

Ontología y narrativa en los sistemas de inteligencia artificial, una mirada antropológica

LILY DÍAZ-KOMMONEN

INTRODUCCIÓN

El objeto del conocimiento surge y se elabora en el contexto de la actividad que se realiza. Cada campo de investigación tiene sus áreas y perímetros de acción, en los cuales se desarrollan sus distintas tareas. La historia, la práctica y la teoría, por ejemplo, se pueden considerar como tres facetas, a través de las cuales, ejercer una investigación procedente del arte, que se hace con el arte y por la que se puede saber más sobre el arte.

Es posible observar en el cine, por ejemplo, los cambios que han sufrido nuestras ciudades en los últimos cien años. También entendemos que no es lo mismo la Gestalt visual que recibimos al observar una proyección en 35 mm, en un video digital en alta resolución, o en un modelo de simulación hecho con una computadora. En nuestra era de la cultura digital en la cual se gestionan temas como los de la realidad virtual, la investigación histórica con el arte y sobre el arte, nos puede ayudar a instar formaciones de archivística que quizás nos parecerían como esotéricas. Estas nos pueden proveer historiografías sensuales sobre la cultura, objetos de arte que informen nuestra comprensión de la realidad.

EXAMINAR LA CULTURA

La base primordial de una mirada antropológica hacia la actividad

artística debe partir de un entendimiento sobre la cultura material. Todo comienza con el artefacto. No importa si ha sido realizado con métodos artesanales y materiales tradicionales o si surge como resultado de una tarea transdisciplinaria que envuelve varias disciplinas, inclusive las artes, el diseño o la ciencia. La razón de ser de un artefacto, sus interfaces y cómo estos se extienden en su entorno, es un tópico de investigación continua en nuestro grupo.

El artefacto es algo conceptual o material creado por un ser humano. Todos los artefactos se pueden describir usando un número infinito de propiedades y atributos. Estas propiedades, que se pueden representar como vectores, también definen la posición del artefacto en un espacio multidimensional (Díaz y Kaipainen).

Utilizamos el análisis del artefacto basado en el método Artefact Analysis, desarrollado por la doctora Susan Pearce en la Universidad Leicester del Reino Unido. Con este método, a través de la descripción de sus propiedades, hemos podido desgajar en elementos y facetas los distintos componentes del objeto de arte, o de diseño y su forma representativa. Este último detalle también nos provee una plataforma inicial para la elaboración de las ontologías en una aplicación.

ANTECEDENTES CON EL USO DE REDES NEURONALES

Este entendimiento nos ha facilitado el poder trabajar, usando materiales y tópicos arraigados en el arte y el diseño, en una de las áreas de investigación relacionadas con la inteligencia artificial: las redes neuronales.

En el proyecto sobre las “Comunidades de interés para promover la herencia cultural regional en Europa” (Communities of Interest to Promote the Heritage of European Regions/CIPHER, 2002-2004) desarrollamos actividades con el Mapa auto organizado, (Self-Organizing Map. SOM), basado en el algoritmo inventado por el científico finlandés, Teuvo Kohonen. Las actividades que se llevaron a cabo incluyeron experimentos con el SOM, como herramienta para organizar y visualizar materiales culturales que se muestran en archivos

digitales en la red. Distintas comunidades, entre ellas, un grupo de estudiantes de presecundaria (de la edad entre 12-14 años de edad) participaron en el estudio (Díaz y Parttanen).

SOM es un tipo de red artificial neuronal (ANN) que no necesita supervisión y que se puede utilizar para agrupar datos, sin clasificación predefinida del input data. Honkela describe al SOM como una matriz, cuyos nódulos (células) responden a señales de input de una manera ordenada. Al usar una metáfora del ámbito de la biología, el SOM es un algoritmo cuya actividad mimetiza la capacidad del cerebro de formar mapas topológicos. El profesor Marín Diazaraque (Departamento de Estadística y Economía, Universidad Carlos III de Madrid) lo define de la siguiente manera:

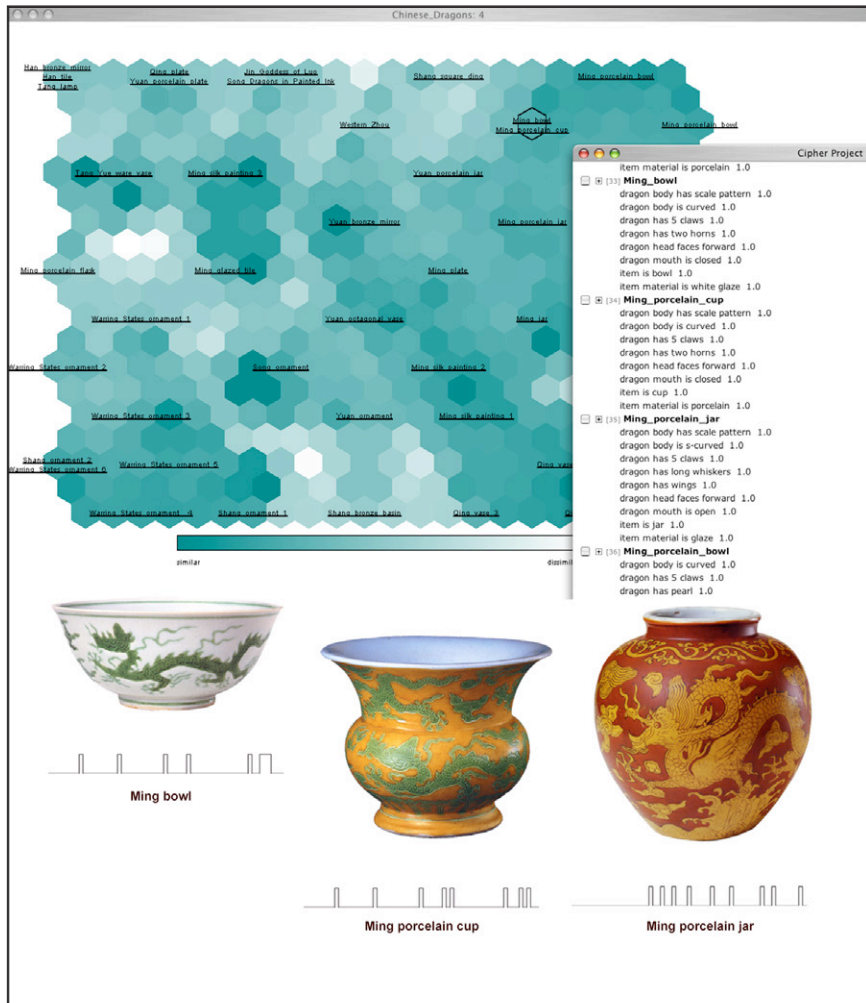
“Este tipo de red posee un aprendizaje no supervisado competitivo. El objetivo de este aprendizaje es categorizar los datos que se introducen en la red. Se clasifican valores similares en la misma categoría y, por tanto, deben activar la misma neurona de salida. Las clases o categorías deben ser creadas por la propia red, puesto que se trata de un aprendizaje no supervisado, a través de las correlaciones entre los datos de entrada”.

En la psicología Gestalt, la ley de semejanza define, como en la percepción humana, aquellos elementos que tienen características parecidas o iguales, y son percibidos como más relacionados que aquellos que no. Pero en una visualización científica esto no es suficiente para llegar a un análisis conclusivo. Hay que establecer también la identidad de los vectores señalados en cada artefacto, que estos portan las características (propiedades) que el usuario les atribuye como parte de la descripción, y finalmente que los artefactos que se aglutinan en un núcleo sí comparten las propiedades indicadas.

Para esta tarea, se prosiguió con un experimento en forma de una visualización, en el cual histogramas de los distintos artefactos se usan como elementos de identificación. En la Figura 1 señala un núcleo en un mapa auto-organizado, la lista de las propiedades correspondientes a los tres artefactos, una ilustración de los artefactos

con histogramas, y finalmente una comparación de los histogramas de cada artefacto.

Figura 1. Mapa auto-organizado (SOM) que muestra un experimento de como la representación del dragón aparece en artefactos de la cultura china, a través de distintas épocas. Métodos de análisis de artefactos se utilizaron para crear las descripciones.



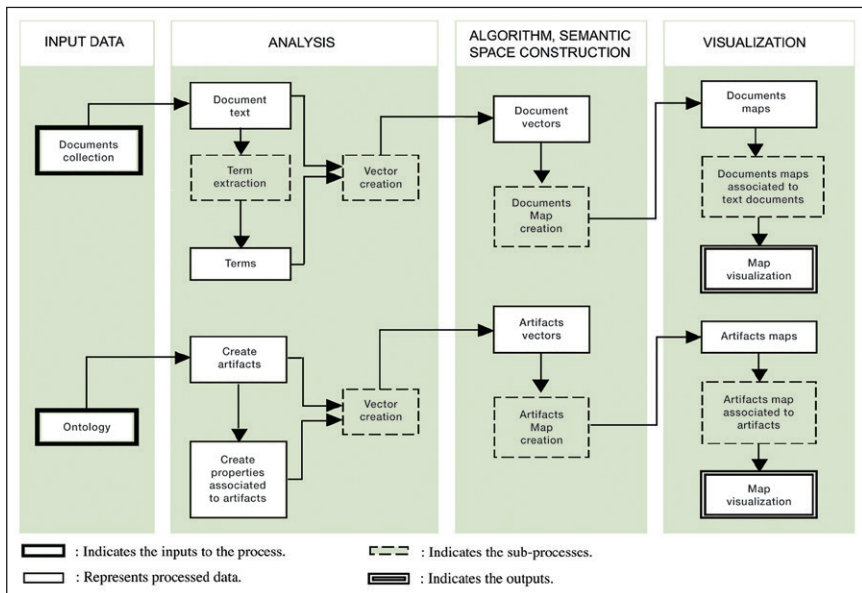
La Figura 2 muestra otro ejemplo de un experimento que hace uso de técnicas de visualización. En este caso se comienza por crear una ontología de propiedades basada en las distintas partes de los cuerpos de los monstruos de la *Carta marina*, por Olaus Magnus (1539). Este mapa, que se considera por muchos como uno de los primeros trabajos cartográficos que utilizan métodos empíricos, está repleto de figuras monstruosas, las cuales Magnus utiliza para recalcar las maravillas de esta región (Rossby). Esta ontología de propiedades se utiliza para crear un mapa auto-organizado SOM de las criaturas. Las criaturas se agrupan a sí mismas en núcleos (*clusters*) de acuerdo a las propiedades que comparten. A manera de ilustración, la visualización también muestra las esculturas creadas por el artista Alexander Reichstein para su pieza de arte interactiva *Bestiarium Construendum* (Reichstein).

Figura 2. Mapa auto-organizado (SOM) que muestra un experimento de como una lista de propiedades se usa para describir los monstruos en el mapa, la *Carta marina* de Olaus Magnus, 1539.



En la Figura 3 se muestran dos métodos de análisis que se desarrollaron durante el proyecto. Con estos métodos se pretendía crear índices archivísticos en los cuales las categorías fueran el resultado de las descripciones de los artefactos en el archivo. Estas dos metodologías parten de filosofías muy distintas. En el primero se hace uso del Latent Semantic Indexing (LSI) para extraer de los documentos una lista de términos que se utilizan como categorías para organizar la data. En el segundo método, el experto (o investigador) usa el programa para crear un espacio vector en donde se insertan las categorías que se han de utilizar para describir cada artefacto. Subsiguientemente se define - de manera binaria - si cada propiedad se aplica o no a cada artefacto.

Figura 3. Las figuras ilustran los métodos de análisis utilizados para organizar los datos en la Figura 1 y la Figura 2.



Ambos experimentos presentan una situación en la cual se introduce a un sistema artificial conocimientos (en forma de ontologías) que ya son implícitos para el ser humano. Los monstruos de la *Carta marina*

son tal porque como criaturas híbridas combinan entre sí las características de distintas especies: centauro es mitad caballo, mitad hombre, la sirena no tiene dos piernas, pero sí tiene una cola.

En ambos métodos, el resultado de procesar datos es una representación visual (llamado mapa) de data organizada, de acuerdo con el principio de semejanza (Avilés Collao et al.). La importancia de este tipo de representaciones gráficas de información yace en la capacidad que se vislumbra de poder ir más allá de las meras apariencias visuales. El poder utilizar estos mapas como instrumentos interpretativos para manejar grandes bases de datos de manera que haya correspondencias equivalentes entre los datos y las formas es uno de los objetivos. Más allá de esta tarea, en el horizonte se puede vislumbrar el desarrollo de una actividad parecida a la lectura, ya sea en la pantalla, en la imagen impresa, o hasta en una proyección holográfica. Todavía más adelante, está una posible interactividad en tiempo real. Esta interactividad, pudiese permitir al usuario una investigación abierta y natural tal y como sucede cuando pasamos las páginas de un libro a las que se accede con facilidad.

LA NUEVA ERA DEL ZETTABYTE

Terminado el proyecto en el 2004 continuamos trabajando con otros proyectos en el área de la archivística digital. (Referimos al lector a las páginas de Systems of Representation, grupo de investigación en la red). Realmente parece no haber sido hasta finales de la primera década del segundo milenio que, posiblemente, a través de la incrementación vertiginosa de datos que amenazan inútilmente nuestra capacidad de entendimiento, surge de nuevo un interés en materias relacionadas con las redes neuronales como el SOM.

El significado de la palabra era indica un punto de partida en una cronología o un período en la historia de una civilización que se caracteriza por un nuevo orden y que generalmente comienza con un suceso importante o notable. En el año 1986 el Internet albergaba 2.6 *exabytes* (EB) de información. Para el año 2000, son 54 *exabytes* una suma que se supera cuatro veces con los 295 *exabytes* en el 2007. En el año 2012 el tráfico global excede la marca del *zettabyte* (1021

bytes). Claramente la cantidad de data que se recoge sobrepasa la capacidad de análisis del ser humano. La plataforma DOMO, por ejemplo, ofrece estadísticas actualizadas sobre la inmensa cantidad de data que se mueve en internet. Sus visualizaciones, Data that Never Sleeps, se han convertido en un género de por sí.

Dentro de este contexto, Boden explica como el modelo conexionista para la inteligencia artificial que se basa en el uso de redes neuronales para el análisis de grandes repositorios de datos adquiere nueva relevancia. Cabe resaltar los experimentos en áreas relacionadas con el reconocimiento de imágenes. Por ejemplo, en el Image Net Large Scale Visual Recognition Challenge (ILSVRC), una competencia auspiciada por el proyecto ImageNet que, desde el 2012, se celebra anualmente, para el año 2017 reportaba resultados en los cuales, las redes neuronales podían, en el 97.7 por ciento de los casos, acertar en la categoría correcta de un objeto mostrado a través de una imagen.

En una publicación del 2018, *Artificial Intelligence, A European Perspective*, el Joint Research Centre de la Unión Europea en Ispra declara:

Aunque la inteligencia artificial lleva una larga trayectoria, el progreso reciente se debe a la convergencia de un incremento en la capacidad de computación, la accesibilidad a grandes bases de datos y la existencia de nuevos algoritmos para el procesamiento de datos. (Joint Research Centre 2018) (Traducción de la autora.)

Entonces, se percibe en estas tecnologías una posible respuesta a la creciente y continua masa de datos. Se anticipa que la máquina con su inmensa capacidad para manejar, organizar y estructurar los datos dispares pueda percibir y hacer inteligibles patrones de significado inherentes en las corrientes de información, que fluyen a través del planeta, día a día. Lejos de ser un sueño, existe una necesidad pujante, de una interfaz que permita un acceso fácil, intuitivo e interactivo a esa *vorágine de datos*. ¿Cuán cerca estamos de que ese objetivo se vuelva realidad?

NARRATIVAS PARA UNA MITOLOGÍA

Podemos estudiar el *software* para entender que cambios nos sobrevienen a raíz de su uso en la vida real. Pero si se queremos entender su impacto social y cultural, debemos también prestar atención a las diferentes narrativas que circulan en su entorno. Entre las historias populares referentes a la inteligencia artificial están aquellas que coinciden con la existencia de distintos órdenes del ser (y los derechos que esto conlleva) en distintos sistemas políticos y económicos. En la República Popular de China, por ejemplo, la falta de privacidad individual no se considera tan importante y es común que la genta acceda a que se utilicen programas de reconocimiento facial en lugares públicos y en tareas tan banales como ordenar la comida en un establecimiento comercial. Se estima que, contrario a la sociedad occidental, la china se orienta hacia los grupos, por tanto, la identidad personal no se valora tanto (O'Meara 2019). Sin embargo, el alcance de las tecnologías digitales en la vida privada de un ciudadano de Europa asume otras dimensiones. La valoración del individuo como entidad y con derechos, como el de ser olvidado, es uno de los factores que ha llevado a la Unión Europea a la formulación de leyes para la regulación y protección del uso de datos. Esta disyuntiva va al corazón de muchas de las técnicas de inteligencia artificial y la opacidad que existe en el uso de algoritmos como parte del proceso de análisis de datos.

Otra de las narrativas que tiene mucha resonancia, es la que atribuye un cambio en el rol que juega la tecnología cuando pasa de ser un asistente para convertirse en sustituto y maestro del ser humano. Los recientes desarrollos, cuya escala (como es el caso de los grandes repositorios de datos) va más allá del alcance humano y requiere del uso de dispositivos mecánicos para su organización y procesamiento, a los cuales se tildan de 'inteligentes', se leen como manifestación y prueba de la realidad de estas narrativas. En su artículo "La inteligencia artificial y el problema de ontoteología digital, consideraciones sobre la ciencia ficción y la teoría", Crombez y Dahms resaltan la existencia de fenómenos como la *apofenia* o la "...experiencia consistente en ver patrones, conexiones o ambos en sucesos aleatorios o en datos sin sentido". En su análisis de estas narrativas señalan la importancia de

un examen crítico acerca de las bases ontológicas de la inteligencia artificial y proponen a su vez una nueva lectura sobre relación de la teoría científica con la ciencia ficción: “La teoría no solamente debe guiar la investigación por el ser humano sino también la investigación que se conduce por la máquina para entender mejor nuestra relación con los objetos que creamos”. Dicho de otra manera, cómo se debe caracterizar nuestra reflexión ante ideas como las de que el análisis de la máquina puede facilitar la creación de nuevas pinturas de Rembrandt, como lo propone el proyecto del Next Rembrandt o que una reconstrucción digital ha facilitado el habla a una momia del periodo del faraón Ramses XI (c.1099-1069 a. C.). Como si el cuerpo humano fuese un simple recipiente o una probeta de laboratorio. Como si los quehaceres del día a día no tuviesen relación con esa masa de carne y espíritu que se encoge y se moldea para ajustarse a su entorno, y reflejar a su vez los accidentes y torpezas que marcan sus vivencias.

EL USO CREATIVO DE LAS REDES NEURONALES

Como gráfica, el SOM es una representación visual que, con base en el principio de semejanza, destaca la similitud (ya sea conceptual o material) entre los diversos elementos de un grupo en un espacio multidimensional. El SOM mantiene las relaciones de cercanía entre vectores que son contiguos en el espacio multidimensional y hace posible el desplegar esta información en forma visual. Marín Diazaraque describe el SOM como “en realidad, un tipo de algoritmo para clasificar observaciones... [y] conceptualmente similar al MDS [escalamiento multidimensional] que transforma observaciones similares en puntos cercanos del espacio bidimensional.”

En esta sección detallamos brevemente otros proyectos que hemos realizado con el mapa auto organizado (SOM), como instrumento de diseño. Estos proyectos se llevaron a cabo durante los años 2012 al 2018. Incluyen una serie de talleres sobre visualización y la curación de una exhibición en la red para SIGGRAPH. Se presentan en este ensayo con la idea de resaltar el hecho de que, aparte de las más reconocidas, hay muchas maneras en que pueden utilizarse las formas tecnológicas relacionadas con la inteligencia artificial.

TALLERES SOBRE VISUALIZACIÓN

Durante los años 2000 al 2016 tuve la oportunidad de desarrollar e implementar un área de estudios sobre la visualización en el Media Lab Helsinki, lugar donde cursé mis estudios de doctorado en diseño y en donde he sido investigadora y profesora durante los últimos veinte y cinco años. En este programa, que eventualmente pasó a ser un programa de maestría en el área de comunicación visual del Departamento de Media impartí clases en tópicos como diseño de información, visualización y seminario sobre diseño de información. A partir del año 2012, comenzamos a utilizar las herramientas que habíamos desarrollado en el proyecto CIPHER. Esta iniciativa coincide con la presencia de un nuevo miembro experto en computación lingüística, quien brinda apoyo técnico y pone al alcance de nuestros estudiantes de maestría estas herramientas, consideradas instrumentos para el procesamiento avanzado de datos (*advanced information processing tools*). La forma particular en que se han usado es para enseñar principios básicos sobre la organización de la información.

Este objetivo fue implementado a través del taller de visualización, en el cual los participantes desarrollan nuevos conceptos acerca del uso de la información y crean presentaciones descriptivas con gráficas creadas con el SOM, como parte de una narrativa.

El tópico de la información como género y materia es demasiado amplio para tratar en un ensayo. Suficiente cabe mencionar la discusión elaborada por la profesora emerita Elaine Svenonius, la cual presenta una definición que con base en la explicación del diccionario y en los trabajos de S.R. Ranganathan y Seymour Lubetsky, realza el origen de la información en el acto de la descripción, a través de la palabra y el texto como algo que se escribe (ya sea un libro, un reporte, o una carta) y simultáneamente la contrasta con su representación física (una moneda, una piedra). Esta última puede también comunicar el pensamiento por medio del uso de las marcas o símbolos. De acuerdo a Svenonius, “en la organización de información para facilitar acceso, se requieren no solamente descripciones textuales sino también conocimiento sobre el entorno físico y los mecanismos a través de la cual esta se incorpora...” (Svenonius 2000, 8-9).

Las discusiones en este taller se enfocaron, tanto en los aspectos teóricos como en la práctica, a través de ejercicios. Entre los conocimientos teóricos consultados resalta el trabajo del experto en infografía Jacques Bertin, cuya obra, *La semiología de las gráficas* ha inspirado a numerosos peritos como el profesor Edward Tufte, quien a su vez es autor de diversos trabajos importantes. Conocimientos acerca de la diferencia entre los procesos para recoger datos y desplegarlos, ya sea en forma de una serie de tiempo o en una red, por ejemplo, y cómo se pueden usar estas representaciones gráficas en una narrativa, lo que también formó parte de los objetivos de aprendizaje para los participantes. En este contexto el uso de gráficas informáticas, basadas en redes neuronales como el SOM, significó la añadidura de un género más.

En los talleres se utilizaron también métodos como el trabajo independiente, en el cual se organiza a los participantes en grupos, con distintas destrezas. Esta asimetría de conocimientos puede fomentar la colaboración y la creatividad. Durante el año 2015, en uno de los equipos de trabajo, por ejemplo, había un estudiante en diseño gráfico, otro del programa de diseño de juegos, una programadora y una experta en estudios urbanos. Todos los participantes cursaban estudios de maestría. Este equipo optó por investigar cómo se percibe la ciudad de Helsinki a través de las películas. Utilizaron distintas fuentes de información, seleccionaron nueve películas y analizaron las representaciones de la ciudad, para crear un mapa en el que mostraban los sentimientos que la ciudad puede suscitar en un espectador.

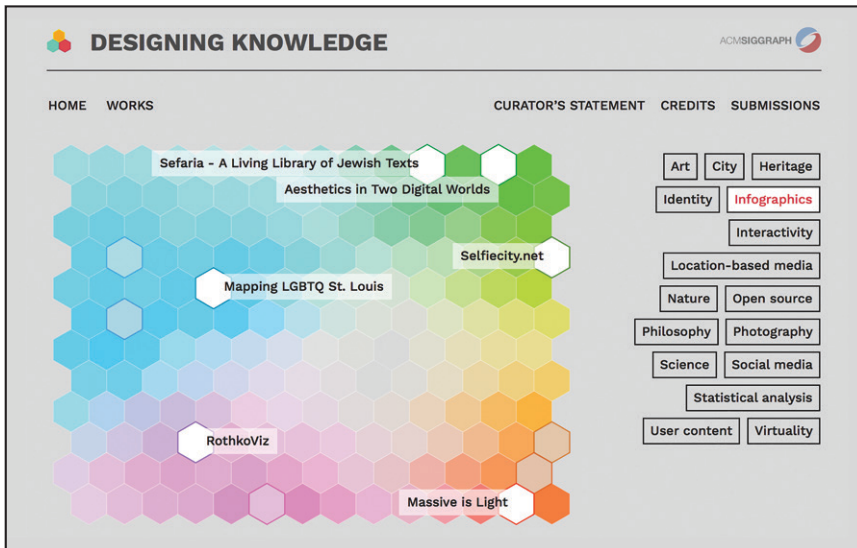
¿Qué tipo de datos se pueden utilizar en este formato gráfico? ¿Cómo hay que recoger la data para poder codificarla y desplegarla? ¿Qué posibilidades de comunicación puede ofrecer el SOM para los usuarios que no tienen experiencia con este tipo de instrumento? ¿Es posible utilizar la capacidad organizadora del SOM como herramienta de creatividad? Estos tópicos eran parte de las discusiones entre docentes y estudiantes durante el transcurso de estas actividades.

EXPOSICIÓN DISEÑANDO EL CONOCIMIENTO

En este apartado queremos hacer mención de nuestra exposición *Dis-
señando el conocimiento (Designing Knowledge)*, para el Association

of Computing Machinery (ACM) SIGGRAPH. Esta exhibición incluye una muestra internacional de once trabajos que de una manera artística (y técnica) nos muestran distintos aspectos y usos de la información para crear y diseminar el conocimiento. Ya sea la documentación y exposición de una historia escondida (Mapping LBGQT Saint Louis), o para hacer asequible los textos que en su forma material no se pueden consultar de manera fácil, como lo son las distintas secciones del *Talmud: Sefaria* (a living library of Jewish texts), o para establecer una comparación entre los ciudadanos de una urbe y la otra (*Selfiecity.net*).

Figura 4. Diseñado el conocimiento (*Designing Knowledge*), portada de la exhibición hecha en 2019, para ACM SIGGRAPH.



En la introducción a la exhibición se muestran los trabajos a través de un pequeño mapa de SOM, el cual enseña las distintas categorías que se pueden apreciar en las obras seleccionadas. Al mover el cursor encima del mapa se revelan las distintas características de cada pieza, lo que permite al usuario establecer una comparación global del contenido de la exhibición. Por ejemplo, *Tracking Transcience*, una

pieza realizada por el artista Hasan Elahi (USA) despliega las categorías de arte, identidad, medios basados en la ubicación, *social media* y contenido hecho por el usuario, que en este caso es también el autor del trabajo. Además se puede observar como las distintas piezas comparten las propiedades asignadas.

En el apartado de cada pieza se exhibe un video que muestra como funciona el repositorio y un diagrama que explica la arquitectura de información (*information architecture*) del trabajo. De esta manera, se pretenden destacar los aspectos de la artesanía digital, del diseño y del entorno material, en el cual se desarrolló cada trabajo. En el archivo audiovisual *RothkoViz*, por ejemplo, el diagrama explica claramente las distintas tareas que se utilizaron para procesar las imágenes y crear visualizaciones que realzan las características de las pinturas del pintor norteamericano, Mark Rothko.

CONCLUSIONES

La inmensa cantidad de datos que se generan a través de la vida diaria es una de las características de la Sociedad de la Información (SI). Existe una gran necesidad de encontrar métodos que nos permitan trabajar con la data de una forma responsable e inclusiva, en la cual también se use la capacidad creativa del ser humano. Una mirada antropológica al uso de las tecnologías de inteligencia artificial debe de tomar en cuenta no sólo la eficacia y los resultados producidos, sino la manera en que estas se sitúan y contribuyen en el contexto de la actividad y la cultura humana.

BIBLIOGRAFÍA

- Artificial Intelligence, A European Perspective. Reporte especial del Joint Research Centre (JRC), Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2018.
- Avilés Collao, J., Díaz, L., Kaipainen, M., and Pietarila, J. “Soft Ontologies and Similarity Cluster Tools to Facilitate Exploration and Discovery of Cultural Heritage Resources”. *Proceedings of DEXA 2003, Fourteenth International Workshop on Database and Expert Systems Applications*, Los Alamitos, CA: IEEE Computer Society, 75–80.
- Bertin J. *Semiology of Graphics, Diagrams, Networks, Maps*. Redlands, California: Esri Press, 1967, (2010).
- Boden, M. *A Very Short Introduction to Artificial Intelligence*, Oxford, UK: Oxford University Press, 2016.
- Crombez, J., Dahms Harry F. “Artificial Intelligence and the Problem of Digital Ontotheology: Toward a Critical Rethinking of Science Fiction as Theory”, *Bulletin of Science, Technology & Society*, 2015, Vol. 35(3-4)110.
- Domo, *Data that Never Sleeps*. <https://www.domo.com/learn/data-never-sleeps-7>. Disponible el 9 de enero de 2020.
- Designing Knowledge, An online exhibition*. Disponible el 9 de febrero de 2020. <https://designing-knowledge.siggraph.org/wp/>.
- Díaz, L. & Kaipainen, M. “Designing Vector-Based Ontologies: Can Technology Empower Open Interpretation of Cultural Heritage Objects?”, *Proceedings of DEXA 2002, 13th International Workshop on Database and Expert Systems Applications*, Los Alamitos, CA: IEEE Computer Society, 521–525.

- Diaz, L. and Partanen, L. “Digital culture heritage to support novel activities in the classroom of the future”, K. Mäkitalo-Siegl, F. Kaplan, J. Zottmann, & F. Fischer (Eds.), *Classroom of the Future: Orchestrating collaborative spaces*. The Netherlands: Sense Publishers, 2010, pp. 181-198.
- Diazaraque, Marín, JM. *Los mapas auto-organizados de Kobonen (SOM)*. Disponible el 1 de enero de 2020. <http://halweb.uc3m.es/esp/Personal/personas/jm-marin/esp/DM/tema5dm.pdf>.
- Honkela, Timo. 1997. *Self Organizing Maps in Natural Language Processing, Dissertation*, Espoo, Finland: Helsinki University of Technology, Neural Networks Research Center, 1997. <http://www.cis.hut.fi/~tho/thesis/>, (19/01/2020).
- Image Net Large Scale Visual Recognition Challenge*, ILSVRC. Disponible el 25 de enero de 2020. <http://www.image-net.org/challenges/LSVRC/>.
- Image Net Project*, Disponible el 25 de enero de 2020. <http://image-net.org/about-overview>.
- Joint Research Centre (2018). *Artificial Intelligence, A European Perspective*.
- O’Meara, S., “Will China Overtake the U.S. in Artificial Intelligence Research by 2030?”, *Nature*, 21 August 2019.
- The Next Rembrandt*, Disponible el 28 de enero de 2020. <https://www.nextrembrandt.com>.
- Reichstein, Alexander, *Bestiarium Construendum*, Disponible el 9 de septiembre de 2020. <http://www.reichstein.name/best.html>.

Rosby, T. H. "Ocean Eddies in the 1539 Carta Marina by Olaus Magnus", *Oceanography*, 14(4) 77-85, 2003. Disponible en: https://tos.org/oceanography/assets/docs/16-4_rossby.pdf, (09/02/2020).

Svenonius, E. *The Intellectual Foundation of Information Organization*, Cambridge, MA: The MIT Press, 2000.

Tufte, E. *The Visual Display of Quantitative Information*, Connecticut: Graphic Press, 2001.