbh. Viscovery® for CRM-applications (Viscovery White Paper) [en línea]. <<http://www.eudatic.com>>. [Consulta: diciembre de 1999].

5. Freeman, J.A.; Skapura, DM. Redes Neuronales. Algoritmos, aplicaciones y técnicas de propagación. México: Addison-Wesley. 1993; 306 p.

6. Hilera González, J.; Martínez Hernández, V. Redes neuronales artificiales: fundamentos, modelos y aplicaciones. Madrid, RA-MA, 1995. 389 p.

7. Honkela, T. y otros. Newsgroup exploration with WEBSOM method and browsing interface. Espoo. Helsinki, University of Technology, Laboratories of Computer and Information Science. 1996. (Technical Report, A32).

8. Kaski, S. y otros. Creating an order in digital libraries with selft-organizing map. In: Proceeding of World Congress on Neural Networks, WCNN'96. Mahwah, NJ, INNS Press, 1996. 1996, pp. 814-817.

9. Kohonen, T. Self-Organizing-Maps. Springer, Berlin, Second edition. 1997, 362 p.

10. Kornilov, A.R. Intelligent technologies new opportunities for modern industry. *Information Technology*. 1997; 3(6):1-14.

11. Neurofisiología [CD-ROM], Enciclopedia Microsoft(R) Encarta(R) 99. (c) 1993-1998 Microsoft Corporation.

12. Polanco, Xavier; Francois, C., Keim, JF. Artificial neural network technology for the classification and cartography of scientific and technical information. In: Periz, B., Egghe, L. Procceding Sixth International Conference of the International Society for Scientometrics and Informetrics; Jerusalem, Israel, 1997. Jerusalem, Universidad Hebrew of Jerusalem, 1997, pp. 319-330.

13. Sotolongo, G; Suárez, CA.; Guzmán, MV. Modular Bibliometrics Information System with Propietary Software (MOBIS-ProSoft): a versatile approach to bibliometric research tools. *Library and Information Science Electronic Journal (LIBRES).* 2000; 10(2): http://libres.curtin.edu.au/

14. Sotolongo, G; Suárez, CA.; Guzmán, MV. Modular Bibliometrics Information System with Propietary Software: In: Macías-Chapula, C. (Ed.). In: Proceedings of the Seventh International Society for Scientometrics and Informetrics. Universidad de Colima, México. 1999; 313-322.

15. StatSoft, Inc. Neural Networks. Statistica for Windows [Computer program manual]. Tulsa, Oklahoma: StatSoft, Inc. <<http://www..statsoft.com>>. [Consulta: diciembre del 2000].

16. Swanson, D. R. y N. R. Smalheiser. An interactive system for finding complementary literatures: a stimulus to scientific discovery. *Artificial Intelligence.* 91(3):183-203, 1997. También disponible en <http://kiwi.uchicago.edu/web>>.