

# **PROCESAMIENTO Y VISUALIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN GEOGRÁFICA: UNA GUÍA PARA LA EXTRACCIÓN DE CONOCIMIENTO**

*PROCESSING AND VISUALIZATION GEOGRAPHIC INFORMATION:  
A GUIDE FOR KNOWLEDGE EXTRACTION*

***Erick López Ornelas***

Universidad Autónoma Metropolitana, México  
*elopez@cua.uam.mx*

***Rocío Abascal Mena***

Universidad Autónoma Metropolitana, México  
*mabascal@cua.uam.mx*

**Recepción:** 7/noviembre/2021

**Aceptación:** 7/marzo/2022

## **Resumen**

La información espacial o geográfica se ha convertido en un elemento importante para la toma de decisiones. Para la construcción de mapas o la creación de modelos de planificación de trayectorias siempre se tiene que trabajar con un componente georreferenciado o espacial. Esta información geográfica recorre un conjunto de etapas que consisten en la adquisición, el procesamiento, el análisis y la presentación. En cada una de estas etapas una extracción de conocimiento puede ser explorada y eventualmente aplicada.

En este artículo se examinan las diferentes etapas y los elementos claves para poder realizar una extracción de conocimiento. De igual manera, se exploran algunos conceptos como la clasificación, la segmentación o bien la analítica geovisual que permitirán poder procesar, visualizar y extraer conocimiento a partir de la información geográfica. Esto resulta ser una recomendación para que investigadores tengan una guía clara de extracción de conocimiento. En el contexto actual de la pandemia de COVID-19, la extracción de conocimiento y la geovisualización de información ayudan significativamente en la generación de conocimiento y la toma de decisiones oportunas. En este artículo se muestran algunos ejemplos de la forma de manejo visual de la información global, lo cual ayuda a realizar una mejor toma de decisiones.

**Palabras Clave:** Conocimiento, Información, segmentación, visualización.

## **Abstract**

*Spatial or geographic information has become an important element for decision-making. For the construction of maps or the creation of trajectory planning models you always have to work with a georeferenced or spatial component. This geographic information goes through a set of stages consisting of acquisition, processing, analysis, and presentation. In each of these stages a knowledge extraction can be explored and eventually applied.*

*This paper examines the different stages and the key elements to be able to carry out a knowledge extraction. In the same way, some concepts such as classification, segmentation, geographic information systems or geo-visual analytics are explored, which will allow to process, visualize and extract knowledge from geographic information. This turns out to be a recommendation for researchers to have a clear guide in order to extract knowledge. In the current context of the COVID-19 pandemic, knowledge extraction and information geo-visualization significantly help in generating knowledge and making decisions. This article shows some examples of how global information is visualized, which helps to make better decisions.*

**Keywords:** *Information, knowledge, segmentation, visualization.*

## **1. Introducción**

En la actualidad, las imágenes digitales son una poderosa herramienta que se ha extendido en casi todos los ámbitos. Prácticamente, se puede obtener una imagen digital de cualquier entidad visible e incluso muchas veces de no visibles, lo que constituye una forma de representación importante en la infinidad de aplicaciones digitales modernas. Dentro de esta amplia gama de aplicaciones se brinda primordial atención a la información espacial o, también llamada, información geográfica que constituye un elemento importante en la observación terrestre. La característica principal de este tipo de imágenes es que están georreferenciadas, lo que significa que a partir de éstas se puede localizar o ubicar todos sus elementos de manera real en la superficie terrestre.

Ahora bien, una imagen que hace referencia a un espacio geográfico contiene mucha y muy variada información, la pregunta entonces es saber cómo se puede extraer conocimiento a partir de este tipo de imágenes. La respuesta no es una tarea sencilla debido a que esta imagen debe de ser procesada, analizada y, como se explica en este artículo, complementada con elementos adicionales para que el usuario pueda extraer información relevante y que así pueda tomar mejores decisiones. Este proceso es conocido como la extracción de información a partir del cual es posible generar conocimiento a través del reconocimiento de imágenes, la comprensión de las relaciones que existen entre ellas con el fin de mejorar la toma de decisiones. El proceso puede verse reflejado en dos niveles distintos:

- Utilizando directamente la imagen para poder aplicar técnicas de procesamiento y de esta forma poder extraer conocimiento espacial.
- Presentando la información directamente al usuario de manera clara e intuitiva mediante la Geovisualización de la información.

Empezaremos este artículo con una explicación de cómo las imágenes espaciales son adquiridas, por lo que algunos elementos sobre la percepción remota deberán ser estudiados. Posteriormente, se presentan algunas técnicas de procesamiento de información donde la segmentación y clasificación de imágenes son herramientas clave para poder realizar la primera extracción de conocimiento. La importancia de la Geovisualización y su interés en la toma de decisiones se presenta posteriormente. Además, se presentarán ejemplos de extracción y geovisualización de información en el contexto de la pandemia de COVID-19. Finalmente, se dan algunas conclusiones y pistas sobre el trabajo a futuro en la extracción de información geográfica para la generación de conocimiento.

## **2. Métodos**

### **Adquisición de la Información**

Al hablar de imágenes geográficas es necesario comprender la forma en que éstas son adquiridas y procesadas para poder extraer conocimiento; es por eso que la percepción remota resulta ser una disciplina importante en dicho proceso.

La percepción remota es la ciencia de obtener e interpretar información desde la distancia, usando sensores que no tienen contacto físico con el objeto de que está siendo observado [Campbell, 2013].

La ciencia de la percepción remota, en su sentido más amplio, incluye las observaciones aéreas, satelitales y de naves espaciales de las superficies y atmósferas de los planetas en nuestro sistema solar, aunque la Tierra es obviamente el objetivo de estudio más frecuente. El término se restringe por costumbre a los métodos que detectan y miden la energía electromagnética (EM), incluyendo la luz visible, que ha interactuado con la superficie de los materiales y la atmósfera. La percepción remota de la Tierra tiene muchos propósitos, entre los que se incluyen la realización y actualización de mapas terrestres, el pronóstico meteorológico o la reunión de inteligencia militar [Aronoff, 2005].

La percepción remota comenzó usando la luz visible del sol como fuente energética para la generación de fotografías aéreas. Sin embargo, la luz visible comprende sólo una pequeña parte del espectro electromagnético, un continuo que se extiende desde alta energía, longitudes de onda corta de rayos gamma, a baja energía, largas longitudes de ondas de radio.

La Tierra está naturalmente iluminada por la radiación electromagnética (EM) proveniente del sol. El máximo de la energía solar se produce en el rango de longitud de onda del visible entre 0.4 y 0.7 micrómetros ( $\mu\text{m}$ ). No es sorpresa que los sistemas visuales de la mayoría de los seres vivos sean sensibles a estas longitudes de onda. Es interesante saber que cada uno de los objetos en la superficie terrestre cuentan con su propia firma espectral, que les permite ser identificados de manera automática según la reflectancia que generan [Campbell, 2013]. Son los sensores de radiación solar reflejada los que permiten adquirir este tipo de imágenes. Algunos otros sistemas de imágenes llamados radar son usados en la percepción remota. Éstos generan y transmiten microondas, y de ahí miden la porción de la señal que ha retornado al sensor desde la superficie terrestre.

La radiación EM que retorna de la superficie terrestre puede ser detectada por una película sensible a la luz, como en una fotografía aérea, o por una serie de sensores electrónicos. Éstos generan una señal eléctrica con una fuerza proporcional a la

cantidad de energía recibida. La señal es almacenada y transmitida electrónicamente en forma de imagen digital (como una serie de números). Una imagen digital (o una fotografía digitalmente escaneada) consiste en una retícula rectangular de dos dimensiones de valores numéricos que representan diferentes niveles de luminosidad. Cada valor representa el promedio de luminosidad para una porción de la superficie. En términos computacionales la retícula es comúnmente llamada raster, y la unidad cuadrada son celdas o píxeles. Cuando se despliegan en el monitor, los valores de luminosidad en la imagen raster son traducidos a luminosidad de despliegue sobre la pantalla. En la figura 1 se muestra el proceso de digitalización y generación de una imagen a partir de una radiación EM medida por un satélite.

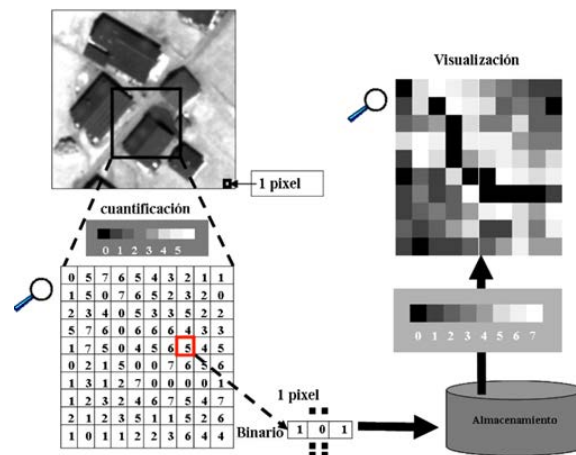


Figura 1 Construcción de una imagen digital.

## Procesamiento digital de imágenes

Una vez adquirida la imagen es importante procesarla. El procesamiento digital de imágenes es el término usado para denominar las operaciones desarrolladas sobre un conjunto de datos (imágenes) para mejorarlas de alguna forma, para ayudar a su interpretación o para extraer algún tipo de información útil de ella [Gonzalez, 2018].

Actualmente, casi todos los datos de percepción remota requieren una interpretación y un procesamiento digital. Este procesamiento puede recurrir a diversas técnicas como la corrección de datos, la mejora digital de la imagen para

facilitar la interpretación visual o la clasificación automática de estructuras. Las operaciones de procesamiento digital pueden agruparse en cinco categorías: Pre-procesamiento, Mejoramiento, Transformación, Clasificación y Segmentación. Si bien todas estas operaciones son importantes, este artículo se enfocará en las operaciones de clasificación y segmentación, debido a que son dos operaciones interesantes a explorar para el análisis y la extracción de conocimiento.

La operación de clasificación es utilizada para identificar y clasificar digitalmente los píxeles de una imagen. La operación de clasificación se realiza normalmente sobre imágenes multiespectrales. Dicha operación, ubica a cada píxel de la imagen en una cierta clase o tema, basada en las características estadísticas del valor de intensidad del píxel. La clasificación tiene como objetivo asignar una clase particular o tema (agua, bosque de coníferas, maíz, trigo, etc.) a cada píxel de la imagen. La nueva imagen, que representa la clasificación, está compuesta por un mosaico de píxeles que pertenecen a un tema en particular. Esta imagen es, esencialmente, una representación temática de la imagen original.

Para realizar esta clasificación se siguen 3 pasos:

- Definición digital de las categorías.
- Distribución de los píxeles de la imagen en una de las categorías.
- Comprobación y verificación de los resultados.

Existen dos enfoques normalmente utilizados: la clasificación supervisada y la no supervisada [Cheng, 2020]. En la figura 2 se muestra una clasificación automática de los diferentes elementos identificados en la ciudad de Estrasburgo en Francia y los distintos colores asociados a cada una de las categorías [Kastendeuch, 2020]. La operación de segmentación permite separar la imagen completa y agrupar conjuntos de píxeles conexos que comparten características en común. Estos conjuntos de píxeles conexos son llamados regiones. La extracción de dichas regiones constituye el conjunto de objetos y/o entidades que la imagen representa [López, 2005]. La diferencia con la operación de clasificación es que dos o más regiones, en la segmentación, son consideradas independientes, aunque contengan un espacio espectral similar (siempre y cuando sean regiones diferentes).

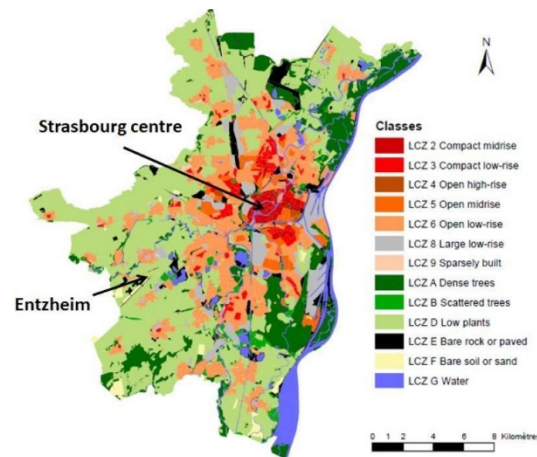


Figura 2 Clasificación de imágenes.

La segmentación tiene como objetivo la extracción de la información característica que está contenida en la imagen. El resultado de un análisis de este tipo es llamado: descripción estructural. Dicho resultado permite una descripción de las entidades contenidas en la imagen. La segmentación asocia a cada píxel de la imagen una etiqueta basada en el tipo de información (nivel de gris o color) o su distribución espacial.

En la literatura hay una gran variedad de métodos de segmentación. Entre los más comunes se encuentran: la umbralización [Li, 2018], la detección de fronteras, la búsqueda de regiones [Gonzalez, 2018], la multiresolución [Campbell, 2013] o la morfología matemática [López, 2005]. Todos estos métodos se enfrentan con una serie de problemas que muchas veces no son fáciles de resolver, como el análisis de texturas, el reconocimiento de formas o la determinación de relaciones espaciales. Esto convierte a la segmentación de imágenes en un problema complejo. En la figura 3 se muestra el resultado de una segmentación donde se aprecia la imagen original y las diferentes regiones que fueron identificadas.

Todo este procesamiento realizado sobre las imágenes espaciales, en especial la clasificación y la segmentación, ayuda a tener un análisis y un mejor entendimiento de la escena observada. En este nivel se pueden realizar un conjunto de acciones con el fin de enriquecer la información contenida en las imágenes:

- La información clasificada y/o segmentada puede fácilmente ser almacenada en cualquier base de datos, lo que permite realizar una consulta sobre algún

elemento particular de la imagen o enriquecer la información agregando atributos.

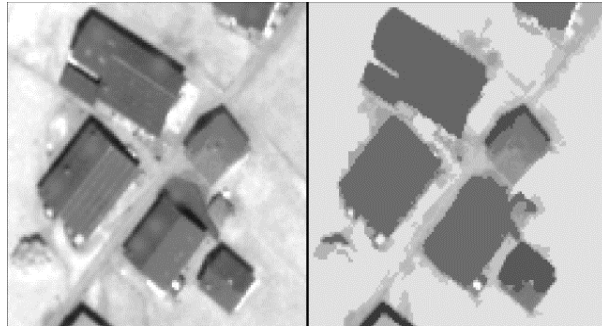


Figura 3 Segmentación de una imagen y las distintas regiones agrupadas.

- Las relaciones espaciales son importantes para la representación del conocimiento y el razonamiento espacial [Vallejos, 2018]. El poder identificar relaciones como la adyacencia, la unión, la intersección, la separación o el empalme, ayudan a tener un mejor razonamiento espacial.
- También es posible conocer la ubicación de cada elemento de una imagen y poder decir qué elemento se encuentra al norte o al sur de cualquier otro. Esto debido a que se cuenta con información georreferenciada de cada uno de los elementos, normalmente latitud y longitud.
- La distancia entre los objetos puede fácilmente ser explorada y así identificar qué elemento se encuentra más alejado de otro. Se puede determinar el centro de gravedad de cada uno de los objetos representando un único punto y de esta manera calcular distancias.
- Mediciones sobre tamaño, perímetro, forma, longitud de contacto o el número de regiones vecinas también son elementos importantes para describir la imagen. Estos elementos pueden obtenerse al analizar de manera independiente la estructura de cada una de las regiones segmentadas.

La extracción de conocimiento por parte del usuario se genera asociando toda esta información adicional a la información espacial original. De esta forma ya no solo se cuenta con la imagen o el mapa original, sino que se puede identificar todos los



elementos que se encuentran dentro de la imagen. Así se puede detectar relaciones tanto espaciales, cardinales o métricas, su información intrínseca y poder realizar consultas directamente en una base de datos, lo que ayudará a que el usuario pueda realizar un mejor análisis y mejore su toma de decisiones. Este tipo de consultas pueden variar, se puede únicamente conocer el número de casas que se encuentran en una imagen espacial hasta realizar razonamientos más complejos y poder determinar automáticamente si en la imagen segmentada se encuentra una zona rural o residencial.

### **3. Resultados**

#### **La visualización y el conocimiento**

Geovisualización, es un término corto para denotar a la "visualización geográfica" y se refiere a un conjunto de herramientas y técnicas para apoyar el análisis de datos geoespaciales mediante el uso de visualización interactiva.

Al igual que la visualización de información, la geovisualización se centra en la transmisión de información. La geovisualización comunica información geoespacial en formas que, combinadas con la comprensión humana, permiten generar procesos de exploración, de extracción de conocimiento y toma de decisiones. Los mapas estáticos tradicionales tienen una capacidad exploratoria; la geovisualización permite, además, integrar mapas interactivos, incluida la capacidad para explorar diferentes capas del mapa, para acercar o alejar, y para cambiar la apariencia visual del mapa. Esto enriquece la interacción con los usuarios. Es importante entonces, el poder representar los datos complejos y útiles a través de un diseño visual adecuado, por ejemplo, generando nuevas metáforas visuales, crear nuevos algoritmos de análisis, etc.

La geovisualización necesita la experiencia de diferentes disciplinas (estadística, visión artificial, diseñadores y científicos de datos), ya que se debe trabajar con texto, imagen, audio, video y datos digitales para ayudar a las personas a descubrir patrones, tendencias, relaciones y eventos en datos complejos.

Por otro lado, se tiene el término de analítica geovisual (geovisual analytics) que se refiere a la ciencia del razonamiento analítico con información geográfica utilizando

interfaces visuales interactivas [Andrienko, 2016]. Se distingue por utilizar enfoques novedosos de geovisualización y el eficiente análisis de datos.

La analítica geovisual se basa generalmente en contextos de resolución de problemas del mundo real. La investigación en analítica geovisual se centra en el desarrollo de nuevas formas para identificar o predecir patrones, así como generar nuevas interfaces visuales para datos geográficos o generar nuevo conocimiento sobre los procesos cognitivos y perceptuales que los usuarios aplican para resolver problemas analíticos complejos. Los sistemas de análisis geovisual suelen presentar un alto grado de interactividad impulsada por el usuario y múltiples tipos de representación visual sobre la información geográfica.

La analítica geovisual está impulsada por el desarrollo y la buena utilización de la cartografía, los métodos computacionales, el diseño de interfaces y las ciencias cognitivas. Esta combinación de áreas busca nuevos sistemas de mapeo interactivo que permitan a los usuarios detectar patrones y predecir resultados futuros utilizando información geográfica.

Es importante mencionar que, con este tipo de análisis, lo que se busca es empoderar a los usuarios. Estos deben ser capaces de explorar, analizar e interpretar toda la información que es proporcionada por la geovisualización. Actualmente, la analítica geovisual también está fuertemente influenciada por los desafíos que plantean el volumen, la velocidad, la variedad, la veracidad y otros aspectos asociados con el Big Data.

Un punto clave de diferenciación para la analítica geovisual es el razonamiento analítico, que es el proceso de examinar la información para encontrar patrones dentro de esa información. En lugar de centrarse principalmente en la visualización en sí, la analítica geovisual exige un proceso para ayudar a las personas a analizar y dar sentido a la información geográfica mediante interfaces visuales. Por lo tanto, se necesitan enfoques novedosos no sólo para las interfaces visuales con la información geográfica, sino también para los mecanismos subyacentes del razonamiento humano y la construcción de sentido con la información geográfica. Normalmente se utilizan métodos computacionales para detectar patrones y / o predecir resultados futuros.

Las visualizaciones utilizadas con las herramientas de analítica geovisual pueden incluir mapas temáticos, diagramas de dispersión, diagramas de coordenadas paralelas, líneas de tiempo, cubos de espacio-tiempo y una amplia gama de otras técnicas de representación, figura 4. La interactividad suele estar respaldada al permitir que los cambios en una vista se difundan inmediatamente a otras vistas disponibles. Estos sistemas se describen generalmente como visualizaciones de vista coordinada. Una importante corriente de investigación en analítica geovisual se centra en el desarrollo y la evaluación de nuevos métodos de representación visual e interacción con información geográfica. En la actualidad estos esfuerzos incluyen entornos de visualización en smartphones, tabletas y pantallas grandes, además de las computadoras tradicionales.



Figura 4 Analítica geovisual donde se muestra la interactividad.

Los sistemas de analítica geovisual suelen admitir un alto grado de interactividad [Roth, 2013], y esta interactividad la dirige el usuario final. Los controles de interfaz se proporcionan normalmente tanto para los métodos de representación que se aplican a los datos geográficos como para las técnicas computacionales que pueden usarse para extraer patrones de conjuntos de datos complejos. La interactividad en la analítica geovisual tiene la intención de apoyar el compromiso iterativo de los usuarios para evaluar y refinar lo que están viendo y, por lo tanto, permitir formas de razonamiento deductivo, inductivo y abductivo [Gahegan, 2005]. La interactividad es un factor fundamental de la analítica geovisual. Inicialmente, la geovisualización

brindó una cierta interactividad con los mapas lo que permitió a los usuarios modificar dinámicamente la presentación visual de información geográfica. En la actualidad, en la analítica geovisual, la interactividad puede incluir la capacidad de modificar representaciones visuales, así como métodos y herramientas computacionales subyacentes para respaldar la narración [Van Ho, 2012].

Una amplia gama de técnicas computacionales en los sistemas de analítica geovisual es utilizada para identificar patrones y grupos en datos geoespaciales. Algunos métodos computacionales en la analítica geovisual se centran en predecir resultados futuros basados en datos espaciales disponibles. Además, también es posible que los analistas aprovechen las herramientas de reconocimiento de patrones para dirigir los sistemas de analítica geovisual a buscar ejemplos basados en un patrón objetivo previamente conocido. Cada uno de estos enfoques se basa en el desarrollo de métodos de análisis geográfico que se pueden incorporar en un entorno de visualización interactivo. Una variedad de problemas científicos y tecnológicos surge de esta necesidad. Por ejemplo, no es trivial garantizar que los métodos computacionales procesen los datos con la suficiente rapidez para tener una interacción y manipulación en tiempo real de los datos. También es un desafío diseñar interfaces para que estos métodos sean comprensibles y útiles para los usuarios finales.

Algunos de los métodos computacionales que se pueden utilizar en la analítica geovisual incluyen cluster detection, self organizing maps, named-entity recognition y muchos otros enfoques [Miljkovi, 2017]. El objetivo central de la aplicación de estos métodos sigue centrado en respaldar el razonamiento analítico con información geográfica, por lo que la elección de métodos computacionales en la analítica geovisual debe estar dirigida por las necesidades analíticas en lugar de proponer una solución en busca de un problema.

El desarrollo de sistemas de analítica geovisual ha pasado por varias fases de desarrollo tecnológico. Los primeros ejemplos se diseñaron para entornos de PC de escritorio. A continuación, surgió la primera ola de visualizaciones distribuidas en la web, normalmente escritas con lenguajes de programación Java o ActionScript. Hoy en día, los desarrolladores tienen una amplia gama de opciones entre las que elegir.

Por ejemplo, se pueden usar Interfaces de Programas de Aplicaciones (API) dedicadas a crear y entregar aplicaciones personalizadas basadas en plataformas SIG de código abierto y propietarias. También es común aprovechar los servicios basados en la nube para descargar grandes cantidades de datos y algoritmos computacionales. En la actualidad, una opción popular para diseñar visualizaciones de todo tipo en la web es la biblioteca de Documentos controlados por datos (D3), que con frecuencia se combina con bases de datos espaciales como PostGIS y bibliotecas de análisis estadístico como R para formular un entorno de analítica geovisual completamente funcional.

Una preocupación central en la analítica geovisual es garantizar que las herramientas reflejen los principios de diseño centrado en el usuario y se diseñen de forma iterativa teniendo en cuenta las consideraciones del usuario final para poder generar un buen grado de utilidad y usabilidad. Es importante tener clara la diferencia entre la usabilidad y la utilidad en los sistemas de analítica geovisual. La usabilidad se refiere a la facilidad de uso general asociada con un sistema dado, mientras que la utilidad se refiere a la capacidad de una herramienta para resolver ciertos problemas. Es posible que las herramientas tengan un alto grado de utilidad y un bajo grado de usabilidad, y viceversa. Para respaldar el razonamiento analítico, debemos comprender las tareas que los usuarios desean realizar y diseñar interfaces que respalden ese trabajo con facilidad y eficiencia.

La investigación en el diseño centrado en el usuario en sistemas de analítica geovisual tiene como objetivo caracterizar hasta qué punto estas herramientas cumplen las expectativas del usuario y establecer comparaciones con los métodos existentes para completar las mismas tareas. Los enfoques centrados en el usuario para el análisis geovisual son de naturaleza iterativa, comenzando con la evaluación de necesidades para definir los requisitos clave del usuario y continuando con la evaluación del prototipo de manera cíclica hasta que se alcanza un diseño final que satisfaga las necesidades del usuario y funcione de manera efectiva [Robinson, 2005].

El diseño centrado en el usuario en la analítica geovisual también se centra en cómo las personas perciben la información en las visualizaciones y cómo les dan sentido

a sus descubrimientos. Por ejemplo, los estudios de percepción en el análisis geovisual han implicado el uso de enfoques experimentales que utilizan el seguimiento ocular para estudiar cómo las personas prestan atención a las representaciones geográficas [Harsh, 2019]. Caracterizar las formas en que los usuarios ensamblan y agregan significado a sus resultados analíticos para contar historias es un ejemplo de investigación cognitiva en analítica geovisual. Pueden existir muchos otros tipos de estudios centrados en el usuario con el objetivo de proporcionar pautas de diseño para mejorar la utilidad y usabilidad de los sistemas de analítica geovisual.

## **4. Discusión**

### **La analítica geovisual (COVID-19)**

Actualmente existe un conjunto importante de esfuerzos por presentar la información relacionada con la COVID-19, donde el objetivo es comprender mejor las características de la pandemia, así como su evolución en el mundo.

Si bien la vacuna ha empezado a llegar lentamente a los países, se ha dedicado un esfuerzo importante en comprender la propagación de la enfermedad. La velocidad con la que la enfermedad se ha expandido exige soluciones ágiles para entender y estimar la progresión de la enfermedad. Los jefes de gobierno utilizan esta información para la toma de decisiones.

Diversos paneles interactivos con gráficos han aparecido en diferentes formatos para expresar el crecimiento de la pandemia. En la figura 5 se muestra el panel interactivo desarrollado por la Universidad Johns Hopkins. Este fue de los primeros desarrollos en rastrear y mostrar información sobre casos y número total de muertes en diferentes países.

En este panel interactivo se pueden observar conteos directos, histogramas para analizar la distribución de casos y un mapa de burbujas, lo que permite hacer una inspección visual de la gravedad de la pandemia. El periódico *The New York Times*, ha creado constantemente mapas interactivos basados en coropletas para dar un seguimiento de la cantidad de vacunas aplicadas en cada uno de sus estados. Estos mapas coropletas son una representación en la cual las regiones geográficas tienen

colores asociados con una medida específica (por ejemplo, número de vacunas aplicadas). Esta representación es útil para comunicar tendencias, como el promedio de vacunas aplicadas diariamente, figura 6.

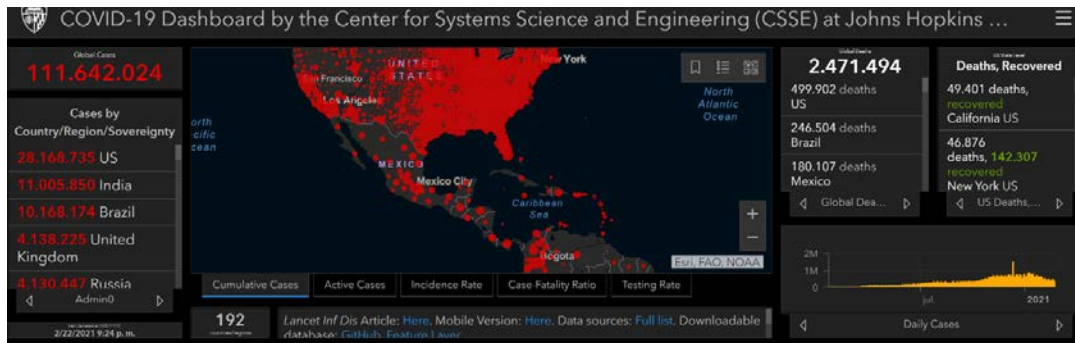


Figura 5 Panel interactivo de visualización COVID-19 por la Universidad Johns Hopkins.

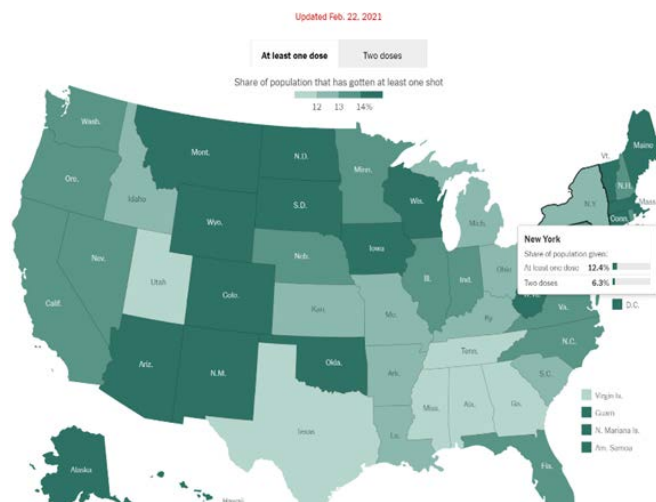


Figura 6 Mapa basado en coropletas generado por el NYT.

El análisis basado en redes resulta interesante para analizar cómo la COVID-19 fue expandiéndose a nivel mundial. Mike [Mike, 2020] propone el análisis de redes para proporcionar una visualización directa del riesgo de la pandemia COVID-19 al mostrar visualmente el grado de conexión entre diferentes regiones en función de los casos confirmados de COVID-19. Los autores demuestran que el análisis de red proporciona una forma relativamente simple pero poderosa de estimar el riesgo de pandemia. En la figura 7 se muestra el resultado de la visualización.

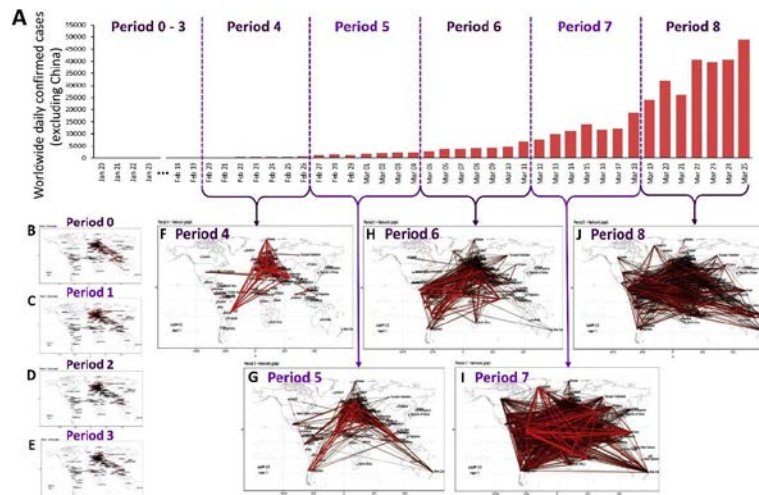


Figura 7 Análisis temporal basado en redes de la COVID-19.

Los ejemplos hasta ahora mostrados dan una idea de cómo la visualización de datos puede ayudar a comprender la expansión de la COVID-19. Muchos otros ejemplos incluyen diferentes tipos de visualizaciones para un mejor entendimiento de los datos relacionados con la COVID-19. Teniendo una gran cantidad de datos es importante llevar a cabo una selección y análisis para que la visualización pueda ser fácil de entender para un público diverso. Por lo tanto, lo importante es poder representar y comunicar de manera eficiente la situación actual de la pandemia y así mejorar la extracción de información sobre la problemática y mejorar la toma de decisiones. La geovisualización necesita de un complejo proceso para que, a partir de un gran volumen de datos, éstos pueden ser analizados, interpretados y visualizados como información y que el usuario sea capaz de generar conocimiento con lo que se le proporciona.

## 5. Conclusiones

La información geográfica puede ser utilizada en un sinnúmero de aplicaciones. La información contenida suele ser rica y variada. Es importante entonces que dicha información sea analizada para que el usuario pueda tomar mejores decisiones dependiendo de su área de conocimiento.

En este artículo se identificó que la extracción de información sucede en etapas distintas:



- El procesamiento directo de la información geográfica, ya que al aplicar técnicas de clasificación y segmentación se pueden extraer elementos adicionales que ayudan a entender de mejor manera la superficie observada.
- La geovisualización, ya que la forma en que se presenta la información geográfica y la capacidad de interacción que el usuario final tiene es muy importante para la toma de decisiones. Una buena geovisualización deberá contar con una buena representación geográfica y debe de cumplir con ciertas características como identificar relaciones, tendencias o patrones; explorar datos para inferir nuevo conocimiento; facilitar el entendimiento de un concepto o idea; permitir la observación de una realidad desde diferentes puntos de vista y permitir recordar una idea.

La analítica geovisual resulta muy interesante ya que mediante la interactividad permite el razonamiento analítico a través de las interfaces geovisuales. De ahí que hoy en día los medios de comunicación utilicen cada vez más estas representaciones gráficas de datos e información para que el usuario pueda interactuar con ellas.

El uso de representaciones visuales e interactivas de elementos abstractos permite ampliar y mejorar el procesamiento cognitivo. Por lo tanto, para trasladar ideas y relaciones, ayuda mucho disponer de una gráfica interactiva.

En cuanto a los retos a los que se tendrá que enfrentar la información geográfica, los SIG y la geovisualización se encuentra la necesidad de nuevos enfoques para la analítica geovisual para aprovechar el surgimiento de nuevas formas de big data provenientes de fuentes voluntarias, transmisión multimedia, sensores en Internet de las cosas y plataformas terrestres y aéreas no tripuladas (drones). Los usuarios de sistemas de analítica geovisual también esperarán interactuar con estas herramientas en dispositivos móviles, pantallas grandes con equipos colaborativos y en entornos virtuales. El diseño de herramientas analíticas y flujos de trabajo que puedan adaptarse a estas nuevas fuentes de datos espaciales y requisitos de visualización brindará otras oportunidades de investigación algunas de las cuales ya son palpables en la situación pandémica actual.

## 6. Bibliografía y referencias

- [1] Andrienko, G., Andrienko, N., Fuchs, G., & Wood, J., Revealing Patterns and Trends of Mass Mobility through Spatial and Temporal Abstraction of Origin-Destination Movement Data. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, PP (99), 1-1, 2016.
- [2] Aronoff, S., *Remote Sensing for GIS Managers*, ESRI Press, 2005.
- [3] Campbell, J. B., *Introduction to Remote Sensing*, 5th Edition, The Guilford Press, 2013.
- [4] Cheng, G., Xie X., Han J., Guo L. & Xia G. S., Remote sensing image scene classification meets deep learning: challenges, methods, benchmarks, and opportunities *IEEE J. Sel. Top. Appl. Earth Obs. Remote. Sens.*, 13, pp. 3735-3756, 2020.
- [5] Gahegan M., Beyond tools: visual support for the entire process of GIScience. In J. Dykes, A. M. MacEachren, & M. J. Kraak (Eds.), *Exploring Geovisualization*, pp. 83-99. London, UK: Elsevier, 2005.
- [6] Gonzalez, R. C. & Woods, R. E., *Digital Image Processing*. Global Edition, Pearson Editorial, 2018.
- [7] Harsh J., Campillo M., Murray C., Myers C., Nguyen J. & Maltese A.V., "Seeing" Data Like an Expert: An Eye-Tracking Study Using Graphical Data Representations. *CBE-Life Sciences Education*, 18(3), 2019.
- [8] Kastendeuch, Pierre & Najjar, Georges and Nathalia, Philipps, Îlot de sécheresse et d'humidité à Strasbourg (France). *Climatologie*. 16. 10.4267/climatologie.1392, 2020.
- [9] Li K., Chen Y., A Genetic Algorithm-Based Urban Cluster Automatic threshold approach by Combining VIIRS DNB, NDVI, and NDBI to Monitor Urbanization. *Remote Sens.* 10, 277, 2018.
- [10] López Ornelas E., *Segmentation d'images satellitaires à haute résolution et interaction avec l'information géographique. Application à l'extraction de connaissances*. Tesis de doctorado, Université Paul Sabatier, France, 2005.
- [11] Mike K., So P., Agnes Tiwari, Amanda M., Chu Y., Jenny T., Tsang Y. & Jacky N., Chan L., Visualizing COVID-19 pandemic risk through network

- connectedness, *International Journal of Infectious Diseases*, Volume 96, pp. 558-561, 2020.
- [12] Miljkovi, D., Brief review of self-organizing maps, 40th International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO), pp. 1061–1066, 2017.
- [13] Robinson A. C., Chen J., Lengerich G., Meyer H. & MacEachren A. M., Combining usability techniques to design geovisualization tools for epidemiology. *Cartography and Geographic Information Science*, 32(4), 243-255, 2005.
- [14] Roth R. E., Interactive Maps: What we know and what we need to know. *The Journal of Spatial Information Science*, 6, 59-115, 2013.
- [15] Vallejos R., Osorio F. & Bevilacqua M., *Spatial Relationships Between Two Variables: With Applications in R*, Springer, New York, NY, 2018.
- [16] Van Ho Q., Lundblad P., Astrom T. & Jern M., A web-enabled visualization toolkit for geovisual analytics. *Information Visualization*, 11(1), 22-42, 2012.