

Jorge Barojas Weber y Andrea Mora Gómez

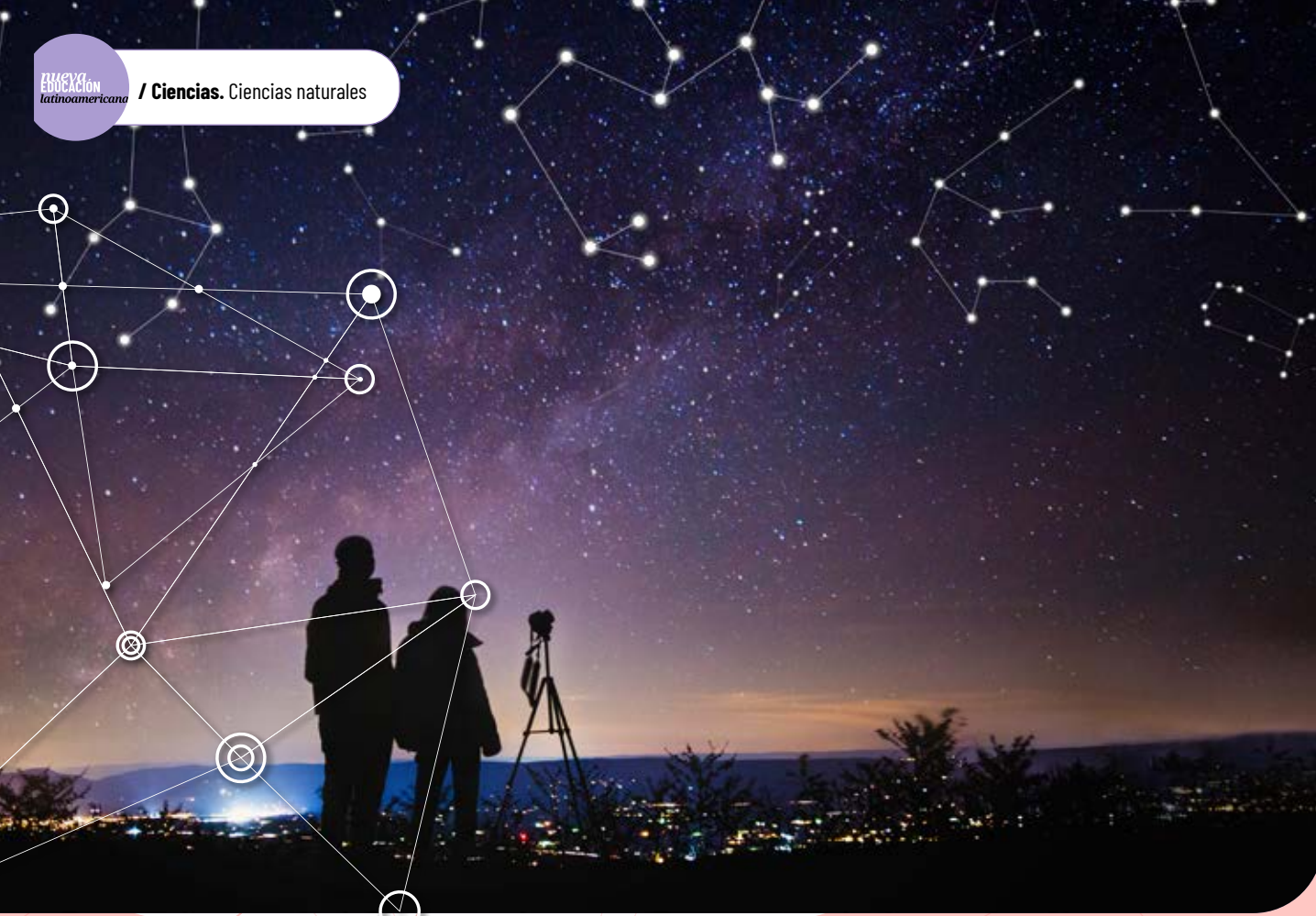
Utilización y elaboración de mapas con ayuda de GPS

Mostramos cómo el desarrollo de sistemas de posicionamiento y orientación del tipo del *Global Positioning System* (GPS) ha servido para crear y utilizar mapas en regiones celestes, terrestres, cerebrales y mentales.

Construcción y utilización de mapas

En este artículo presentamos cuatro tipos de mapas desarrollados con la ayuda de sistemas como el *Global Positioning System* (GPS) con los siguientes fines: (1) describir la composición de cartas del cielo para ubicar estrellas y planetas, (2) aprovechar aplicaciones en dispositivos móviles para localizar objetos en la superficie terrestre, (3) hacer que una red de células neuronales funcione como GPS en el cerebro y (4) integrar cuatro procesos cognitivos de construcción del conocimiento científico para definir trayectorias de aprendizaje en mapas mentales.

Entenderemos por mapa toda representación gráfica que propicie la visualización de trayectorias en escenarios diversos con fines de posicionamiento y orientación.



Tipo de Mapa 1. Orientación de los navegantes

Desde tiempos muy antiguos, la posición y el movimiento de las estrellas ha servido a los navegantes para construir mapas de objetos cintilantes con el fin de precisar dónde estaban y en qué dirección debían mover sus barcos. Atribuyeron formas y asignaron nombres para localizar en la bóveda celesta a la Osa mayor, al cinto de Orión, a la Estrella polar...

Cuando se identificaron en el cielo objetos errantes que no eran estrellas, se les llamó planetas y trató de explicar sus movimientos. Con el tiempo se llegó a la conclusión de que la Tierra también es un planeta como los demás y describe órbitas elípticas alrededor del Sol. No como centro del Universo y tal vez no el único lugar habitado por seres pensantes.

La ciencia busca explicaciones cada vez mejores. Las leyes de la mecánica formuladas por Isaac Newton (1642-1727) permitieron predecir dónde están y cómo se mueven los planetas, los existentes y

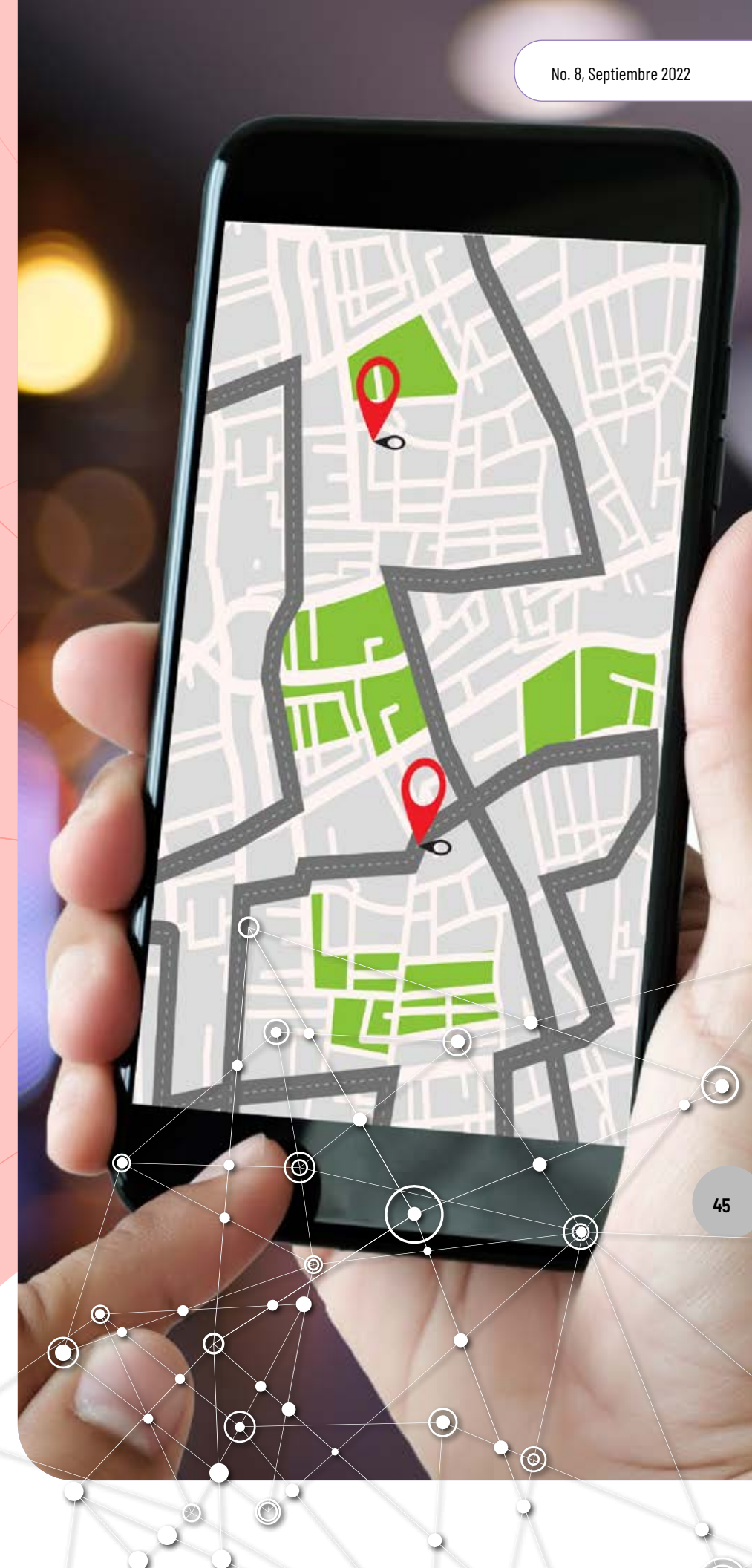
los que habrían de descubrirse. Sin embargo, mediciones precisas mostraron que el planeta más cercano al Sol, Mercurio, se atrasaba algo así como 43 segundos de arco en un siglo, porque no regresaba en su órbita al lugar de donde había partido un año antes. Fue Albert Einstein (1879-1955) quien explicó que las órbitas elípticas de los planetas sufren un ligero corrimiento debido a la curvatura del espacio-tiempo ocasionada por grandes concentraciones de materia.

Esta diferencia en los dos enfoques ha tenido grandes implicaciones en la concepción del espacio y el tiempo y, por consiguiente, ha cambiado nuestra imagen del universo. La elaboración de nuevos mapas, con objetos más complicados como las galaxias, los cuásares y los agujeros negros, ha generado notables aprendizajes y significativos progresos en el conocimiento científico.

Tipo de Mapa 2. Global Positioning System (GPS)

Avances tecnológicos tales como la transmisión de señales de alta frecuencia, el control preciso del tiempo en relojes atómicos y el lanzamiento de satélites, han hecho posible la construcción y utilización de mapas terrestres. Esto se ha debido al desarrollo de diferentes versiones de GPS (Global Positioning System) como sistemas de posicionamiento y orientación que ayudan a contestar preguntas como: ¿dónde estoy?, ¿dónde está tal lugar?, ¿cómo puedo ir de A hacia B?, ...

Un sistema GPS consta de tres elementos: (1) un equipo de tres o más satélites emisores de señales de radio que cada cierto tiempo mandan información para identificar su posición y precisar la hora en su reloj, (2) las estaciones en Tierra que son radares que localizan y controlan las posiciones de los satélites y registran las trayectorias de sus órbitas alrededor de la Tierra y (3) una multitud de usuarios, los receptores que captan las señales de los satélites y utilizan esa información para ubicarse y orientarse.



Según la mecánica newtoniana, el espacio y el tiempo son cantidades absolutas e independientes entre sí, lo cual no es el caso cuando se consideran velocidades cercanas a las de la luz. Por el contrario, en la mecánica relativista la frecuencia de oscilación de un reloj atómico se modifica en presencia de un campo gravitacional y cambia cuando el emisor de esa oscilación se mueve a altas velocidades respecto de otro observador que registra la señal. Lo anterior tiene una consecuencia práctica de gran importancia: los relojes en los satélites del sistema GPS deben sincronizarse y para ello hacer correcciones relativistas.

Considerando valores reales, si la velocidad con la cual se mueven los satélites del sistema GPS es de 14,000 kilómetros por hora, el satélite le da dos vueltas a la Tierra en un mismo día. El reloj en movimiento en el satélite genera señales que corresponden a intervalos de tiempo más cortos que en un reloj en reposo en la Tierra y por eso, el reloj en movimiento se atrasa 7 microsegundos por día. Si la señal recibida es más lenta el emisor parecerá que está más alejado.

Por otra parte, el satélite se encuentra a una altura de 20,000 kilómetros y en esa posición el campo gravitacional es menor en relación con el valor de ese campo en la superficie terrestre. En esas condiciones el reloj en movimiento marca *tics* más rápidamente respecto del mismo reloj en Tierra, de manera que el reloj en movimiento se adelanta 45 microsegundos por día. Juntando ambos efectos, en un día se tendría un retraso de 7 microsegundos como consecuencia de la velocidad y un adelanto de 45 microsegundos por efecto gravitacional. Estas diferencias en los tiempos producen errores en la medición de distancias y en la localización de posiciones que pueden llegar a ser hasta de varios kilómetros.

Ciertamente los GPS funcionan en celulares, automóviles, barcos y aviones, lo cual indica que para la elaboración de mapas con ayuda de GPS la tecnología actual ha tomado en cuenta que las mediciones del espacio y del tiempo en los receptores de señales se ven afectadas por la velocidad y la altura de los emisores



Tipo de Mapa 3. Experimentos en neurociencias

Se ha demostrado experimentalmente que una red de células nerviosas funciona en el cerebro como sistema de posicionamiento y orientación espacial y de memorización en el tiempo. En reconocimiento a la importancia de tales resultados, el Premio Nobel de Fisiología o Medicina de 2014 fue otorgado a John O'Keefe, May-Britt Moser y Edvard I. Moser "Por sus descubrimientos de las células que constituyen un sistema de posicionamiento en el cerebro".

La existencia de un mapa cerebral producido por un sistema posicionador tipo GPS se debe a la acción combinada de células neuronales localizadas en el hipocampo y en la corteza entorrinal del cerebro, siendo cuatro las principales células y sus correspondientes funciones:

- células de *lugar* o localización que ubican en el espacio,
- células de *dirección* que muestran el sentido de la marcha,
- células de *retícula* que generan un sistema de coordenadas para localizar posiciones,
- células de *borde* que señalan distancias a paredes u obstáculos.

¡Una explicación detallada del funcionamiento de este GPS cerebral se encuentra en el libro *La neurociencia del espacio y del tiempo. Cómo nos orientamos espacialmente*, de Liset Menéndez de la Prida.

Tipo de Mapa 4. Procesos cognitivos de construcción del conocimiento científico

Proponemos aplicar cuatro procesos cognitivos de construcción del conocimiento científico a la elaboración y utilización de mapas mentales que permitan posicionar y orientar a los docentes para que luego definan las mejores trayectorias de aprendizaje para sus estudiantes. Cada uno de los siguientes procesos cognitivos desempeña funciones análogas a las de las células neuronales del GPS cerebral descrito anteriormente.

- **INDAGACIÓN: explorar** para buscar y clasificar **información**. Al estilo de lo que hacen las células de luz, este proceso cognitivo pretende identificar lo que se comprende y lo que se ignora.

- **CAPACITACIÓN: experimentar** para aprender y adquirir **conocimientos**. Al estilo de lo que hacen las células de dirección, este proceso cognitivo pretende definir lo que se necesita desarrollar en cuanto a conceptos y procedimientos.
- **COMPRESIÓN: explicar** para aplicar **estrategias** de solución de problemas. Al estilo de lo que hacen las células de retícula, este proceso cognitivo pretende generar estructuras que describan fenómenos, sistemas o circunstancias.
- **METACOGNICIÓN: evaluar** para considerar **reflexiones** acerca de métodos y resultados. Al estilo de lo que hacen las células de borde, este proceso cognitivo pretende delimitar las fronteras de la ignorancia y analizar hasta dónde se ha llegado en la comprensión y precisar lo que falta por explicar.

Como ejemplo de aplicación de los cuatro procesos cognitivos anteriores, presentamos a continuación un ejercicio en dos etapas:

Etapas 1: preparación de un texto en el que se explican las razones por las cuales en 2014 se otorgó el Premio Nobel de Física a *Isamu Akasaki, Hiroshi Amano* y *Shuji Nakamura* "por la invención de los eficientes diodos emisores de luz azul que han permitido la creación de fuentes de luz blanca brillantes y ahorradoras de energía". El texto fue elaborado por un estudiante de ingeniería (Axel Reyes Mejorada) y consta de cuatro secciones, una por cada uno de los procesos cognitivos de construcción del conocimiento científico.

Etapas 2: organización de la información del texto elaborado en la etapa anterior para proponer un mapa mental que defina un espacio de navegación

donde cada proceso cognitivo requiere y/o genera lo que indicamos entre paréntesis: indagación (conceptos), capacitación (videos y paquetería), comprensión (programas y aplicaciones) y metacognición (reflexiones); (ver Figura 1).

Queda fuera de los propósitos de este artículo proponer trayectorias concretas que definan los aprendizajes que cada docente desea obtener en sus estudiantes después de haber navegado en el mapa presentado en la Figura 1, todo lo cual dependerá del tipo de recursos didácticos disponibles y de las características del contexto educativo en consideración.

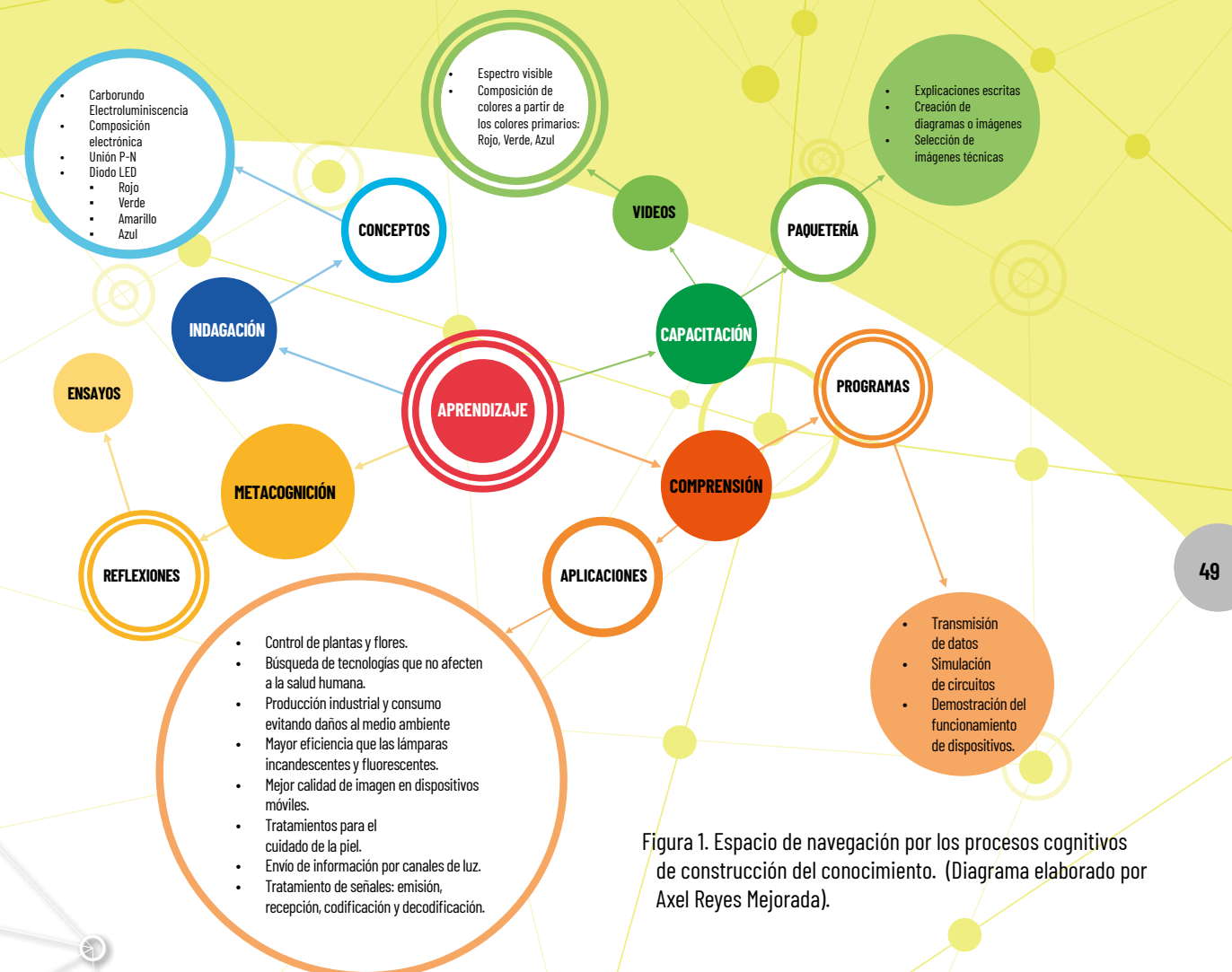


Figura 1. Espacio de navegación por los procesos cognitivos de construcción del conocimiento. (Diagrama elaborado por Axel Reyes Mejorada).

Conclusiones

Sin pretender forzar analogías o semejanzas entre distintos dominios de construcción del conocimiento, hemos considerado cuatro tipos de GPS que han servido para la elaboración y utilización de mapas:

- **GPS tipo 1:** sistema de posicionamiento para precisar lugares en el cielo de estrellas y planetas, así como su evolución temporal, con el fin de orientar a navegantes.
- **GPS tipo 2:** sistema de posicionamiento de receptores para determinar distancias a las posiciones de los emisores de señales de radio colocados en satélites, con el fin de orientar a transeúntes y conductores de vehículos.
- **GPS tipo 3:** sistema de posicionamiento en el cerebro para utilizar las características de las células de lugar, dirección, retícula y borde, con el fin de orientar en el espacio y en el tiempo a roedores y seres humanos.

- **GPS tipo 4:** sistema de posicionamiento a nivel mental para utilizar los procesos cognitivos de construcción del conocimiento científico (indagación, capacitación, comprensión y metacognición), con el fin de construir mapas que orienten en la definición de trayectorias de aprendizaje.

Mientras que en los GPS tipos 1 y 2 los mapas (el celestial y el terrestre) requieren para su elaboración de grandes recursos tecnológicos y los GPS se producen técnicamente para navegar en esos espacios, en los GPS tipos 3 y 4 los mapas (el cerebral y el mental) se generan con ayuda de los GPS que existen en el cerebro. La tecnología se aplica en el GPS tipo 3 para entender cómo funciona el sistema neuronal y en el GPS tipo 4 requiere de la utilización de recursos de multimedia.

Según el Maestro en Didáctica Samuel Barrera, profesor de Física y Matemáticas en la Escuela Preparatoria de la Ciudad de México, los docentes tradicionales utilizan su propio GPS: Gis, Pizarrón y Saliva.

Referencias

Menéndez de la Prida, L. (2021). *La neurociencia del espacio y el tiempo: cómo nos orientamos espacialmente*. Ciencia & Cerebro. RBA Editores.

Ficha de los autores

Jorge Barojas Weber: jorge.barojas@ilce.edu.mx

Andrea Mora Gómez: mora.andrea25@hotmail.com

Profesor del Departamento de Física de la Facultad de Ciencias y tutor en el Doctorado en Ciencias de la Administración (línea de investigación en administración del conocimiento), ambas de la UNAM. Actualmente adscrito a la Unidad Académica del ILCE.

Pasante de la carrera de Licenciatura en Matemáticas de la Facultad de Ciencias de la UNAM. Actualmente realiza su servicio social colaborando en proyectos de la Unidad Académica del ILCE.

ci

CANAL IBEROAMERICANO
Señal que nos une

**PROYECTA
LA ESENCIA
LATINOAMERICANA**

DESCARGA NUESTRA
App
**ILCE
player**

DISPONIBLE EN
Google Play

Disponible en el
App Store