

Capítulo 7

Las figuras en el artículo científico: Guía para crear figuras de alto impacto

Eliana MARÍN RINCÓN^{1*}, Jorge GÓMEZ TAPIAS², Fernando Alirio ALCÁRCEL GUTIÉRREZ³, Ana María SALDARRIAGA NIETO⁴ y Daniela MATEUS-ZABALA⁵

Resumen El uso de figuras para transmitir información técnica o científica es una estrategia universal que utilizan investigadores en todas las áreas de conocimiento. Por esto, es necesario tener una guía que garantice que esta información se comunique de la forma más adecuada posible. Este artículo es una guía para producir figuras de alta calidad, con una presentación limpia y clara, a través de consejos prácticos que se basan en técnicas de diseño gráfico. Presenta ejemplos de figuras reales, ya publicadas, que muestran cómo se debe utilizar el color, tamaño, grosor, contraste y tipografía en los elementos que conforman la figura y da criterios para elegir el mejor formato de exportación dependiendo de la finalidad del artículo. Con esta guía un investigador puede crear material gráfico de alto impacto, que le permita divulgar su investigación y resultados acertadamente.

Palabras clave: *figura, ilustración, calidad, gráfica, diseño gráfico.*

Resumen no técnico Sin importar el campo de estudio, una de las formas más comunes y eficientes para que los investigadores comuniquen información es a través de figuras. Por figura se entiende todo el material gráfico (diagrama, modelo, fotografía, ilustración, mapa) que presenta datos, resultados, interpretaciones de las investigaciones que científicos o técnicos realizan. En un artículo científico, las figuras, junto con las tablas, acompañan el texto. Debido a su relevancia, y a que son el elemento que mayor atracción genera para el lector, es importante tener claro cómo se genera una figura de calidad. Este artículo presenta una guía para producir figuras claras, limpias y llamativas a través de consejos para usar a favor el color, el grosor, el contraste y el tipo de letra de los elementos de las figuras. También, se presentan conceptos y recomendaciones sobre los formatos en los que se pueden generar las figuras.

Abstract Figures are an universal strategy used to transmit knowledge by researchers in all study fields; this implies that it is necessary to have a guide that guarantees this knowledge is communicated in the most adequate way possible. This paper is a guide focused on producing high-quality figures, with clean and clear presentation, giving practical advices based on graphic design techniques, and showing real figure examples, already published, to teach how to use color, thickness, contrast, and typography

Citación: Marín, E., Gómez, J., Alcárcel, F., Saldarriaga-Nieto, A.M. & Mateus-Zabala, D. 2023. Las figuras en el artículo científico: Guía para crear figuras de alto impacto. En: Gómez, J. & Mateus-Zabala, D. (editores), *Consejos de escritura y edición de artículos científicos*. Servicio Geológico Colombiano, *Publicaciones Geológicas Especiales* 35, 39 p. Bogotá. <https://doi.org/10.32685/pub.esp.39.2023.07>

<https://doi.org/10.32685/pub.esp.39.2023.07>

Publicado en línea el 10 de noviembre de 2023

- 1 emarinnr@sgc.gov.co
Servicio Geológico Colombiano
Dirección de Geociencias Básicas
Grupo de Trabajo Cartografía
Diagonal 53 n.º 34-53
Bogotá, Colombia
 - 2 mapageo@sgc.gov.co
Servicio Geológico Colombiano
Dirección de Geociencias Básicas
Grupo de Trabajo Cartografía
Diagonal 53 n.º 34-53
Bogotá, Colombia
 - 3 falcarcel@sgc.gov.co
Servicio Geológico Colombiano
Dirección de Geoamenazas
Grupo de Trabajo Evaluación de Amenaza y
Riesgo Geológico
Diagonal 53 n.º 34-53
Bogotá, Colombia
 - 4 amsaldarriaga@sgc.gov.co
Servicio Geológico Colombiano
Dirección de Geociencias Básicas
Grupo de Trabajo Cartografía
Diagonal 53 n.º 34-53
Bogotá, Colombia
 - 5 dmateus@sgc.gov.co
Servicio Geológico Colombiano
Dirección de Geociencias Básicas
Grupo de Trabajo Cartografía
Diagonal 53 n.º 34-53
Bogotá, Colombia
- * Autor de correspondencia

on the elements to build a figure. The guide provides criteria to select the better export format as well. A researcher can use this document to create high impact graphic material to spread his research work and results in a right way.

Keywords: figure, illustration, quality, graphics, graphic design.

1. Introducción

Las figuras son elementos que en las publicaciones científicas acompañan el texto. Facilitan la transmisión rápida del mensaje que el autor quiere dar a conocer. Son aliadas a la hora de sintetizar grandes volúmenes de información. Además, tienen la función de atraer y mantener el interés de los lectores. Por esto, es indispensable presentarlas con la mayor calidad posible, tanto en contenido como en presentación.

A lo largo de este artículo se presentan los principales criterios a tener en cuenta a la hora de elaborar las figuras o material gráfico de artículos científicos. Estos principios se basan en la metodología utilizada por el grupo editorial de la obra *The Geology of Colombia* (TGC) publicada por el Servicio Geológico Colombiano y para la cual se elaboraron 942 figuras.

La definición de estos criterios y la metodología para la elaboración de figuras de calidad y llamativas son producto de la experiencia que el grupo editorial ha adquirido en 20 años de trabajo. Durante este tiempo, se han generado cuatro ediciones del Mapa Geológico de Colombia (Gómez et al., 2007; Gómez et al., 2015; Gómez et al., 2020; Gómez et al., 2023), el *Geological Map of South America* a escala 1:5 000 000 (Gómez et al., 2019), el libro *Compilando la geología de Colombia: Una visión a 2015* (Gómez & Almanza, 2015), entre otros.

Estos proyectos se trabajaron conjuntamente con diseñadores gráficos e ilustradores, por lo que se adquirieron conocimientos sobre combinación de colores; uso de fuentes; manejo de programas de realización de mapas, dibujo y diseño como ArcScene, ArcGIS, Google Earth Pro, QGIS, AutoCAD, Adobe InDesign, CorelDRAW, Corel PHOTO-PAINT, Adobe Illustrator y Adobe Acrobat DC. Además, se aprendieron a combinar herramientas de cada uno. El *software* más usado por el grupo editorial para realizar figuras ha sido CorelDRAW. Este es un programa que el grupo viene manejando desde 1995 con la versión CorelDRAW 4 y ahora, en la actualidad, con la versión CorelDRAW 24.

Este artículo busca orientar a los autores de artículos científicos en ciencias, principalmente geociencias, en cómo crear una buena figura, que resalte la idea principal que se quiere comunicar sobre las ideas complementarias, que sea armónica, equilibrada, ordenada y producida en el formato y calidad adecuados para el medio de publicación.

2. Programas de dibujo

2.1. CorelDRAW Graphics Suite

CorelDRAW Graphics Suite es un paquete de aplicaciones de diseño profesional. Es un kit de herramientas que permite crear ilustraciones vectoriales y editar fotografías y tipografías. La suite de CorelDRAW está compuesta por los siguientes programas: (i) CorelDRAW, que se utiliza para diseños vectoriales; (ii) Corel PHOTO-PAINT, que se utiliza para edición de fotografías e imágenes; (iii) Corel CAPTURE, que se utiliza para hacer captura de imágenes desde la pantalla del computador, y (iv) Corel Font Manager, que se utiliza para gestionar fuentes. Estas cuatro aplicaciones se instalan de manera predeterminada al instalar la suite.

La interfaz de CorelDRAW es sencilla e intuitiva (Figura 1), lo que lo convierte en un *software* de fácil manejo. Del menú lateral izquierdo se toman las herramientas para seleccionar, dar forma, recortar, dibujar, crear formas geométricas, generar texto y dar sombra. Del menú lateral derecho se despliega la paleta de colores, de allí se selecciona el color del relleno con clic izquierdo y el color del borde con clic derecho. En la parte superior se encuentra el panel o menú superior donde se establece el tipo, tamaño y orientación de la hoja de trabajo y donde se extienden todas las funcionalidades de las herramientas del menú izquierdo. Por ejemplo, si se selecciona la herramienta de texto del menú lateral, en el panel superior se puede elegir la fuente y editar sus atributos. En la parte inferior se encuentran las herramientas para editar el relleno, como elegir la uniformidad o el degradado, y también para editar el contorno, como seleccionar el grosor y la redondez.

Una de las bondades de CorelDRAW es que trabaja con capas que posibilitan la superposición de elementos entre sí. También, admite archivos tipo ráster, lo que permite generar figuras compuestas entre los dos tipos de formatos. En la pestaña “Archivo” se encuentran las opciones para guardar y exportar. CorelDRAW cuenta con 48 formatos para exportar diseños, entre los más populares se encuentran PNG, JPG, TIF, GIF, EPS, DXF, EMF y SVG. Esta variedad lo hace compatible con múltiples programas.

Cuando se selecciona alguno de los formatos de exportación, se despliega una ventana de configuración, donde se indica la resolución y el modo de color en el que se guardará el trabajo. En esta pestaña también se encuentra la opción “Pu-

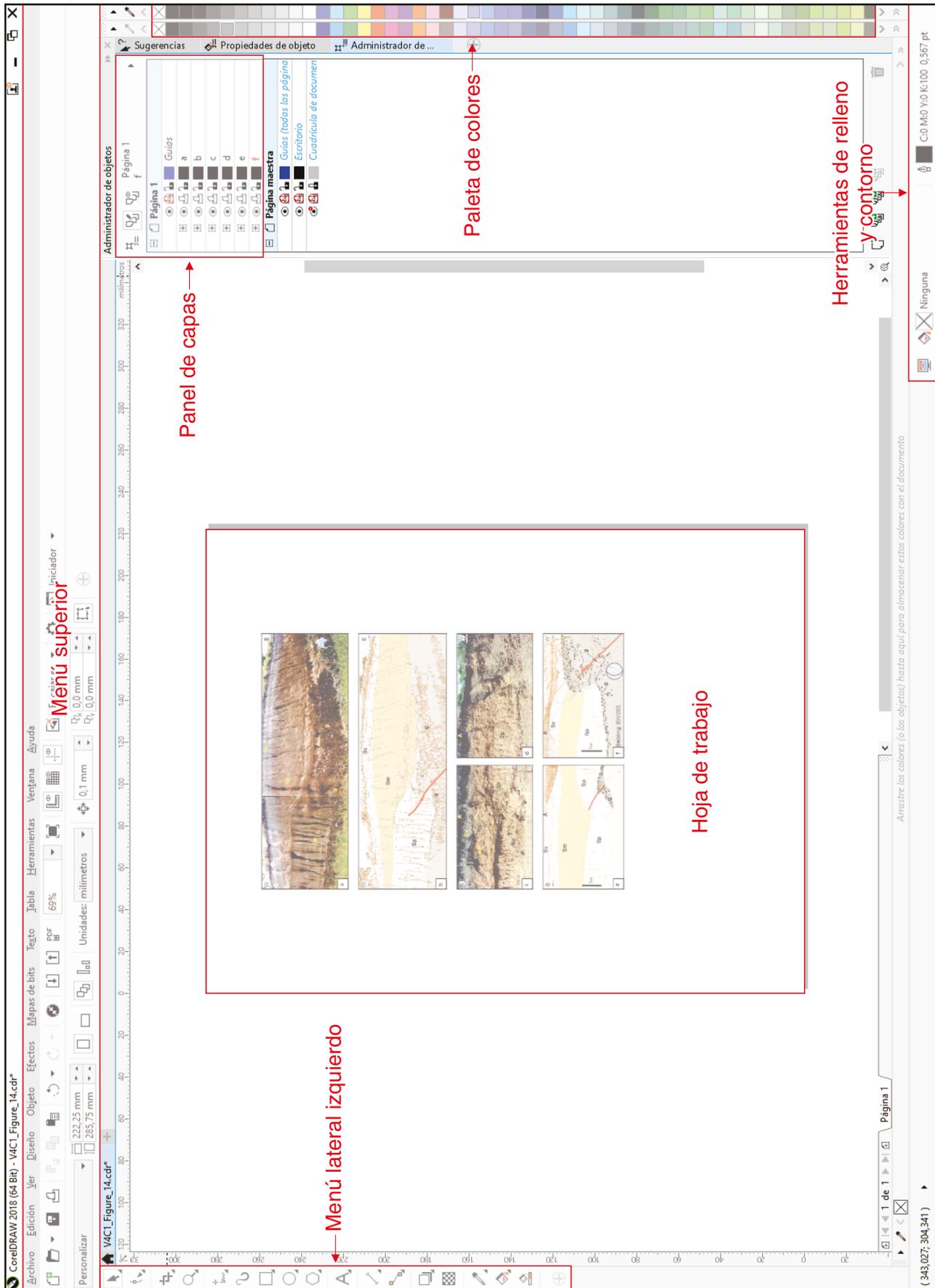


Figura 1. Interfaz gráfica del software CorelDRAW.

blicar como PDF”. Esta opción de guardado es la más adecuada para figuras que tienen elementos que combinan formatos ráster y vectorial, porque conserva las propiedades de ambos. Resulta entonces indicada para guardar una figura que se va a entregar al diagramador para su inserción en la maqueta del artículo.

El formato PDF tiene una ventana de configuración donde se indican las condiciones de exportación. Es importante seleccionar el modo de color “nativo” para que se conserve la codificación original de la figura. También, se deben incluir las fuentes en el documento. Esto garantiza que al abrir el archivo en otro computador los textos se conserven.

2.2. Adobe Illustrator

Adobe Illustrator hace parte de Adobe Creative Cloud, un paquete de servicios de diseño profesional. Este paquete sirve tanto para Mac como para Windows y funciona como una plataforma central para administrar programas y otros servicios, entre ellos fuentes y bibliotecas de fotografías. Creative Cloud incluye diversas aplicaciones que permiten lograr un flujo continuo de trabajo entre ellas. Adobe InDesign se utiliza para diagramación y maquetación de artículos y libros, y Photoshop es una herramienta potente para la edición digital de fotografías e ilustraciones.

Así como CorelDRAW, Adobe Illustrator permite crear figuras, logos e íconos vectoriales que pueden ser transformados, escalados y retrabajados sin perder calidad. Illustrator comparte el aspecto del espacio de trabajo y atajos de teclado con otras aplicaciones de Creative Cloud, entre ellas InDesign y Photoshop, lo que facilita el cambio de una a otra. Además, también trabaja con capas y se pueden usar diferentes páginas en una misma ventana. Una de las ventajas que tiene la *suite* de Adobe es que la interfaz se puede personalizar y adaptar al modo de trabajo de cada usuario. Sin embargo, siempre tiene elementos predeterminados, tales como una barra de aplicaciones, un panel de herramientas básicas, un panel de control, las fichas de documentos y diferentes ventanas de herramientas de edición (Figura 2).

El panel de herramientas, localizado a la izquierda, incluye utilidades para seleccionar, dibujar, colorear y ajustar ilustraciones, además de añadir texto. En la barra de aplicaciones, en la parte superior, está el menú “Ventana” del que se despliegan diferentes funciones importantes, entre ellas buscatrazos, color, mesas de trabajo, propiedades, texto y trazo. Si, por ejemplo, se tiene seleccionada la herramienta “Texto” del menú lateral, en el panel de control se puede elegir la fuente, el tamaño de la letra y el color.

Este programa también permite exportar y guardar en diferentes formatos, entre ellos AI, PDF, PNG, JPG, TIF, EPS, PSD y SVG. Dependiendo del tipo de archivo de salida, se despliega una ventana de configuración con opciones distintas. Por ejemplo, para PNG se debe indicar el color de fondo (transparente,

blanco o negro) y la resolución. Para JPG se despliegan opciones como modelo de color (RGB, CMYK o escala de grises), calidad (rango mínimo de 0 y máximo de 10) y resolución, etc. Al guardar como PDF se despliega un rango de opciones más avanzadas como calidad, marcas y sangrados, compresión, salida, avanzado, y seguridad. Debido a que el formato PDF permite más opciones de guardado que los demás, representa una ventaja frente a los otros.

3. Parámetros a tener en cuenta al realizar una figura

El diseño gráfico es la disciplina que estudia la forma más efectiva de comunicar un mensaje de forma visual y que provee las técnicas y herramientas indicadas para lograr que ese mensaje se transmita de forma efectiva. Estas técnicas y herramientas son los principios básicos en los que se basa esta guía.

Los primeros atributos a definir para realizar una figura son su tamaño, formato y resolución. Después de esto y durante su construcción, se debe tener claro cuál es el objeto u objetos a resaltar. Para destacar se emplea la técnica de jerarquía visual, que se realiza a través de elementos de dibujo, entre ellos color, tamaño, grosor, contraste y tipografía. Esta técnica es una guía sobre cómo alinear, centrar, distribuir y posicionar los elementos de una figura para dar mayor peso visual al foco temático y de esta manera centrar la atención del lector en lo que se considera relevante dentro de la figura.

3.1. Tamaño de la imagen

Lo primero que se debe tener en cuenta al diseñar una figura es su tamaño. **Las figuras se elaboran en el tamaño real** al que se van a publicar; si se reducen o se aumentan, los tamaños de los elementos vectoriales, como polígonos y textos, lo harán también de forma proporcional. Esto generará un cambio de los parámetros iniciales de diseño.

Es geociencias es común ver mapas que fueron elaborados en un formato más grande reducidos a un tamaño menor. La modificación del tamaño puede hacer que la figura ya no cumpla con los criterios de calidad con los que se elaboró. Por ejemplo, si en el diseño original de la figura el tamaño de los textos fue de 6 puntos y la figura se reduce, entonces el tamaño del texto también se va a disminuir y ya no sería legible. Si un mapa va a ir en una hoja tamaño carta, por ejemplo, la información del mapa debe ser generalizada para esa escala de salida (Figura 3).

Si bien ArcGIS Pro o ArcMap es un excelente *software* para hacer mapas, no se recomienda para hacer figuras, debido a que estos programas SIG tienen como objetivo procesar datos geográficos asociados a bases de datos, mas no diseñar material gráfico. Para ello, se recomienda un *software* de dibujo, por ejemplo CorelDRAW o Adobe Illustrator.

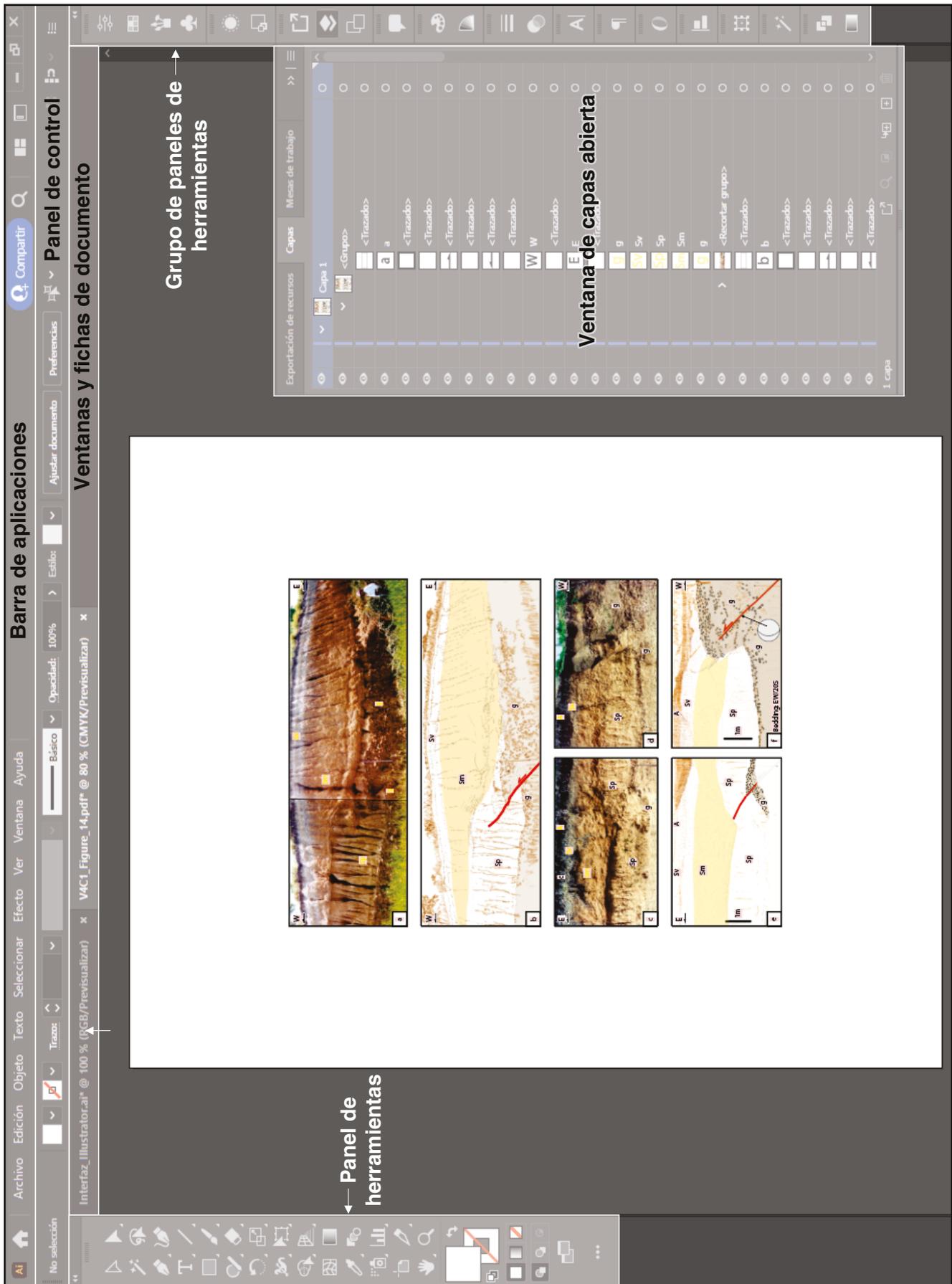


Figura 2. Interfaz gráfica del software Adobe Illustrator.

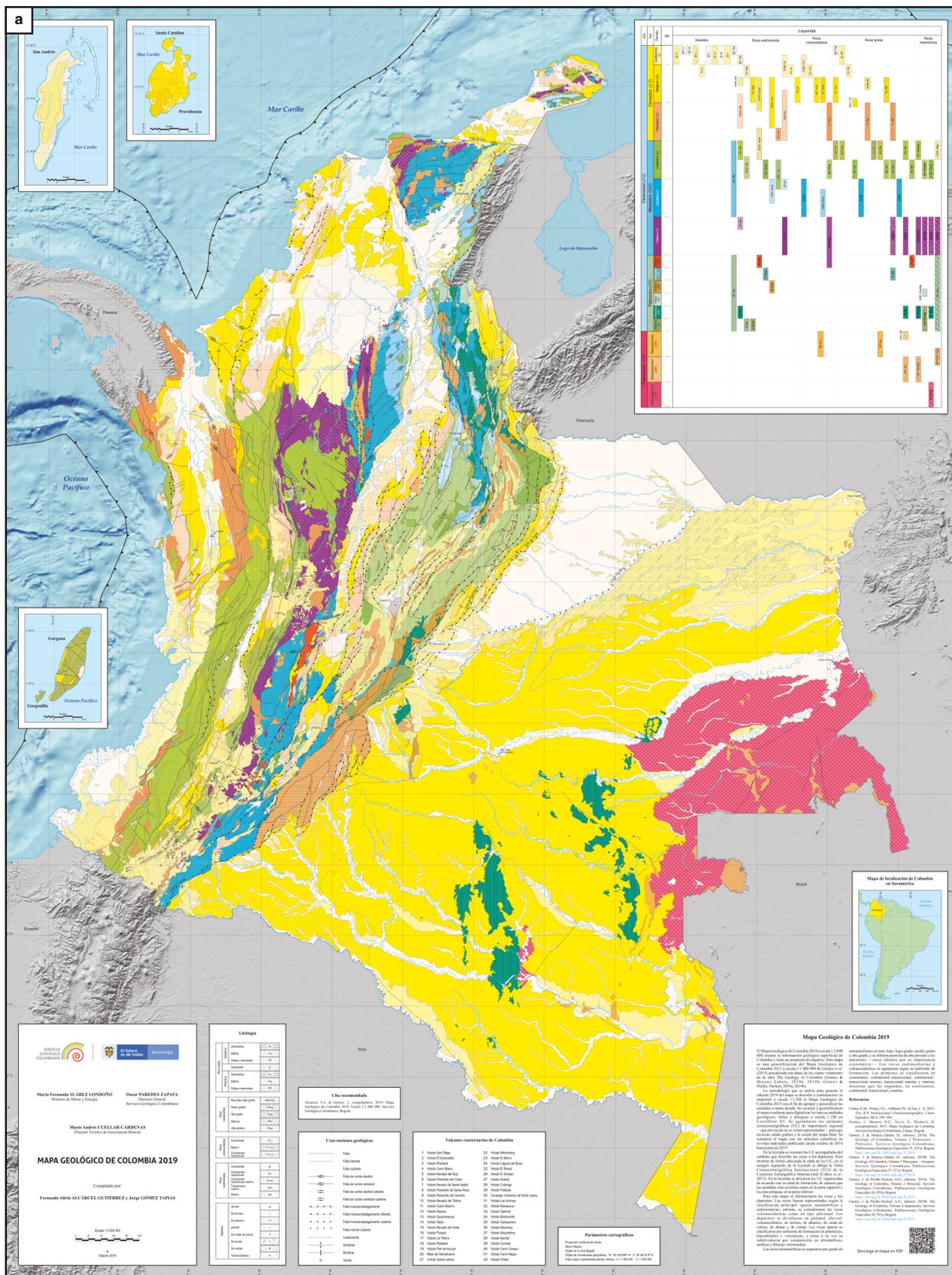


Figura 3. (a) Mapa Geológico de Colombia a escala 1:2 000 000 (Álcarcel & Gómez, 2019). El tamaño original del mapa es 750 × 1000 mm. Destáquese la ilegibilidad de las unidades cronoestratigráficas del mapa.

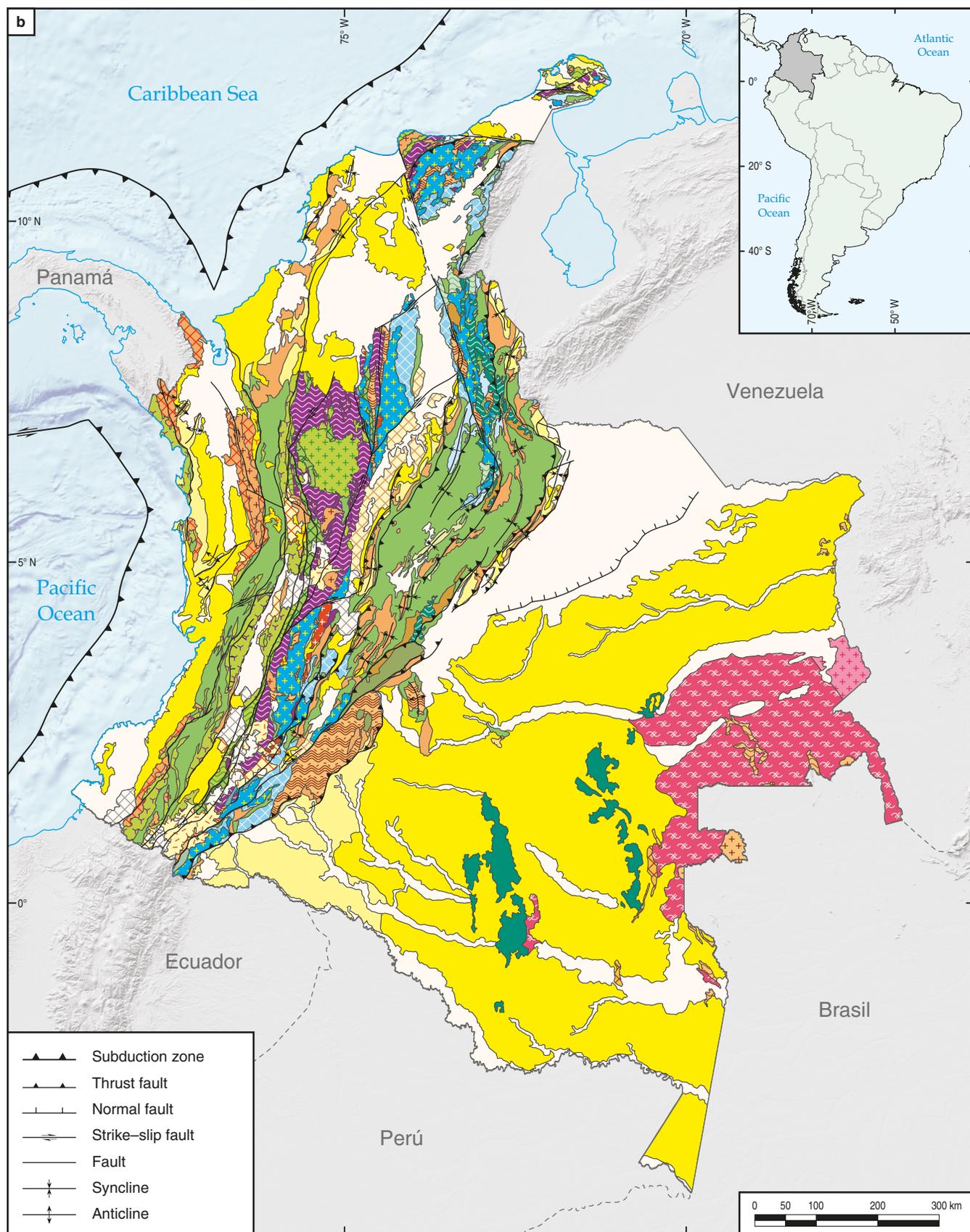


Figura 3. (b) Mapa geológico de Colombia tamaño carta generalizado y actualizado de Gómez *et al.* (2015). Tomado de Gómez *et al.* (2020). Para efectos del ejemplo, no se incluye la leyenda que va en otra hoja. *Continuación.*

Para un artículo científico, el tamaño de la figura debe coincidir con el tamaño de las columnas en las que se distribuye el texto. La selección de este tamaño depende de dos cosas: el tamaño de hoja que se va a utilizar en la publicación y los márgenes que se vayan a usar. El tamaño neto de trabajo equivale a la resta entre el tamaño de la hoja y los márgenes del documento.

Por ejemplo, la revista *Nature* establece un tamaño de 210 mm de ancho \times 279 mm de alto (A4), márgenes de 12 mm a los lados y 16 mm en la parte superior e inferior. Establece los tamaños estándar de las figuras en 90 mm (una columna) y 180 mm (dos columnas), con un alto máximo de 170 mm (*Nature*, s. f.). Se recomienda que antes de publicar un artículo científico se verifiquen, en la página web de la revista, las instrucciones para autores, puntualmente las recomendaciones acerca de figuras.

Para la obra TGC se usó tamaño de papel carta (215,9 \times 279,4 mm) con un área útil de 180,9 mm de ancho \times 236,5 mm de alto y cuatro posibles tamaños de figuras (Figura 4):

1. Una columna: estas figuras tienen 88 mm de ancho por un alto máximo de 236,5 mm. Es un tamaño ideal para figuras que contienen poca información. Por ejemplo, fotografías que contengan pocos detalles o gráficas pequeñas.
2. Dos columnas: son figuras de 180,9 mm de ancho por un alto máximo de 236,5 mm. En esta se usa la opción de tener dos columnas de 88 mm que se separan entre sí con un espacio de 4,9 mm. Esta opción es muy recomendable para hacer comparaciones; por ejemplo, cuando se quieren mostrar tendencias de datos en diferentes gráficas o cuando se muestra una serie de fotografías de secciones delgadas o afloramientos (Figura 5).
3. Columna y media: este tamaño de figura es de 122 mm de ancho por un alto máximo de 236,5 mm. Se utiliza cuando por escala la figura no se puede diseñar de tamaño de una o dos columnas.
4. Página completa: se usa el tamaño máximo útil de la hoja de 180,9 \times 279,4 mm. Para este tamaño se recomienda dejar un espacio para la descripción de la figura, si esta no es muy grande. Se usa principalmente para mapas temáticos, incluidos los geológicos (Figura 3).

3.2. Calidad: formatos y resolución

La calidad de las figuras está relacionada con la calidad de los elementos que las componen. Las imágenes ráster son uno de los elementos más comunes a la hora de hacer figuras. Este tipo de imágenes se caracterizan por estar formadas por una cuadrícula de píxeles, donde cada uno guarda información y contiene un valor diferente (Wolf, 2010). Ejemplo de este tipo de imágenes son las fotografías aéreas, fotografías de afloramiento, imágenes satelitales y modelos e imágenes de relieve sombreado, entre otros.

Por lo general, las imágenes ráster se utilizan en las figuras como una capa base para mostrar características del terreno de estudio, por ejemplo rasgos topográficos. A la hora de utilizar imágenes ráster para la elaboración de una figura se deben tener en cuenta dos aspectos: el formato de exportación y la resolución del archivo. El formato depende del medio en el que se vaya a distribuir: impreso o digital.

El formato PNG (Portable Network Graphics) es el adecuado si la figura es para medios digitales, por ejemplo una página web o una presentación en PowerPoint. Este formato permite que la figura se comprima sin perder calidad, así que sus bordes no se distorsionan. Está configurado para manejar perfiles de color en blanco y negro, escala de grises o RGB; este último perfil es el que utilizan las pantallas, lo que lo convierte en el más indicado para medios electrónicos. Además, el formato PNG permite manejar transparencias, por lo cual es útil para trabajar imágenes de logos y montajes de imágenes con otros elementos.

El formato recomendado para impresión es TIFF (Tag Image File Format). Además de manejar perfiles de color en blanco y negro, escala de grises y RGB, este formato también maneja perfil CMYK, que es el que utilizan las imprentas. Por esta razón, es el indicado para impresión, ya que mantiene la misma configuración de color que el archivo digital. El formato TIFF, al igual que el PNG, no pierde calidad cuando se comprime.

El formato JPG (Joint Photographic Experts Group) solo se debe utilizar para fotografías. En el formato JPG, las imágenes gráficas construidas a partir de elementos vectoriales pierden calidad cuando se comprimen, sus bordes se disipan con el fondo (Figura 6).

Además del formato ráster existe el vectorial, al que pertenecen por ejemplo los textos. Este tipo de figuras se forman por medio de trazos de elementos vectoriales como líneas, polígonos y puntos. Los vectores tienen ventajas como escalabilidad sin pérdida de calidad, edición ilimitada, pruebas de color sencillas y rápidas, y tamaño reducido (López-López, 2014).

La característica principal de este tipo de figuras es que al ser escalable ofrece gran calidad gráfica. Las figuras no se pixelan ni se distorsionan cuando se hace *zoom* sobre ellas. Además, pesan menos que las imágenes rasterizadas. Todo lo que se puede digitalizar corresponde a elementos o imágenes vectoriales, por ejemplo los trazos en mapas topográficos y geológicos, esquemas, diagramas, entre otros (Figura 7). La digitalización de las figuras garantiza que estas tengan alta calidad gráfica.

Para conservar las propiedades vectoriales de una figura, esta se debe guardar en formatos vectoriales. Estos formatos generalmente son archivos editables en programas de diseño, entre ellos EPS (Encapsulated PostScript), AI (Adobe Illustrator Artwork) o CDR (CorelDRAW). El formato más común para guardar estas figuras es PDF (Portable Document Format), ya que este tipo de archivo conserva las propiedades vectoriales. En CorelDRAW, los PDF se generan con la opción PDF/X-1a.

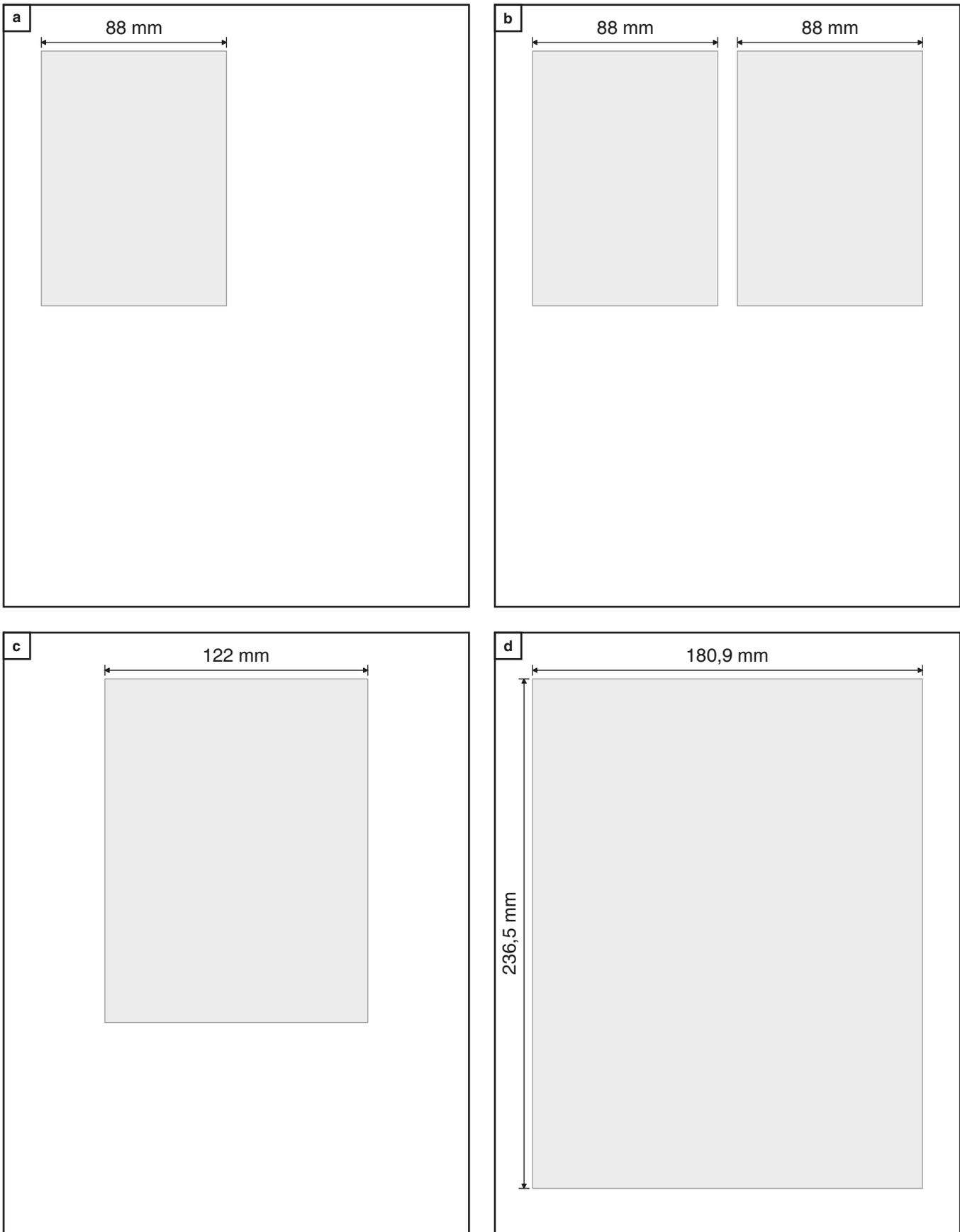


Figura 4. Representación de tamaños para una figura. **(a)** Una columna. **(b)** Doble columna. **(c)** Columna y media. **(d)** Página completa.



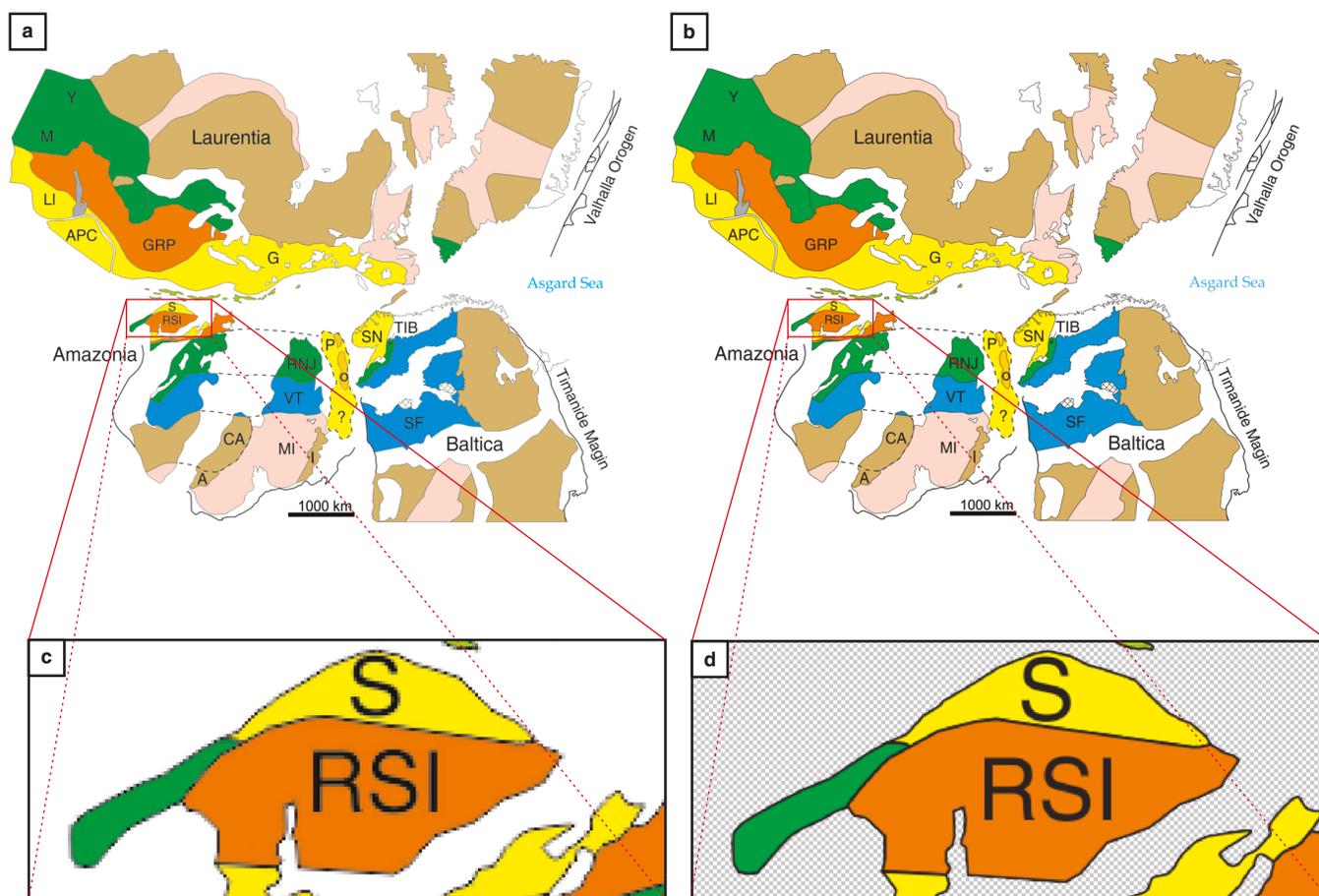


Figura 6. (a) Figura exportada en formato JPG. (b) Figura exportada en formato PNG. (c) Zoom de la figura en formato JPG donde se ven los bordes difuminados y el fondo blanco. (d) Zoom a la figura en formato PNG donde se ven los bordes más definidos y rectos y el fondo transparente. Modificado de Ibañez-Mejía (2020).

El formato PDF/X fue diseñado originalmente para la impresión en papel y se ha convertido en un estándar ampliamente utilizado por las imprentas. Por esta razón, la organización ISO definió la variante PDF/X-1a con la OIN (2001). La variante PDF/X-1a está pensada para el uso de PDF en sistemas de trabajo en los que el cliente entrega el PDF/X-1a listo para imprimir, con las fuentes incrustadas y los colores convertidos a la variante de CMYK o tintas planas que el receptor haya indicado.

Organizaciones con producción editorial científica como The Geological Society, Elsevier, American Geophysical Union y Geological Society of America publican las figuras de sus artículos rasterizadas en PDF. Por el contrario, en otras publicaciones especializadas las figuras de artículos se liberan vectorizadas, es el caso de las revistas *Geology*, *Nature* y *Science*. Esto resulta recomendable, más ahora que la tendencia es que las revistas publiquen sus artículos únicamente en línea.

Además del formato en el que se exporta una figura, también, se debe tener en cuenta la resolución, ya que es esta la que mantendrá los estándares de calidad con los que se realizó.

La resolución se mide en PPI (*pixels per inch*) y DPI (*dots per inch*). El primero es para imágenes digitales y el segundo es para impresión. Estos dos términos no son equivalentes. DPI se refiere al número de puntos impresos que hay en una pulgada de una imagen impresa con una impresora y PPI se refiere al número de píxeles que hay en una pulgada de una imagen reproducida en la pantalla de un computador.

Finalmente, hay que tener en cuenta que, en la mayoría de los casos, los programas en los que se generan las figuras, por ejemplo ArcGIS para mapas, no son amigables ni permiten hacer ediciones de los parámetros que se discutirán a lo largo de este artículo. Por esto, se recomienda migrar la información a programas especializados en herramientas de edición, como Adobe Illustrator o CorelDRAW. Para ello, se deben exportar por separado los elementos ráster de los elementos vectoriales.

Los rásteres se deben exportar como JPG, TIFF o PNG dependiendo del tipo y uso que se le vaya a dar y siempre a una resolución mínima de 300 DPI. Los vectores se deben exportar en formato EMF (Enhance Metafile), el cual guarda las pro-

Figura 5. Ejemplo de una figura con ancho de dos columnas. Cada subfigura tiene una fotografía de afloramiento (tomado de Ibañez-Mejía & Cordani, 2020).

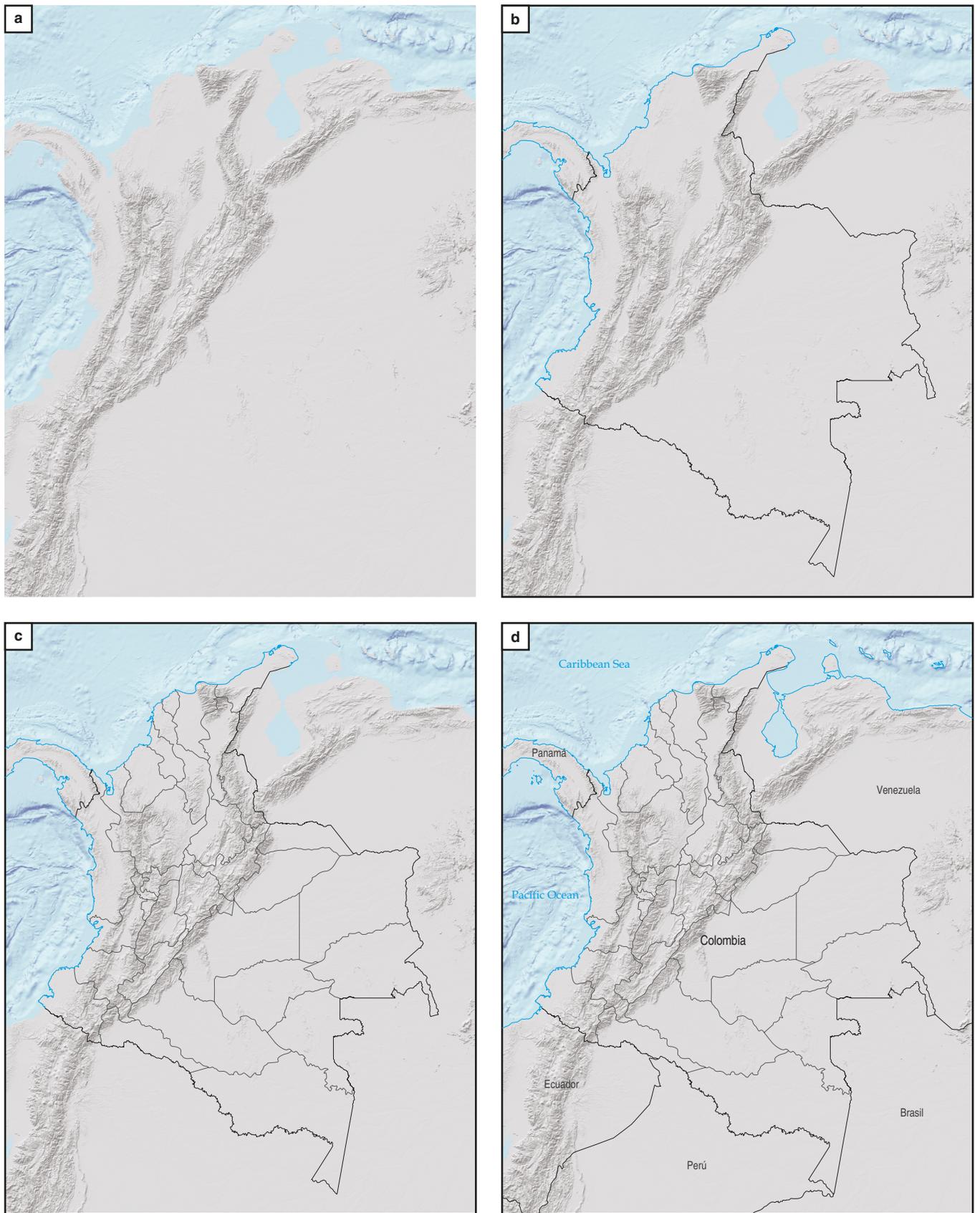


Figura 7. Proceso de creación de una figura con la combinación del uso del formato ráster y vectorial. **(a)** Imagen de relieve de sombreado tipo ráster exportada en formato PNG con 300 DPI de resolución. **(b)** Digitalización del contorno de Colombia. **(c)** Digitalización de los límites departamentales de Colombia. **(d)** Digitalización de textos.

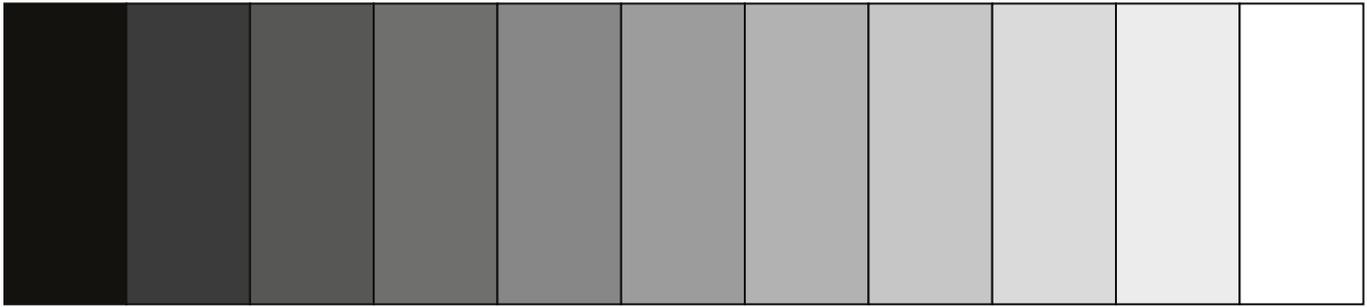


Figura 8. Escala de colores acromáticos.

propiedades vectoriales y es compatible con varios programas de edición. Guardar en este formato ayuda a que cuando se vaya a hacer la edición final de la figura no se tenga que redigitalizar, sino que se pueda manipular el archivo directamente. Esto ahorra tiempo y es más práctico. Al final, se abren ambos archivos en el *software* de edición para las mejoras finales antes de impresión o publicación digital.

El formato EMF es la extensión que se debe usar para migrar figuras de CorelDRAW a PowerPoint y así poderlas editar y animar.

3.3. Jerarquía visual

La jerarquía visual es una técnica del diseño gráfico que define la importancia de los elementos de una figura en función de diferentes parámetros de estos elementos (Wolf, 2010). Emplear esta técnica, de forma adecuada, ayuda a organizar y resaltar el contenido de la figura para transmitir el mensaje de forma directa y clara. El orden jerárquico logra que la atención del lector se centre en los elementos principales de la figura, puesto que establece inclusión, conexión, secuencia y dependencia entre los componentes de un diseño (Frascara, 2000).

Los elementos visuales se combinan e interactúan entre sí en una figura. Sin embargo, el concepto de peso visual, que se refiere a la fuerza con la que se presenta un elemento, permite lograr el orden jerárquico. Entre mayor peso visual tenga un elemento en una figura más se notará. Solo a los elementos vectoriales de una figura, entre ellos líneas, puntos, polígonos y textos, se les puede cambiar el color, tamaño, grosor, contraste y tipografía para destacar una idea principal.

3.3.1. Color

El color se define como una característica que adquiere una superficie cuando incide un rayo de luz blanca directamente sobre ella (Wolf, 2010). Existen básicamente dos grupos de colores. Al primero pertenecen los colores acromáticos (Figura 8), que conforman una escala cuyos extremos son el color negro y el color blanco. Entre ellos se encuentran todas las tonalidades de grises. El segundo grupo corresponde a los colores cromáticos, que son

los colores primarios y los colores que salen de la combinación entre ellos (Bustacara–Medina & Restrepo–Palacios, 1998).

El tono es la primera propiedad del color y se refiere a la cantidad de pureza que tiene un color, es decir, que no tenga tendencia ni al blanco ni al negro. La intensidad o saturación es la segunda propiedad. Esta apunta a la “fuerza” con la que se presenta el color. Es la relación entre la cantidad de color y el brillo; por ejemplo, un rojo apagado o un rojo encendido. La luminosidad es la tercera propiedad y describe la claridad u oscuridad de un color.

El círculo cromático es una representación visual de los colores organizados según su relación cromática. El círculo cromático está constituido por tres tipos de colores. Primero, los colores primarios: rojo, amarillo y azul, los cuales no se pueden crear a partir de la mezcla de otros colores y su posición dentro del círculo forma un triángulo (Figura 9a). Segundo, los colores secundarios: naranja, verde y violeta, que corresponden a la combinación entre los colores primarios y se encuentran posicionados en el círculo formando un triángulo invertido (Figura 9b). Por último, están los colores terciarios, que se obtienen mezclando un color primario con uno secundario y se ubican en el círculo formando un hexágono (Figura 9c) (Mollica, 2018).

El círculo cromático también sirve como herramienta para hacer combinaciones de color acertadas. Los colores análogos (Figura 10a) son los que se encuentran continuos en el círculo y son armoniosos, porque reflejan ondas de luz semejantes. Este tipo de combinaciones permite jugar con tres o cuatro colores del círculo manteniendo el equilibrio visual en la figura. Los colores complementarios también generan buenas combinaciones. Estas se forman con pares de colores que son opuestos en el círculo cromático (Figura 10b) (Edwards, 2006). También, hay combinaciones de colores complementarios divididos o cercanos. Se trata de tomar como base un color del círculo cromático y combinarlo con los dos colores que están justo a los lados de su color complementario (Figura 10c). Por último, está la triada complementaria, que se forma combinando tres colores que sean equidistantes entre sí y formen un triángulo equilátero (Figura 10d) (Mollica, 2018).

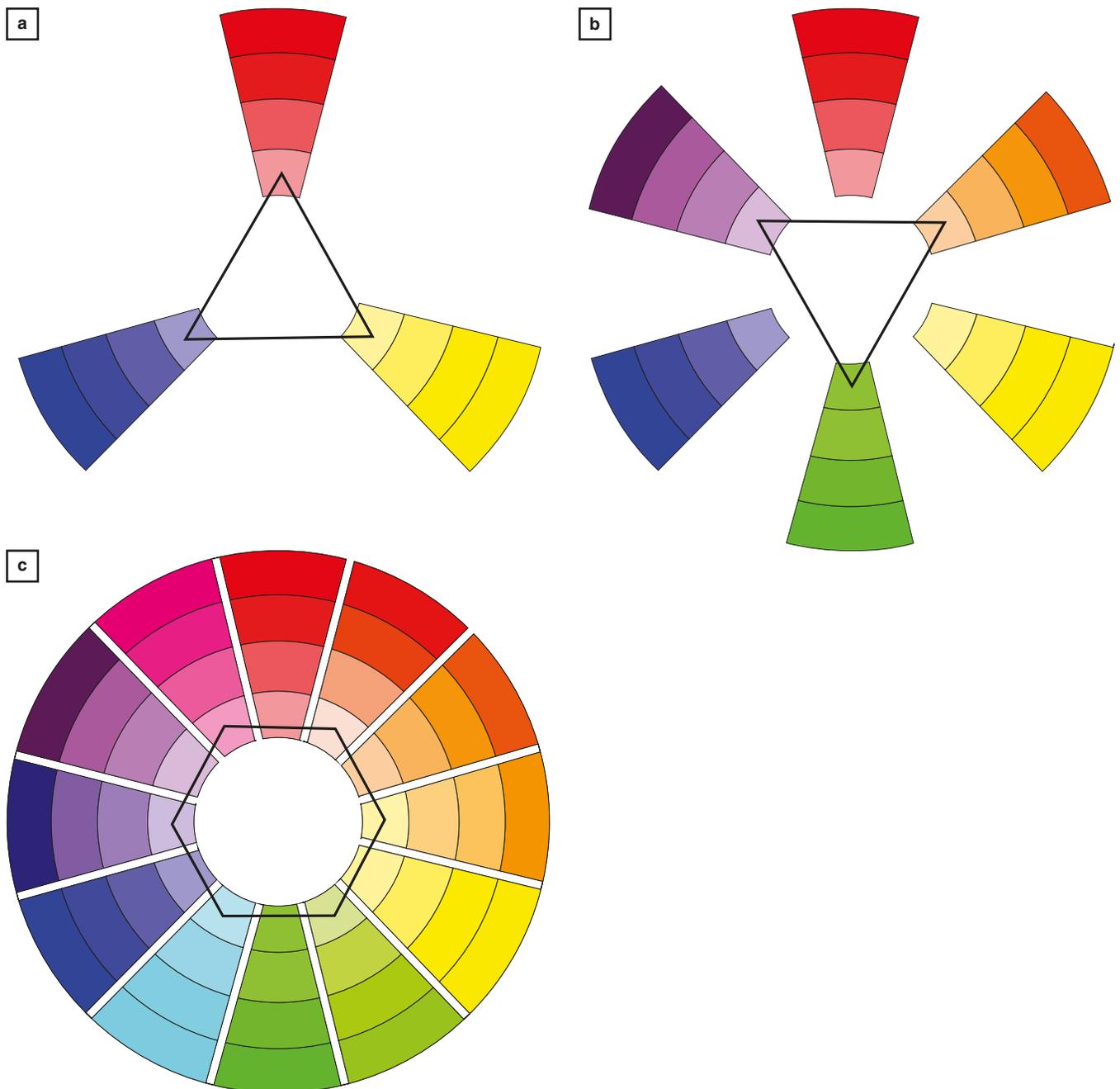


Figura 9. Círculo cromático (Mollica, 2018). **(a)** Colores primarios: rojo, amarillo y azul. **(b)** Colores secundarios: naranja, verde y violeta. **(c)** Colores terciarios: rojo violáceo, rojo anaranjado, amarillo anaranjado, verde amarillento, azul violáceo y azul verdoso.

El color es el parámetro que mayor peso visual tiene en un elemento. Al ser la propiedad más notoria, es importante aplicarlo de forma adecuada. Los colores acromáticos son ideales para elementos secundarios de la figura, porque no se destacan tanto. Los colores cromáticos, por su parte, son ideales para utilizar en elementos principales que se quieren resaltar.

Hay colores que por tradición ya tienen un significado establecido en la sociedad; por ejemplo, el color azul se relaciona con agua. Lo ideal es usar los colores aprovechando estas percepciones populares que facilitarán la transmisión del mensaje.

Los colores pastel ayudan a suavizar el contenido de una figura. Esto hace que los ojos del lector se cansen menos y la figura sea observada por mayor tiempo.

En un mapa geológico se pueden observar estos conceptos, debido a la cantidad de color que tiene (Figura 11). En el Mapa Geológico de Suramérica a escala 1:5000000 (Gómez *et al.*, 2019) se quería destacar la geología. En este caso, los polígonos que hacen referencia a las unidades geológicas deben ser de colores cromáticos, que las pongan en primer plano. Los puntos que hacen referencia a localización de ciudades y las líneas que definen la grilla de coordenadas, las vías o las curvas de nivel

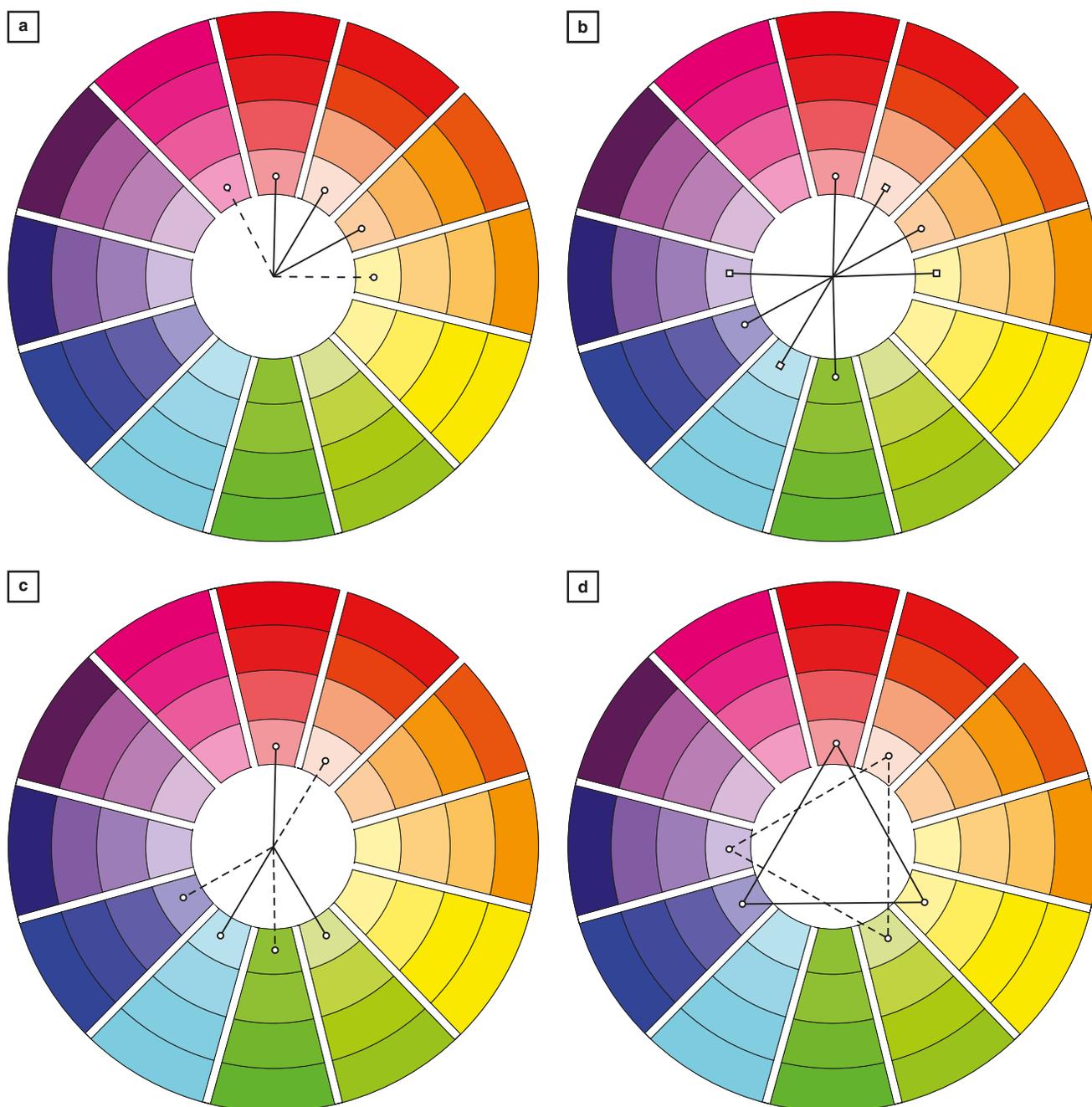


Figura 10. Esquemas de combinación de colores en el círculo cromático (Mollica, 2018). **(a)** Combinación análoga. **(b)** Combinación de colores complementarios. **(c)** Combinación de colores complementarios divididos o cercanos. **(d)** Combinación triada complementaria.

deben ser en colores acromáticos, que no resaltan y dejan ese elemento como secundario.

Este concepto aplica también para los textos que se incluyen en un mapa. Por ejemplo, para etiquetar los ríos en el *Geological Map of South America* no se usó la palabra “river”, simplemente se usó el nombre propio del río. Con esta información y la asociación de los lectores con el color azul que representa agua, no se hizo necesario indicar que se trataba de ríos.

Los diagramas geoquímicos son otro tipo de figura en la que se utiliza el color como el principal rasgo para diferenciar cada elemento (Figura 12). En estas gráficas cada línea, punto o po-

lígono representa la distribución o interpretación que se le da a un conjunto de datos. Por esta razón, es importante manejar una adecuada gama de colores que contrasten entre sí para poder diferenciar cada componente. Cada elemento o conjunto de elementos que represente un dato, localidad o fuente diferente debe tener un color distinto. Lo ideal es que estos colores se diferencien entre sí. Por esta razón, no se recomienda utilizar el mismo color en diferente tono, sino utilizar colores que se diferencien rápidamente. Esto garantiza la correcta lectura de la gráfica.

En la comunicación de las geociencias, el color juega un papel fundamental a la hora de transmitir un mensaje. La re-

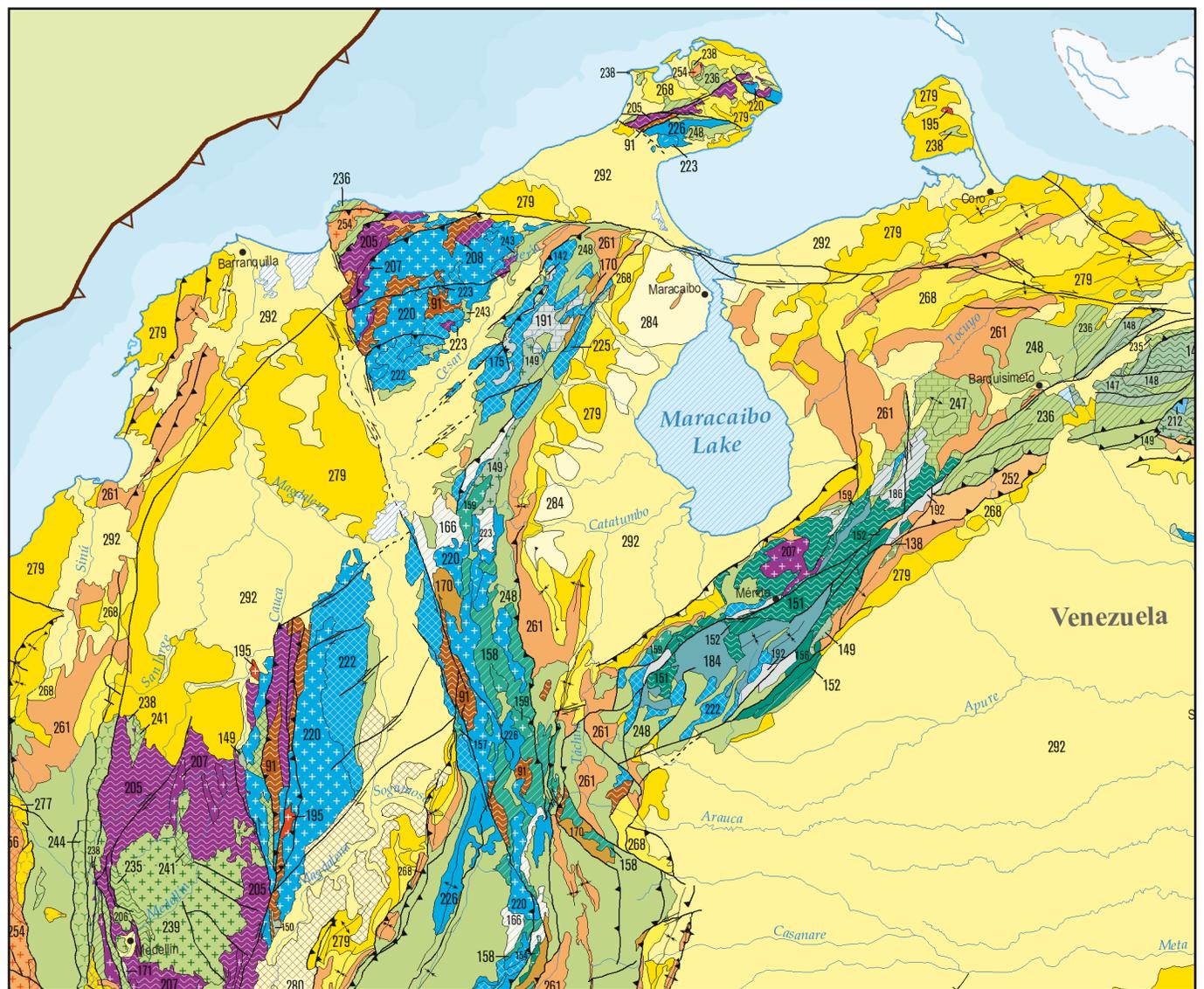


Figura 11. Mapa geológico de la parte norte de Suramérica (modificado de Gómez *et al.*, 2019). Ejemplo de la aplicación del concepto de jerarquía visual. El elemento principal de la figura, en este caso la geología, se resalta del complemento, como lo son drenajes y localización de ciudades principales.

presentación de datos continuos se puede ver afectada por la paleta de colores que se seleccione para presentarlos, ya que una paleta que presente un cambio brusco y colores muy diferentes en sus extremos tiende a enmascarar los colores intermedios del rango y puede deformar la distribución y forma original (Crameri *et al.*, 2020). Lo anterior implica, por ejemplo, que se creen o se enmascaren límites propios de los datos, lo que sesga la información y no la representa de forma veraz (Figura 13).

Al momento de elegir la gama de color, también, es importante considerar que existen condiciones médicas que le imposibilitan a muchas personas ver los colores de forma correcta. El daltonismo es una afección que le impide a quien la padece ver cierta gama de colores, incluso en una cantidad reducida de personas impide ver la totalidad, por lo que solo ven en escala de grises.

Los tres tipos más comunes de daltonismo son: (i) deuteranomalía: donde no se percibe el color verde; (ii) protanomalía: donde el color rojo se percibe como beige, el verde como rojo y se dificulta la distinción de tonos de amarillo, naranja, marrón y púrpura, y (iii) tritanomalía: donde se tiene deficiencia para distinguir entre tonos de azul, amarillo, morado, rojo y verde (Rocchini *et al.*, 2023). Si la intención de una publicación es llegar a un público diverso y numeroso, se debe considerar que existe la posibilidad de que una parte de la población sufra algún tipo de deficiencia visual de color y no pueda leer correctamente una figura si el diseño se basó en una paleta que cubre todos los colores (Figura 14).

Crameri *et al.* (2020) diseñaron una metodología para elegir la paleta de colores más adecuada según el tipo de información que se quiere representar. Esta metodología busca que los datos no se deformen y que tengan el mismo peso, para

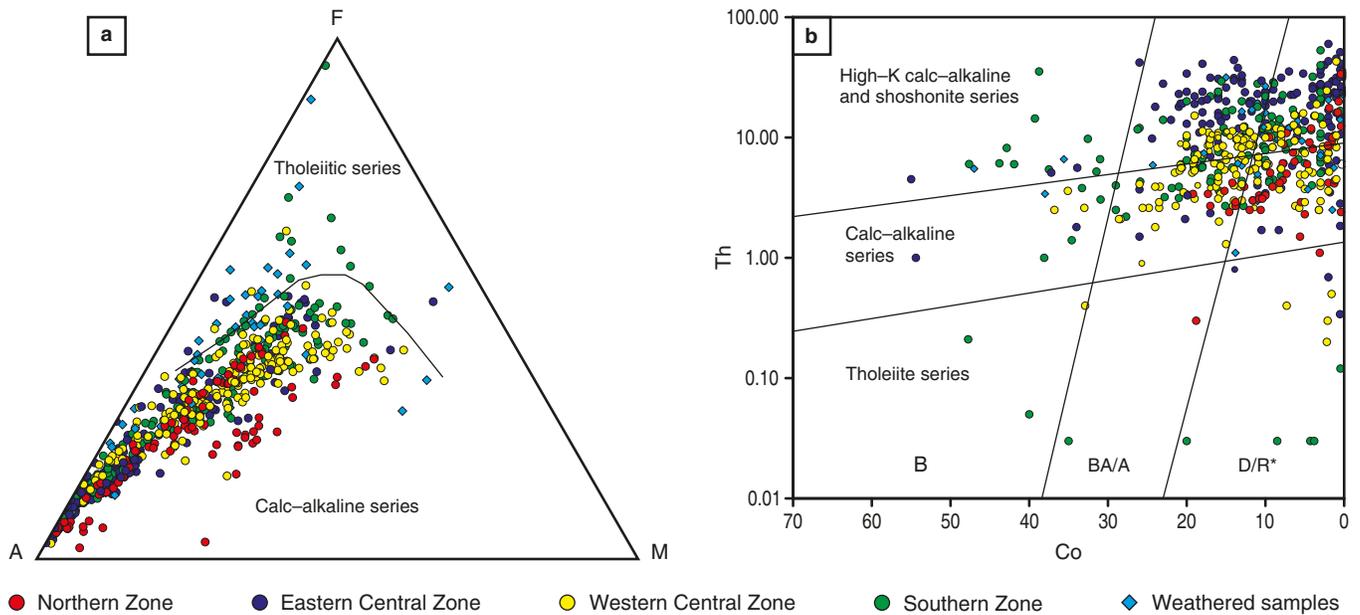


Figura 12. Ejemplo de la aplicación de diferentes colores en los diagramas geoquímicos, donde se logran identificar fácilmente los puntos que indican las distintas zonas de proveniencia de las muestras. Modificado de López-Isaza & Zuluaga (2020).

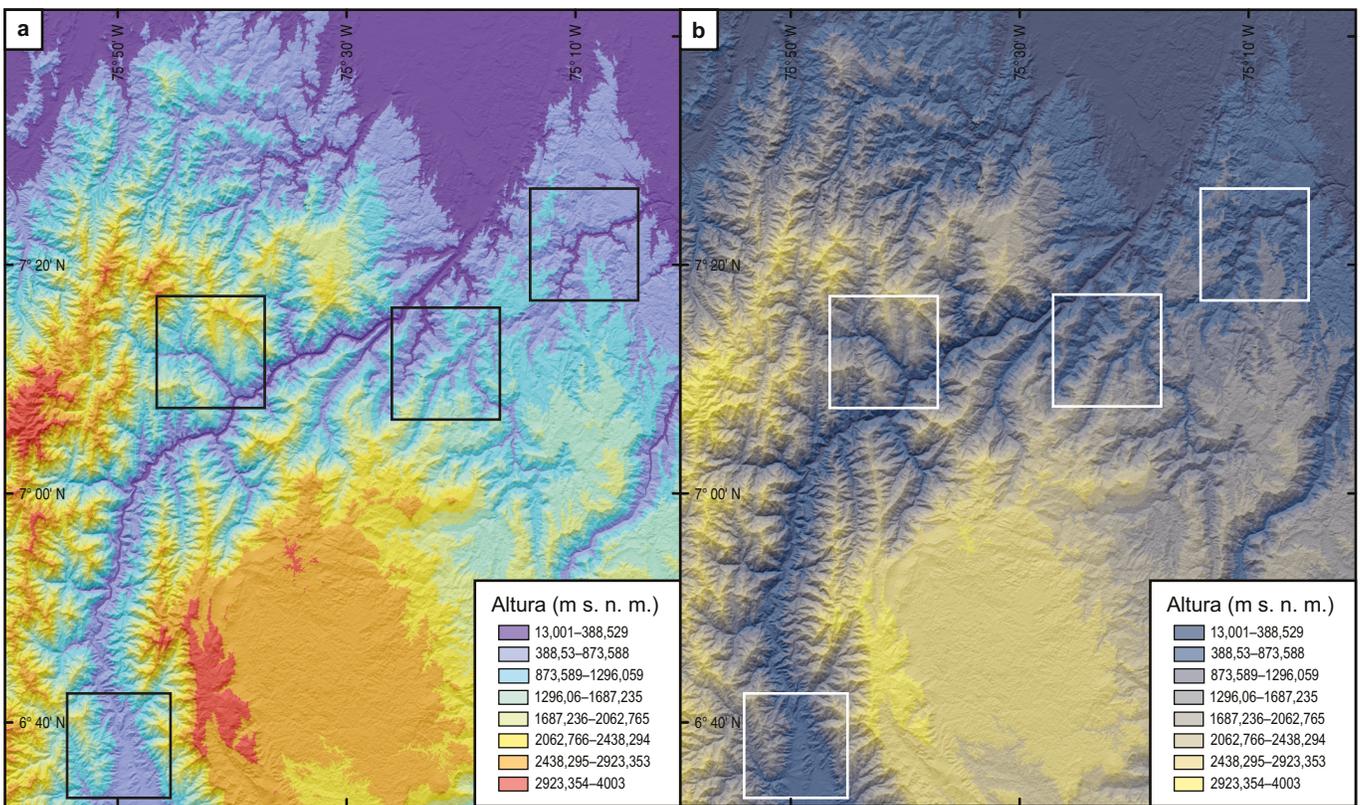


Figura 13. Mapa de relieve sombreado de la zona centro de Colombia. **(a)** Mapa configurado con paleta de color Spectrum, no amigable con condiciones de deficiencia de color. **(b)** Mapa configurado con paleta de color Cividis, amigable con condiciones de deficiencia de color. Los cuadros en ambas figuras muestran ejemplos de cómo el detalle del terreno se ve mejor con la paleta Cividis que con la paleta Spectrum.

que no sobre o infravalore ninguno solo por la forma en la que está representado. Esta metodología también es inclusiva con la población que sufre alguna deficiencia visual de color, ya que

solo tiene en cuenta las paletas de colores que no se perciben tan diferentes ante la afectación del daltonismo (Figura 15). De esta manera, se logra que la figura llegue a la mayor cantidad de

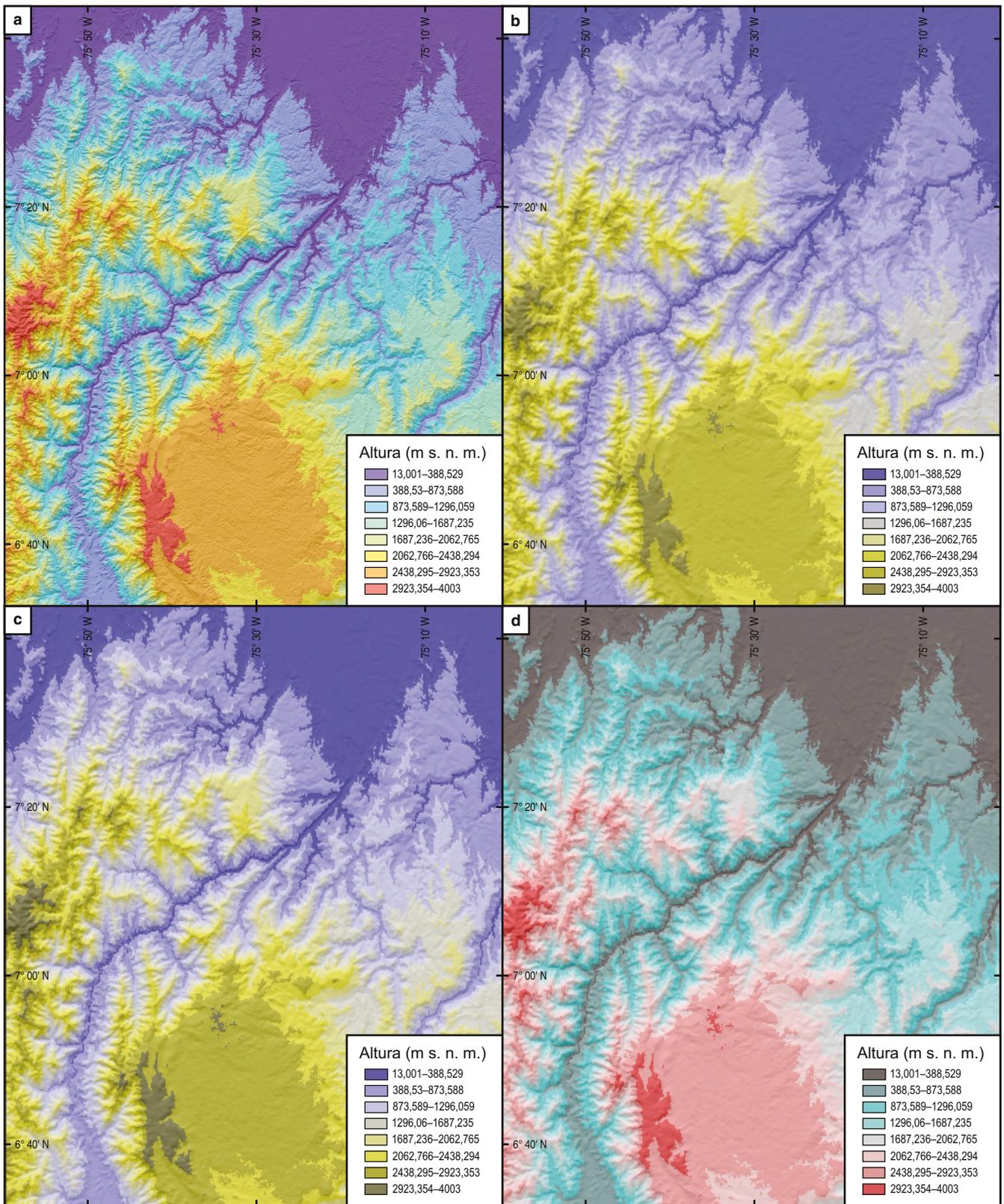


Figura 14. Mapa de relieve de la zona centro de Colombia. **(a)** Mapa configurado con paleta de color Spectrum. **(b)** Mapa visualizado con deuteranomalía. **(c)** Mapa visualizado con protanomalía. **(d)** Mapa visualizado con tritanomalía.

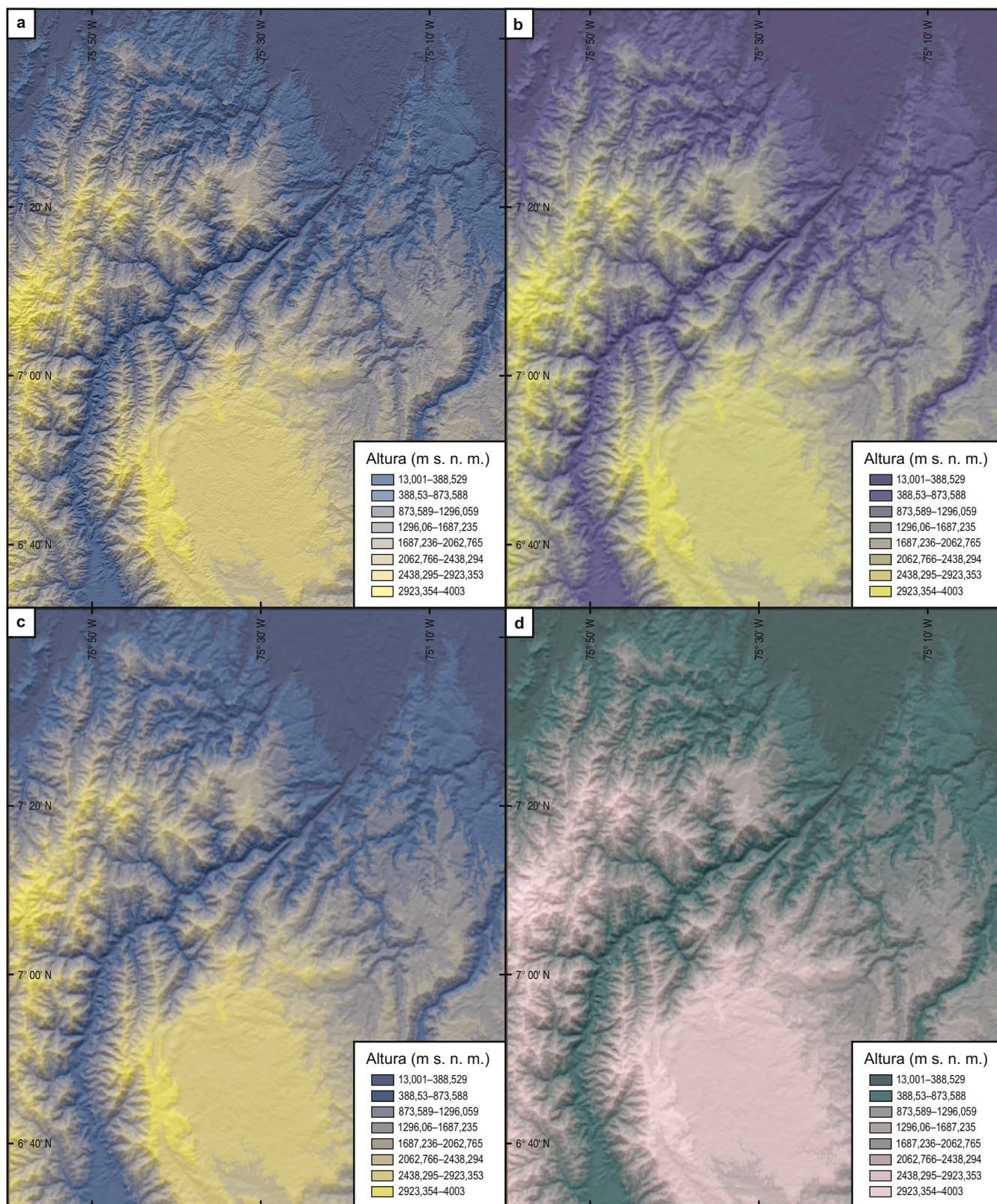


Figura 15. Mapa de relieve de la zona centro de Colombia. **(a)** Mapa configurado con paleta de color Cividis. **(b)** Mapa visualizado con deuteranomalia. **(c)** Mapa visualizado con protanomalia. **(d)** Mapa visualizado con tritanomalia.



Figura 16. Comparación de codificación de color en fotografías. **(a)** Volcán Tabor con codificación RGB. **(b)** Volcán Tabor con codificación CMYK. Nótese que las tonalidades de verde varían de RGB a CMYK. En RGB es más vivo el color que en CMYK.

personas sin perder validez y veracidad. Desde este artículo se recomienda tener presente que, si el alcance de una publicación es llegar a un público universal, se deben tener en cuenta estos puntos para la generación de figuras de datos continuos. Se invita a utilizar la metodología propuesta por Cramer *et al.* (2020) para elegir la representación más adecuada de los datos.

3.3.2. Codificación digital del color

La codificación digital del color consiste en representar gráficamente el color según modelos numéricos que puedan visualizarse a través de una pantalla (Wong, 1999). Los dos modelos principales de color son el RGB y el CMYK (Figura 16). El primero es el modelo en el que se basa el sistema de color de computadores, televisores, pantallas y todos los elementos digitales. El segundo es el modelo que se usa para impresiones.

La codificación RGB (Red, Green, Blue) parte de los tres colores primarios: rojo, verde y azul y le asigna un valor a cada uno de ellos entre 0 y 255. Combinar estos colores variando el rango numérico de cada uno hace que se obtenga una amplia gama de tonos.

La codificación CMYK (Cyan, Magenta, Yellow, Black) codifica el color partiendo de los tres colores básicos cian, magenta y amarillo, y les suma el negro para obtener variaciones de luminosidad. Cada color puede tener valores entre 0 y 100.

El tipo de archivo final determina cuál es la codificación de color que se debe usar cuando se realiza una figura. Se debe utilizar RGB para figuras cuyo destino sean artículos digitales y CMYK para figuras que sean para artículos impresos. El correcto uso de la codificación de color garantiza que se mantengan los tonos empleados durante el proceso de creación de la figura.

3.3.3. Tamaño de los elementos contenidos en la figura

El tamaño es una variable visual que se refiere a la medida o cantidad de espacio que ocupa un polígono, línea, punto o texto dentro de una figura o respecto a otro elemento (Frascara, 2000). Este parámetro está directamente relacionado con el peso visual que se le da a un elemento en particular. Entre más grande sea un elemento, más va a resaltar dentro de la figura con respecto a otros más pequeños, generando contraste de tamaño (Wong, 2014).

El tamaño es un buen aliado a la hora de destacar cualquier punto en una figura y se debe utilizar de manera correcta. Por ejemplo, en mapas temáticos en los cuales se tienen puntos de localización de muestras de algún tipo, y este es el tema central, y puntos de localización de ciudades, donde estos son solo de referencia, los puntos que simulen el tema principal deben ser de un tamaño mayor a los puntos que simulen el tema secundario. Así se logra que el lector capte a primera

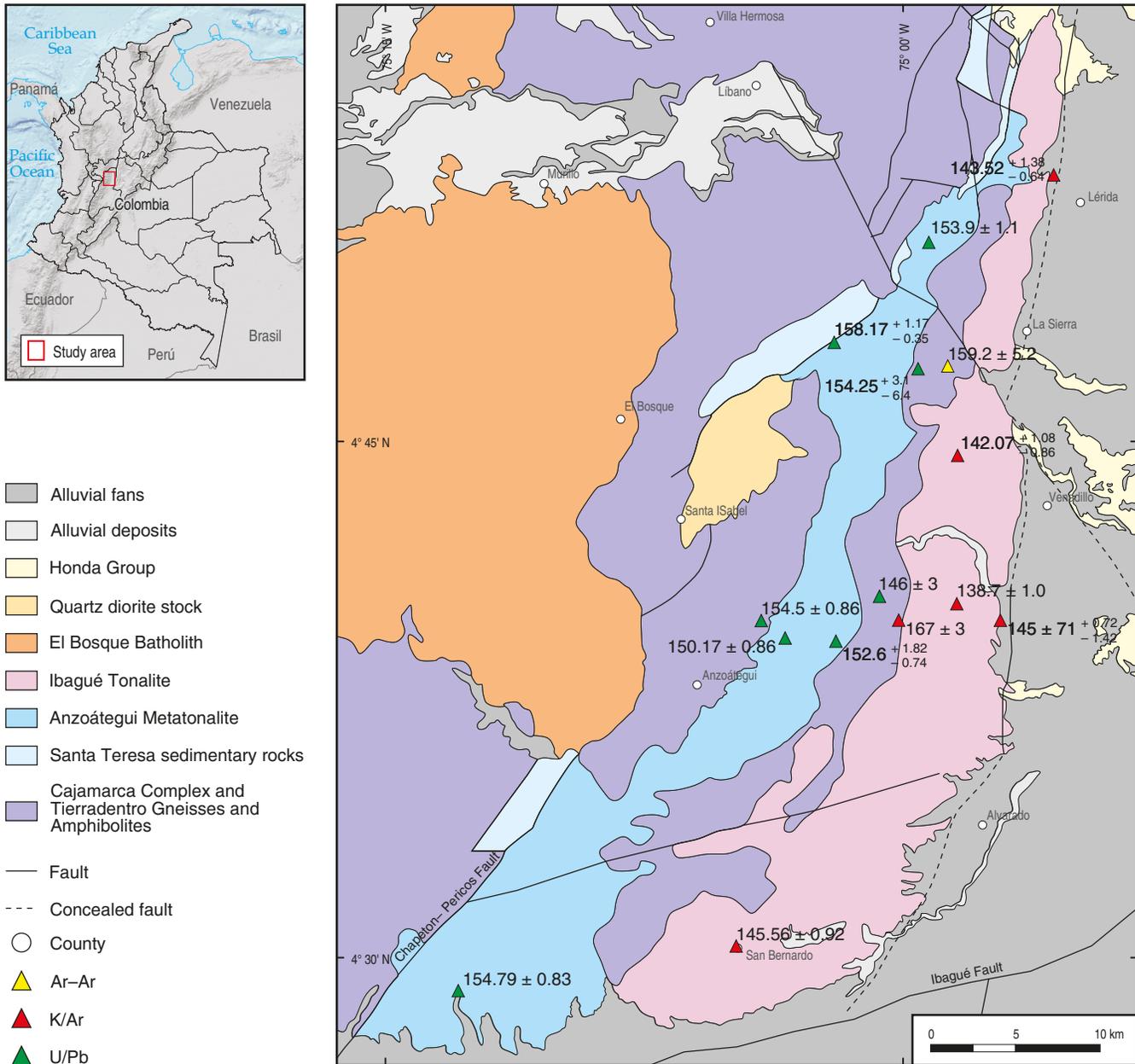


Figura 17. Contraste de tamaño en los puntos y los textos. Nótese como los puntos y los textos que hacen referencia a las localizaciones de las muestras tienen tamaños mayores que los que hacen referencia a localidades, haciendo que tengan mayor peso visual y se resalten. Tomado de Rodríguez-García *et al.*, 2020.

vista que esta representación gráfica es la más importante en la figura (Figura 17).

Los textos son otros elementos que pueden ganar peso visual solo con ser más grandes. Siguiendo con el ejemplo anterior, donde se tienen puntos que representan la localización del tema principal y puntos que representan solo referencias geográficas, si los puntos están acompañados de textos, se debe aplicar la misma lógica para elegir su tamaño. Es decir, los textos de los puntos principales deben ser en una letra de mayor tamaño que los textos de los puntos secundarios.

Para TGC se hicieron pruebas de impresión con el fin de determinar cuál era el tamaño más adecuado para los textos dentro de una figura. Se llegó a la conclusión de que los textos debían estar entre 6 y 11 puntos, siendo los tamaños entre 8 y 10 puntos los más indicados.

3.3.4. Grosor

El grosor es el espesor que se le da a una línea o borde de un polígono para fijar su anchura (Wong, 2014). Es una cualidad que puede tener gran impacto en una figura. Entre más grosor

tenga un elemento, más visible será y, por ende, tendrá mayor peso visual.

En programas de diseño gráfico, el grosor se maneja principalmente en puntos. Esta es una unidad de medida común que se puede transformar a otras unidades más conocidas como el milímetro.

El grosor de una línea va a depender de qué tanto se quiere resaltar y de qué otra característica tenga el elemento. Por ejemplo, para polígonos cuyo parámetro más sobresaliente es el color de relleno, el grosor de la línea debería ser muy fino, 0,05 mm aproximadamente, porque el polígono ya desataca por su color.

Para líneas se debe tener en cuenta que el grosor es el parámetro que le va a dar mayor peso visual y que dependiendo de lo que representen en la figura, algunas líneas deben ser de un grosor mayor que las demás. Por ejemplo, en mapas geológicos, las fallas, que son representadas como líneas y por lo general en color negro, deben tener un grosor entre 0,5 y 0,75 puntos, 0,2 y 0,25 mm aproximadamente, para que sean visibles. Las líneas que representen vías o curvas de nivel deben tener un grosor menor. Lo anterior se debe a que la temática principal de la figura es la geología y, por ende, esta es la que debe sobresalir. Además, porque si para las fallas se utiliza un grosor menor o igual al de los polígonos que atraviesa, la línea no se notaría y sería como si no se hubiera trazado (Figura 18).

Las líneas también ayudan a definir límites entre diferentes polígonos. Por ejemplo, en gráficas, cuando los polígonos que representan datos no tienen bordes y estos se superponen unos sobre otros, el lector no puede determinar la localización exacta de un punto en específico. Por esto, es importante que en este tipo de figuras se le ponga un borde muy fino a los polígonos y así se facilite la lectura (Figura 19).

3.3.5. *Contraste*

El contraste es la cualidad a través de la cual se logra que, en una figura, un elemento se diferencie de otro por sus características específicas, visuales, dimensionales o cuantitativas (Wong, 1999). Esta propiedad se utiliza para lograr enfocar la mirada del lector en un punto preciso de la figura. El buen uso del contraste implica que los elementos de la figura sean diferentes y que gracias a esto se distinga la idea principal de la secundaria. La forma, el color, el tamaño, la textura, la dirección, la posición, el espacio y la gravedad son las características específicas que logran que un elemento contraste de otro (Wong, 2014).

En esta sección se hablará específicamente del contraste de color y del contraste de textura, puesto que son los que tienen mayor complejidad y con los que se cometen mayor cantidad de errores. Los demás solo hacen referencia a que se genera contraste cuando se juega con formas, direcciones, posiciones y espacio de dos o más elementos de una figura.

Como se explicó en el numeral 3.3.3., el tamaño es la cantidad de espacio que ocupa un elemento. El hecho de que los diferentes componentes de una figura (puntos, líneas, textos, polígonos) tengan tamaños distintos implica que el de mayor dimensión tenga mayor peso visual, se resalte más y haga contraste de tamaño con los demás elementos de la figura.

El contraste de color se refiere a las diferencias de tono entre los elementos de la figura. Elementos con el mismo color van a tener el mismo peso visual. Por esto, es necesario que en las figuras se utilicen colores diferentes para diferenciar elementos. Por ejemplo, los puntos de ubicación de una muestra y los puntos de ubicación de ciudades. Otro ejemplo de buen uso de contraste de color en una figura es cuando se sitúa texto sobre algún polígono. Para garantizar que el texto se visualice de forma correcta, es necesario que haya contraste de color entre este y el polígono sobre el cual se ubica. Así se generará legibilidad cromática (López-López, 2014). Si el polígono es de un tono oscuro, el texto debe ser de tono claro y viceversa (Figura 20).

La textura visual hace referencia a las características de la superficie de un elemento en una figura bidimensional (Wong, 2014). Visualmente, las superficies son lisas cuando presentan la misma característica a través de todo su espacio; por ejemplo, un solo color de fondo. Son rugosas cuando el área de la superficie presenta una estructura definida por diferentes elementos como el relleno con tramados (Frascara, 2000). El contraste de textura (Figura 21) se forma cuando se combinan superficies dentro de una figura, lo que lleva a que la porción que tenga superficie rugosa se destaque de la de superficie lisa y tenga mayor peso visual.

Dentro de la textura rugosa también debe existir contraste de color entre los elementos que se utilicen. Las combinaciones sugeridas por el círculo cromático pueden ayudar a generar este contraste o incluso también utilizar los mismos colores, pero en tonos diferentes, unos oscuros y otros claros.

No es recomendable abusar de las texturas rugosas, ya que como dan mayor peso visual se hace difícil entender la figura. Solo son usadas cuando el número de polígonos a diferenciar es muy grande y los colores por sí solos no alcanzan. Esto es común en los mapas geológicos. Asimismo, es recomendable el uso de la textura rugosa en los polígonos principales o que se buscan destacar y textura lisa en los demás elementos de la figura.

3.3.6. *Tipografía*

La tipografía es la representación gráfica del lenguaje y es la que se encarga de materializarlo visualmente en la escritura. Existen cuatro tipos de tipografía: (i) Romanas o Serif, que son aquellas que presentan terminales en los extremos de los trazos de las letras. Esta tipografía es muy funcional para textos largos porque sus terminaciones en las letras sirven como línea invisible que guía la lectura (Figura 22a); (ii) Sans Serif o de palo

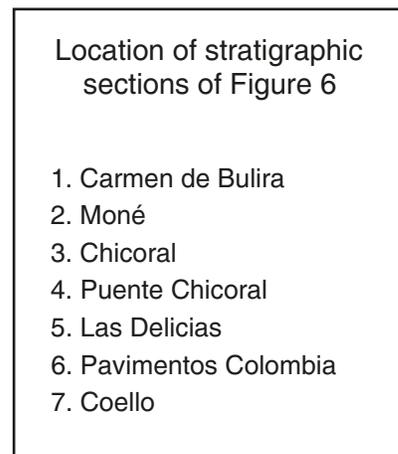
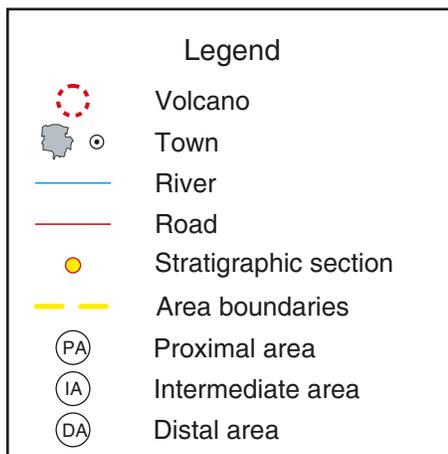
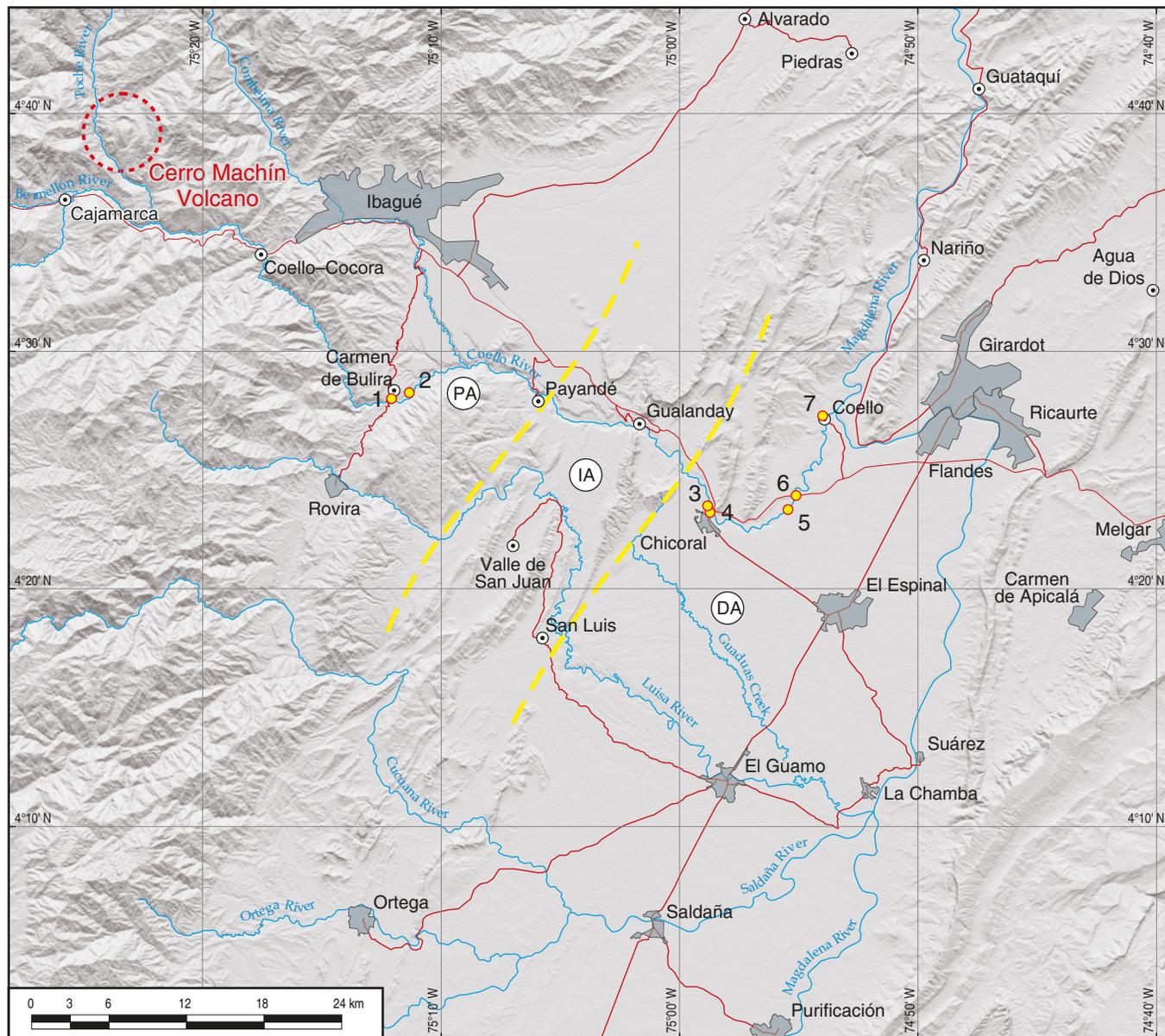


Figura 18. Contraste de grosor entre diferentes elementos de la figura. La grilla de coordenadas, la vía, el drenaje y los bordes de los municipios de localización tienen grosor muy fino, debido a que o son elementos secundarios de la figura o se resaltan por otra variable como el color. Por su parte, las líneas que definen los límites entre el área proximal, media y distal, y la delimitación del volcán tienen grosor mayor a las demás líneas, porque son los elementos principales de la figura y se busca que resalten. Tomado de Cortés-Jiménez (2020).

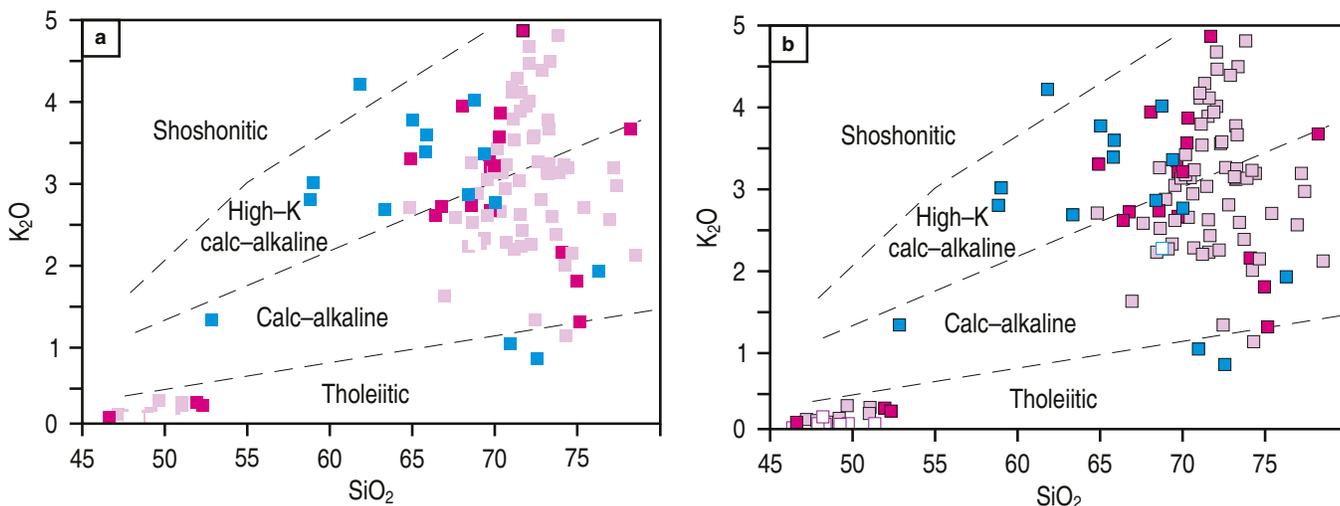


Figura 19. Contraste entre una figura que contiene polígonos delimitados por un borde y polígonos sin borde. Los cuadros representan muestras de roca analizadas. **(a)** Polígonos sin borde. **(b)** Polígonos con borde. Nótese que el diagrama de la figura (b) es más sencillo de leer, ya que los bordes de los polígonos definen el límite entre cada muestra y enmarcan aquellos puntos que son de color blanco y que, al no tener borde, como en la figura (a), se pierden entre los demás. Tomado de Spikings & Paul (2019).

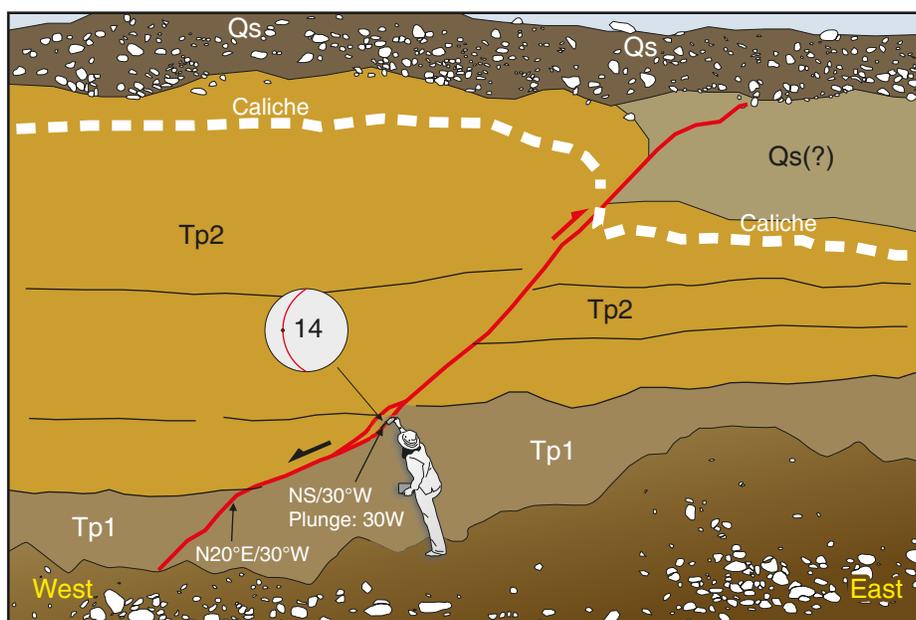


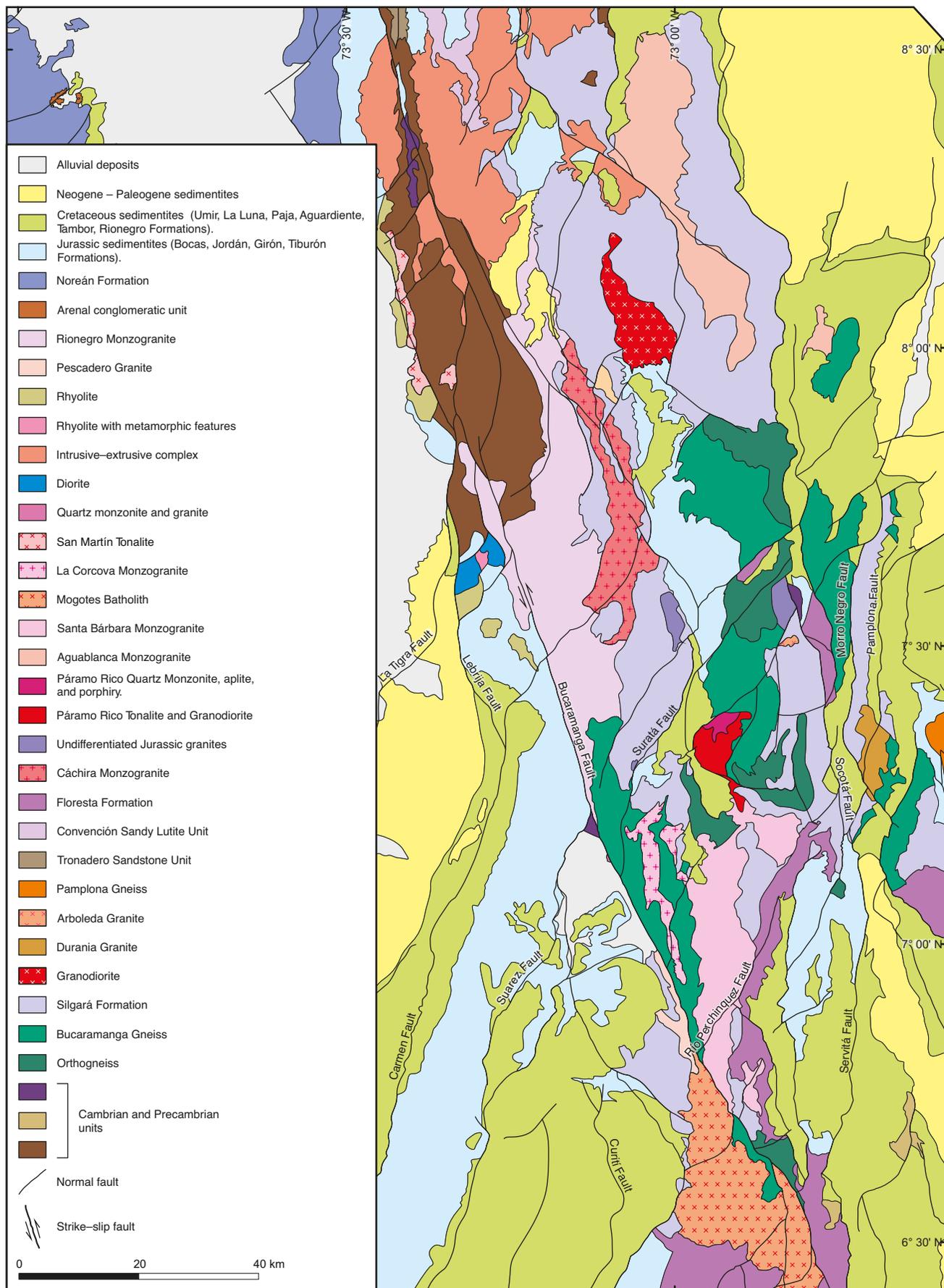
Figura 20. Ejemplos de cómo se usa el contraste de color entre textos y polígonos. Modificado de López & Toro-Toro (2020).

seco, que son las tipografías redondeadas con terminaciones planas y precisas. Son ideales para textos cortos, pequeños y en pantallas, porque gracias a que no presentan terminaciones en las letras son más legibles (Figura 22b); (iii) Manuscrita o script, que son tipografías que representan la letra cursiva, donde las letras se ligan entre sí y tienen curvas pronunciadas. Este tipo de letra no es muy legible y por eso se recomienda para

textos cortos principalmente publicitarios (Figura 22c), y (iv) Decorativa o *display* son tipografías creadas especialmente para logotipos y no se utilizan en textos largos (Figura 22d). Se emplean para transmitir una imagen única, por eso son recomendadas solo para títulos o publicidad (Barrientos-Mora, 2015).

Las familias tipográficas son un conjunto de caracteres alfanuméricos que comparten unas características estructurales y estilísti-

Figura 21. Mapa geológico del macizo de Santander. Ejemplo de cómo el contraste de la textura rugosa y el color logran destacar algunos polígonos de otros; en este caso sobresalen 6 unidades geológicas de 35 en total. Modificado de Rodríguez-García et al. (2020).



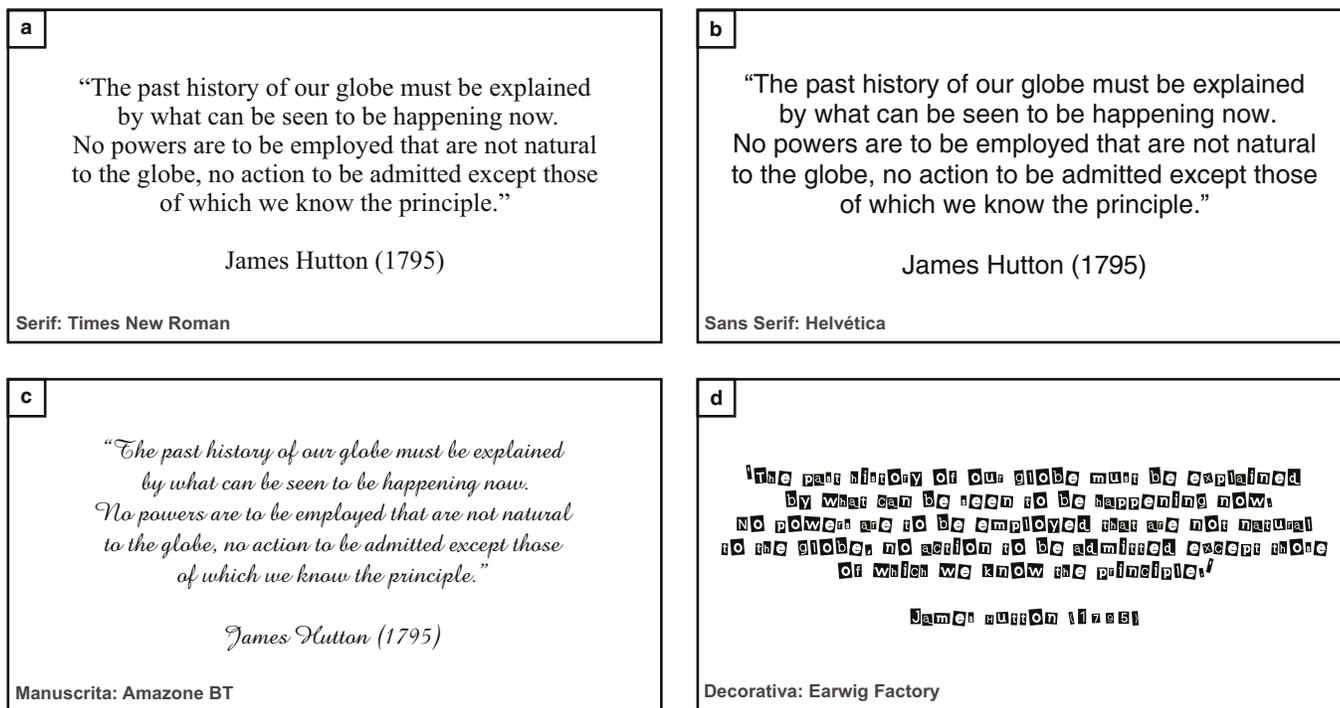


Figura 22. Ejemplos de los cuatro tipos de tipografía. **(a)** Serif, **(b)** Sans Serif, **(c)** Manuscrita y **(d)** Decorativa. Destáquese como las tipografías Serif y San Serif son las más fáciles de leer y de común uso en publicaciones científicas.

cas particulares. Dentro de estas familias existen miembros o tipos que se parecen entre sí, pero que también tienen rasgos propios.

La tipografía Sans Serif es la más adecuada para los textos que van en las figuras. Debido a que es el tipo de letra más legible, es ideal para textos cortos. En una misma figura se pueden utilizar varios tipos de una familia tipográfica o varias familias; sin embargo, se recomienda usar dos estilos diferentes para generar contraste entre los textos y así dar mayor peso visual a unos que a otros (López-López, 2014). Esto también ayuda a dar y a definir patrones en las figuras, con los cuales se relaciona el autor cuando ve determinada tipografía.

La familia Helvética fue la tipografía usada en las figuras de la obra TGC y es la que usa la revista *Nature*. Esta tipografía es Sans Serif y cuenta con 28 miembros que varían en grosor, tamaño, ancho y forma de los caracteres. De las 28 posibilidades, se trabajó con dos tipos: Helvética regular y Helvética narrow. La Helvética regular es más grande y ancha. Por esta razón, se utilizó para textos principales, mientras que la Helvética narrow es más angosta, por esto se usó para textos secundarios o cuando no se tenía suficiente espacio de trabajo. También, se empleó la familia Book Antiqua para los textos que hacían referencia a cuerpos de agua (Figura 23).

La definición de un patrón tipográfico para las figuras de los capítulos de TGC permitió que los lectores asociaran la tipografía con un mensaje implícito. Se recomienda entonces trabajar en figuras con distintas familias tipográficas y utilizar varios miembros que generen contraste entre sí.

3.4. Armonía, equilibrio y orden

Al ser elementos contenidos en publicaciones científicas, las figuras deben presentar información precisa, rigurosa y formal. La armonía y el equilibrio visual son conceptos que apuntan a que la combinación de los elementos de una figura sea equilibrada y ordenada para distribuir uniformemente el peso visual. El equilibrio se forma cuando existe relación horizontal y vertical de lo que se ve, cuando hay simetría entre los planos axiales de la figura (Dondis, 2017).

Cuando se construye una figura se debe mantener un orden lógico. El orden facilita la lectura, el análisis y lleva a que el lector comprenda una idea. Naturalmente, el ser humano observa y lee de una forma definida. Inicialmente, observa periféricamente en un plano general y después va al detalle: lee de izquierda a derecha y de arriba a abajo (Dondis, 2017), relacionado con la forma en la que está enseñado a leer. Seguir este patrón cuando se ordenan los elementos de una figura facilita que el mensaje sea captado fácilmente.

Lo anterior se puede aplicar cuando una figura se subdivide en varias más. Estas se deberían ordenar de izquierda a derecha y de arriba a abajo, con ejes simétricos entre sí, alineados a una misma altura y posición (Figura 24), dando armonía y equilibrio en el plano general. Emplear esta técnica hace que para el lector sea más fácil analizar la figura, ya que no tiene conflicto con su subconsciente ni con todos los conceptos de lectura que ya interiorizó.

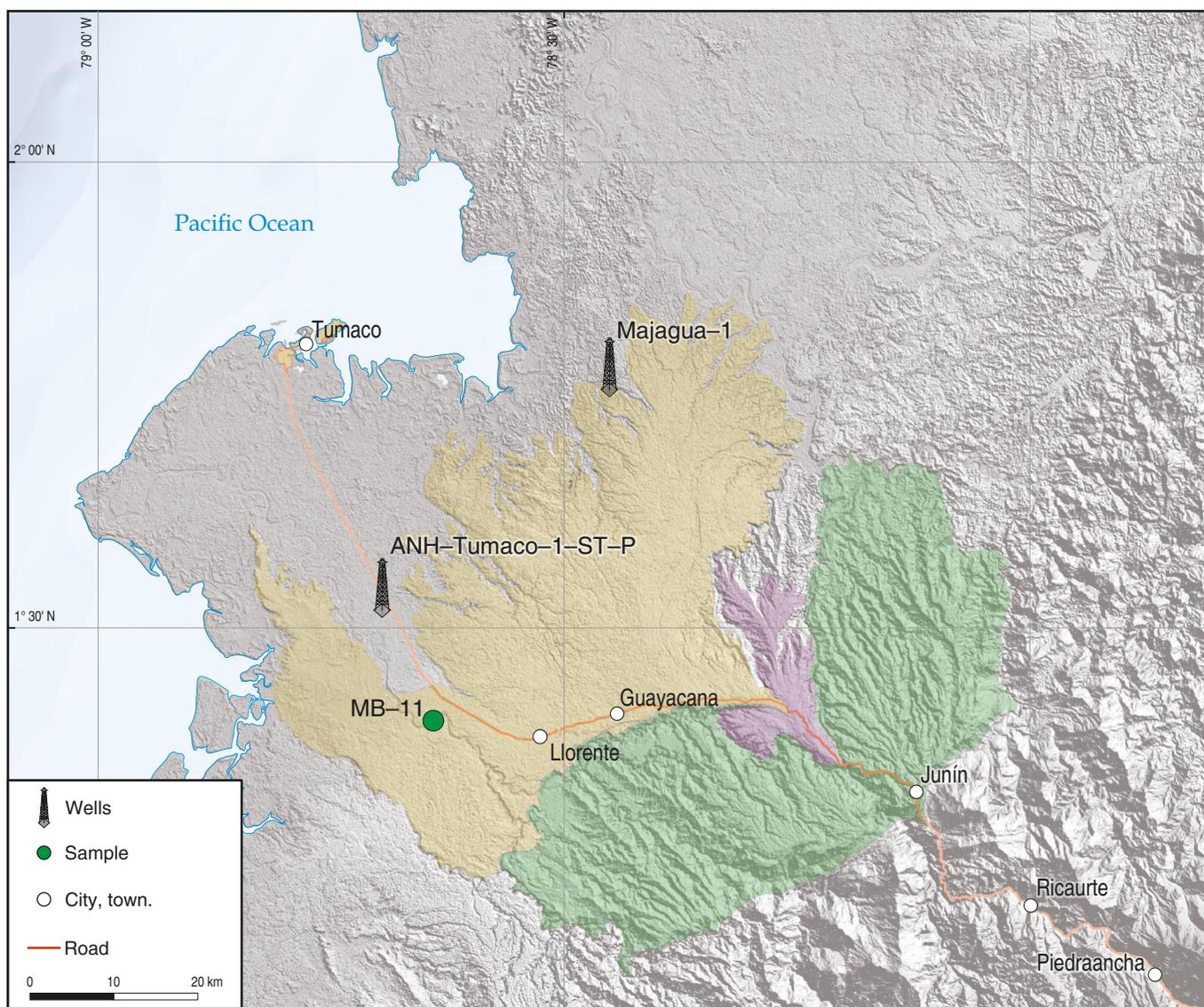


Figura 23. Contraste tipográfico logrado al utilizar dos familias tipográficas (Helvética y Book Antiqua) y dos miembros de la misma familia (Helvética regular y Helvética Narrow). Nótese que, aunque todos los textos tienen el mismo tamaño (10 puntos), se resaltan más los que hacen referencia a las muestras que a las localidades, gracias al contraste tipográfico entre Helvética regular y Helvética narrow, respectivamente. Modificado de Pardo-Trujillo *et al.* (2020).

3.5. Posición de textos

Para que una imagen sea comprensible, su contenido debe ser legible. Esto implica que los textos se deben situar de forma estratégica dentro de la figura. Para ello, se debe garantizar que no se superpongan entre sí y que se ubiquen de tal forma que siempre se lean de izquierda a derecha, sin importar la orientación que tengan. Pues esta es la forma intrínseca de lectura en la mayoría de los idiomas.

Siguiendo los principios de ubicación y orientación, se tienen algunas posiciones preferentes cuando se requiere situar un texto que hace referencia a un punto específico. Las posiciones superiores son mejores que las inferiores y las posiciones a la derecha se prefieren sobre las posiciones a la izquierda y a su

vez a las de la parte central con relación a un punto (Figura 25a). Es importante resaltar que los textos que hacen referencia a estructuras que tienen orientaciones, también, tienen una forma preferible para escribirse y así garantizar que se puedan leer fácilmente. Esas posiciones son básicamente donde el texto se oriente igual que la estructura y que se escriba de izquierda a derecha o de abajo hacia arriba (Figura 25b), tal y como lo recomienda Ruiz (1986).

En los casos donde los textos queden situados sobre líneas o sobre texturas rugosas que impidan una fácil lectura, se pueden utilizar halos, los cuales sirven de fondo para dar legibilidad al texto. Estos halos pueden ser del mismo color del fondo cuando el polígono de base tiene un solo color. También, pueden ser blancos, cuando el texto está sobre varios polígonos de distintos

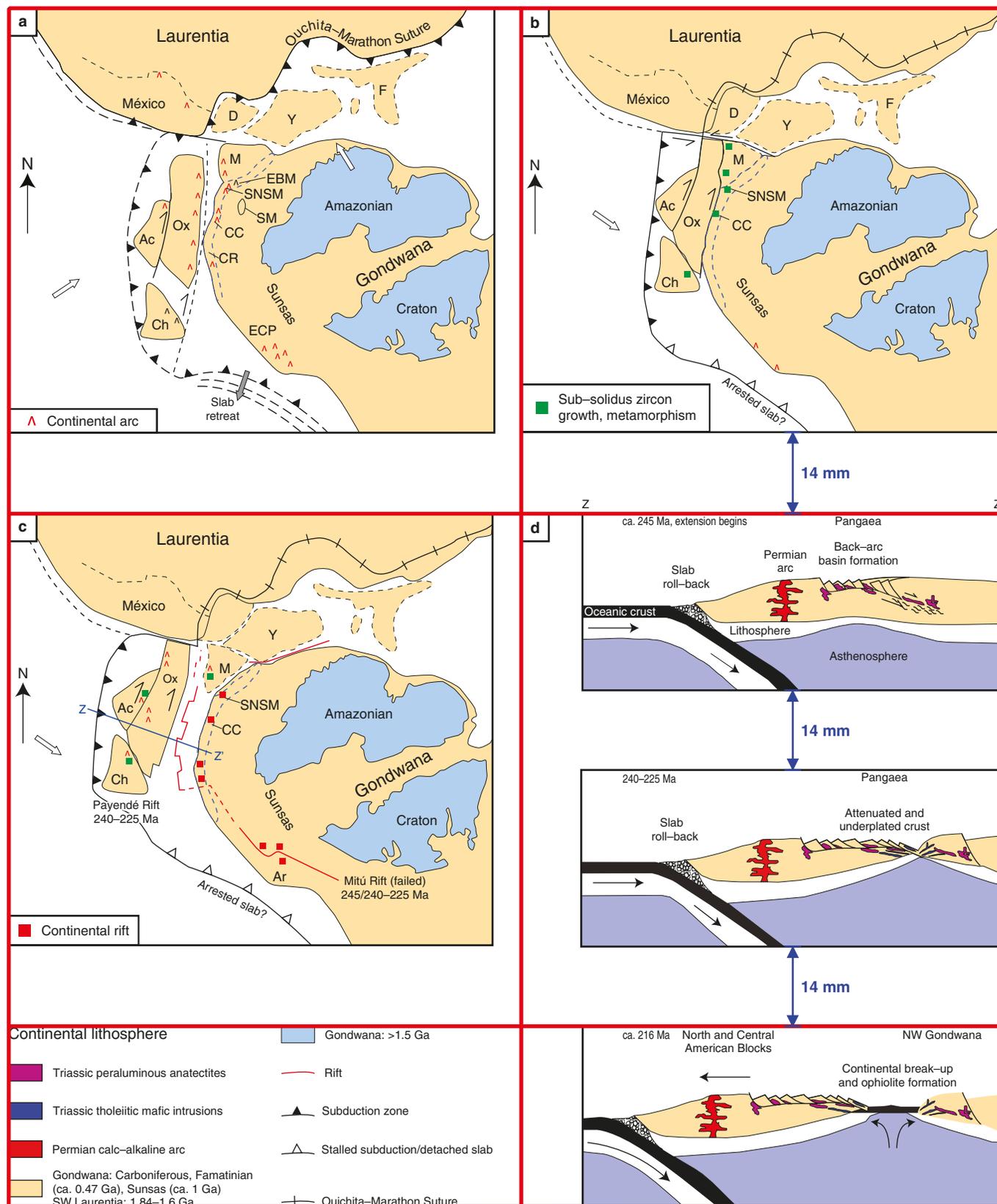


Figura 24. Ejemplo de distribución en una figura para mantener el orden interno. Modificado de Spikings & Paul (2019). En la figura se distribuyeron los elementos de forma proporcional. Los textos en los polígonos están centrados en la vertical y horizontal. (a) y (b) tienen la misma altura. Los tres cortes en (d) tienen el mismo tamaño y están justificados en la vertical. Los elementos en las convenciones tienen el mismo alto que el corte inferior en (d).

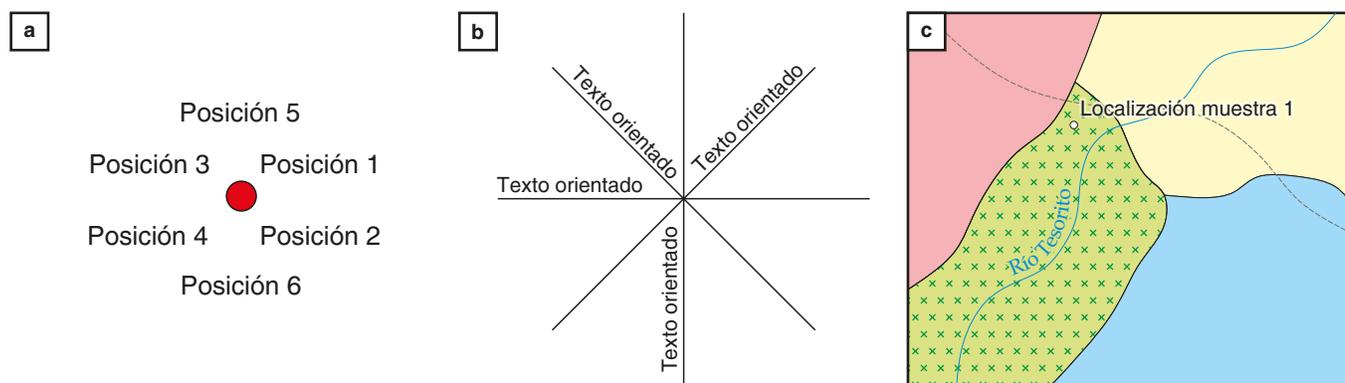


Figura 25. (a) Posición preferible de los textos cuando se refieren a un punto específico. **(b)** Posición de los textos en estructuras orientadas. **(c)** Uso de halos para los textos cuando el fondo impide su lectura.

colores. Además, darle un toque de transparencia al halo, entre 40–60 %, ayuda a que se matice mejor con el fondo y no cause ruido en la figura (Figura 25c).

4. Aplicación

Con el fin de mostrar la aplicación de la pauta para la correcta elaboración de figuras técnicas, se presentan cuatro ejemplos donde se muestra el resultado final de aplicar la guía detallada en el punto anterior. Estos son ejemplos reales del antes y el después de algunas figuras de la obra TGC. La pauta no solo se utilizó para homogenizar el contenido gráfico del libro, sino también para mejorar la calidad de las figuras. En los ejemplos se aprecia como el uso adecuado del color, grosor, contraste, tipografía, orden y el concepto de peso visual ayuda a mejorar la salida gráfica de una figura, elevando su calidad y aportando a que la lectura y el entendimiento del usuario sea mayor.

La Figura 26 presenta el uso correcto del tamaño de letra y del contraste de colores y tipografía, ya que en la figura original (Figura 26a) los textos más importantes no resaltan por su tamaño y no son legibles debido a la falta de contraste de color entre ellos y el fondo. Esto se corrige en la figura editada (Figura 26b) reduciendo el tamaño de letra de los textos secundarios y aumentando el contraste entre el fondo y los textos principales.

La Figura 27 muestra el buen uso de los principios de peso visual, el orden, el equilibrio, la posición de los textos y el grosor. En la figura original (Figura 27a) resaltan elementos que generan ruido, porque tienen alto grosor respecto a los demás, lo que hace que la observación de la figura sea muy pesada; también, hay textos que no se pueden leer porque están cubiertos por otros elementos, y esto hace que la información no sea completa. En la figura editada (Figura 27b) se corrige el ruido reduciendo el grosor de los elementos y eliminando los que sobran; también, se corrige la posición de los textos para que todos sean visibles y se ordena la leyenda para que sea más fácil de leer.

La Figura 28 es un buen ejemplo del uso del color, de las texturas de relleno de polígonos y de la posición de puntos. En la figura original (Figura 28a) se utilizan texturas rugosas para representar unidades geológicas de las que no se habla en el artículo. También, se encuentran textos que se refieren a localidades que no están marcadas en el mapa con un punto de localización. En la figura editada (Figura 28b) se utiliza color uniforme en todos los polígonos y se resaltan con textura solo los polígonos que hacen parte de una de las unidades geológicas de interés, también se sitúa el punto de ubicación de todas las localidades para completar la información.

La Figura 29 presenta el uso de color, orden y posición de textos. En la figura original (Figura 29a), el bloque diagrama no se encuentra coloreado y los textos de los datos de las muestras se superponen dificultando la lectura. En la figura editada (Figura 29b) se da color al bloque diagrama para que sea más fácil de entender. También, se mejora la distribución de las gráficas y sus textos asociados para que no se traslapen y se puedan leer. De la misma manera, se horizontalizan los textos del diagrama para no verticalizar la lectura y hacerla más intuitiva. Los textos en posición horizontal son más fáciles de leer que los que están en posición vertical.

5. Recomendaciones finales

1. No se recomienda el uso de mayúsculas sostenidas en los textos contenidos dentro de las figuras. La mayúscula sostenida da mayor peso visual o destaca el texto sobre el resto de elementos.
2. Una figura en la que se presenten las coordenadas geográficas no necesita contener el símbolo o flecha de norte, ya que por sí sola la coordenada indica el norte.
3. Todas las abreviaciones que se usen al interior de la figura deben ser explicadas en la descripción o pie de la figura.
4. Las citas bibliográficas contenidas dentro de una figura o en la descripción de la figura se deben incluir en la sección de referencias bibliográficas.

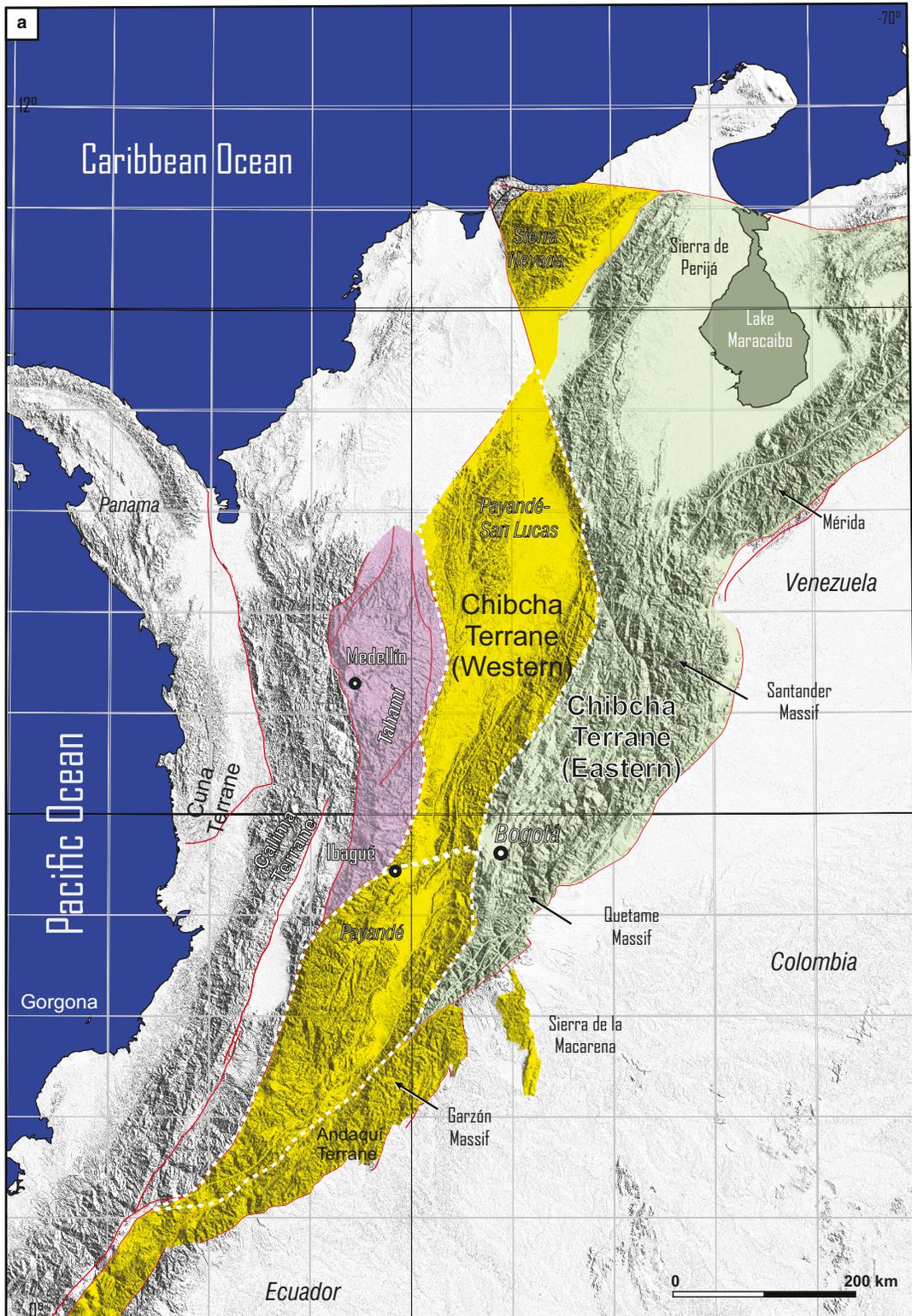
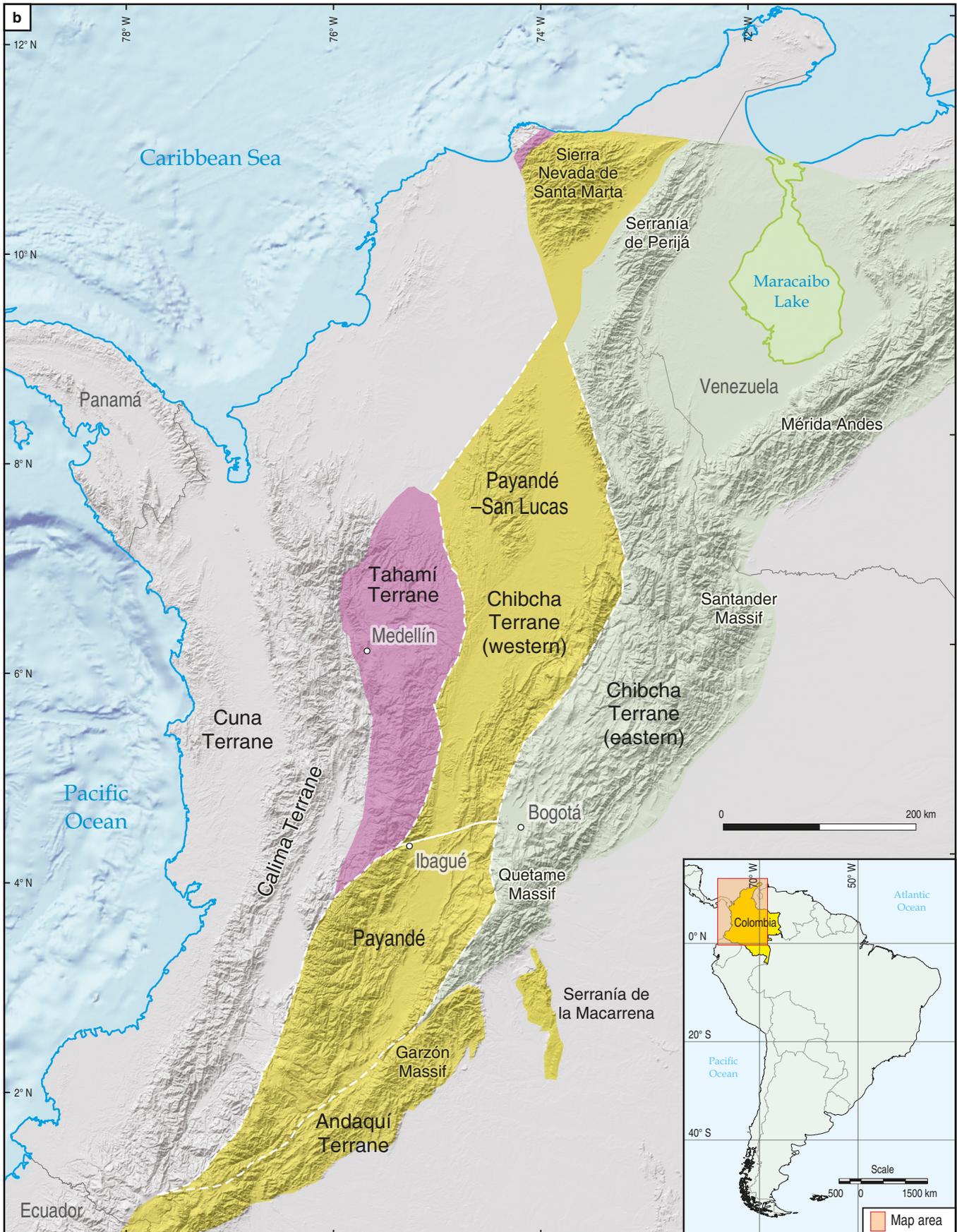


Figura 26. (a) Ejemplo del uso de tamaño de letra y contraste tipográfico y de color. Tomado de Moreno-Sánchez et al. (2020). Figura original.

Figura 26. (b) Ejemplo del uso de tamaño de letra y contraste tipográfico y de color. Tomado de Moreno-Sánchez et al. (2020). Figura editada con la guía planteada en este artículo. Una de las cosas que se hizo para hacerla más legible fue ponerle una capa blanca con 50 % de transparencia a la imagen de relieve sombreado para bajar la intensidad del gris. De esta forma se aprecian mejor los elementos que están encima de la imagen de relieve sombreado. *Continuación.*



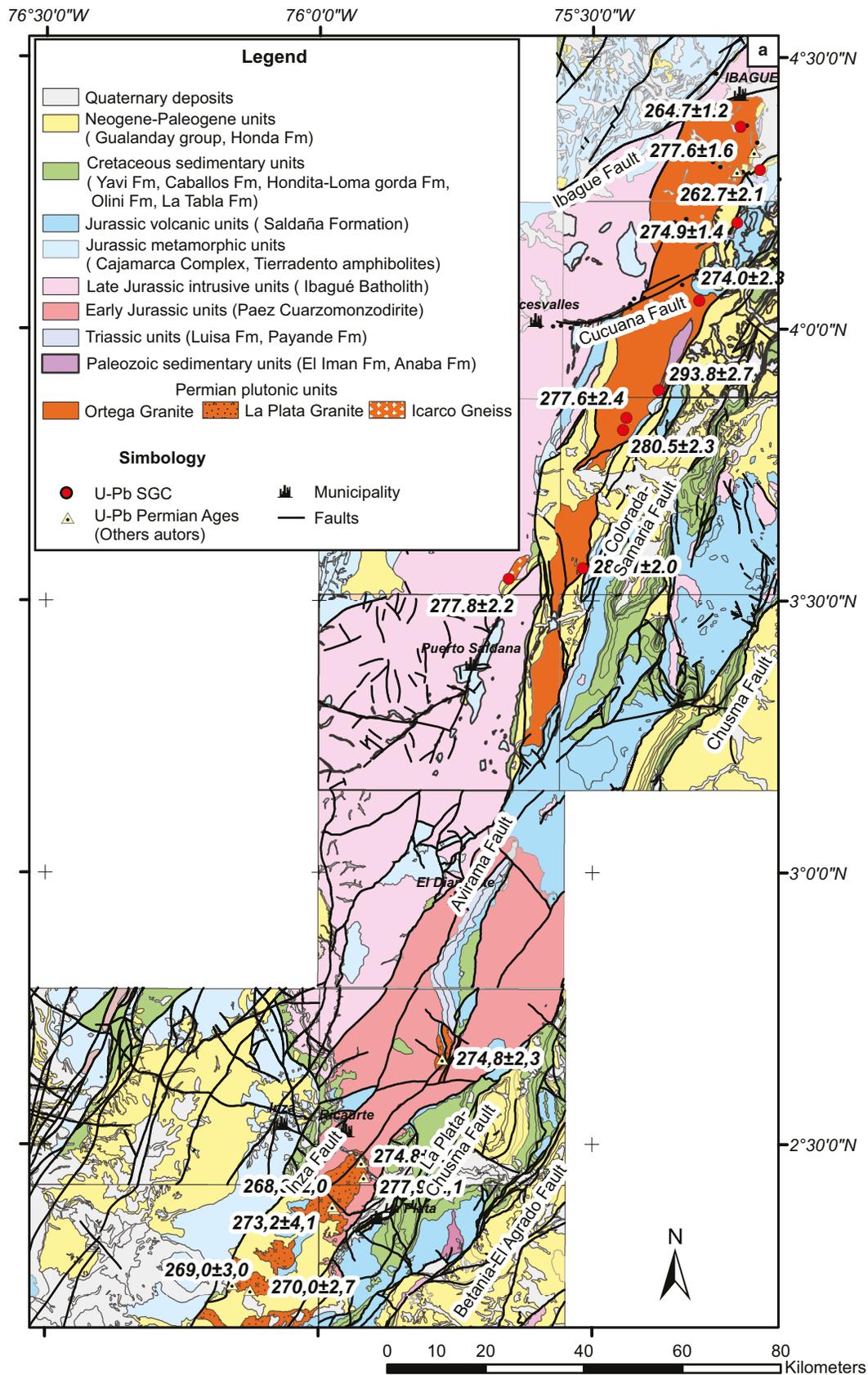


Figura 27. (a) Ejemplo del uso correcto del peso visual, posición de textos y orden. Figura original suministrada por los autores. Tomado de Rodríguez-García et al. (2019).

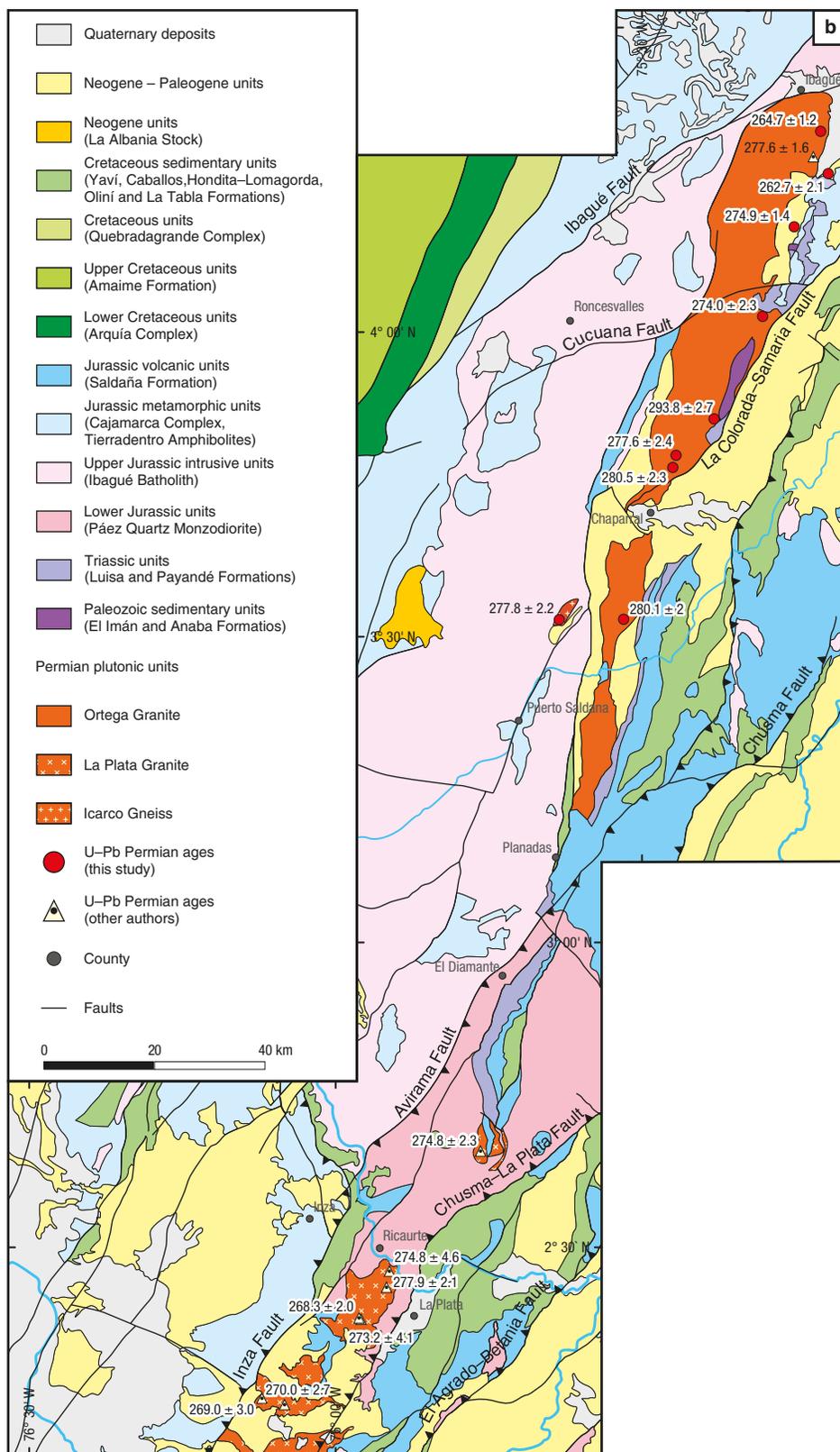


Figura 27. (b) Ejemplo del uso correcto del peso visual, posición de textos y orden. Figura editada con la metodología planteada en este artículo. Destáquese el trabajo que se hizo generalizando las fallas y bajando su grosor. Asimismo, se armonizó la información que en los límites de las planchas no coincidía (límites de las unidades geológicas). También, se fundieron los polígonos que tenían una misma edad. Tomado de Rodríguez-García *et al.* (2019). *Continuación.*

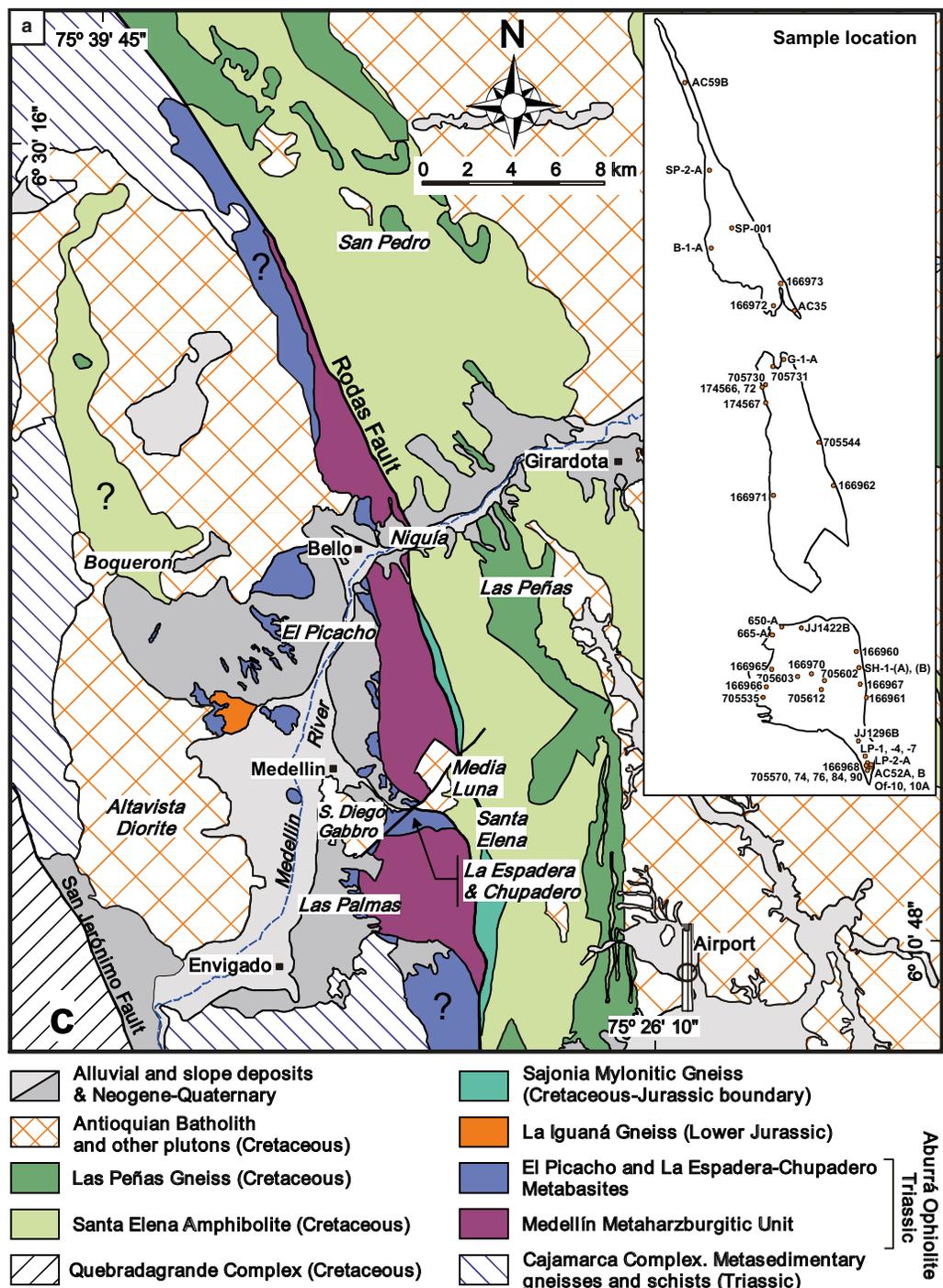


Figura 28. (a) Ejemplo del uso de color, texturas de relleno y posición de puntos. Tomado de García-Casco et al. (2020). Figura original.

5. Las figuras, al igual que los textos, deben pasar por corrección de estilo. La revisión y corrección de errores de estilo, ortográficos, gramaticales y tipográficos garantiza figuras de mayor calidad.
6. Las figuras en las que se quiera representar la dimensión o medida de un objeto real deben contener una escala gráfica que permita relacionar la medida en la figura vs. la realidad.
7. Todos los elementos de una columna estratigráfica deben tener una convención que indique lo que representan.
8. Los colores y formas de los elementos contenidos en la leyenda de una figura deben coincidir con los que contiene la figura. Además, todos los símbolos utilizados en la figura deben explicarse en la leyenda.
9. Se debe mantener la misma codificación de color (CMYK, RGB, etc.) en todos los elementos dentro de una figura,

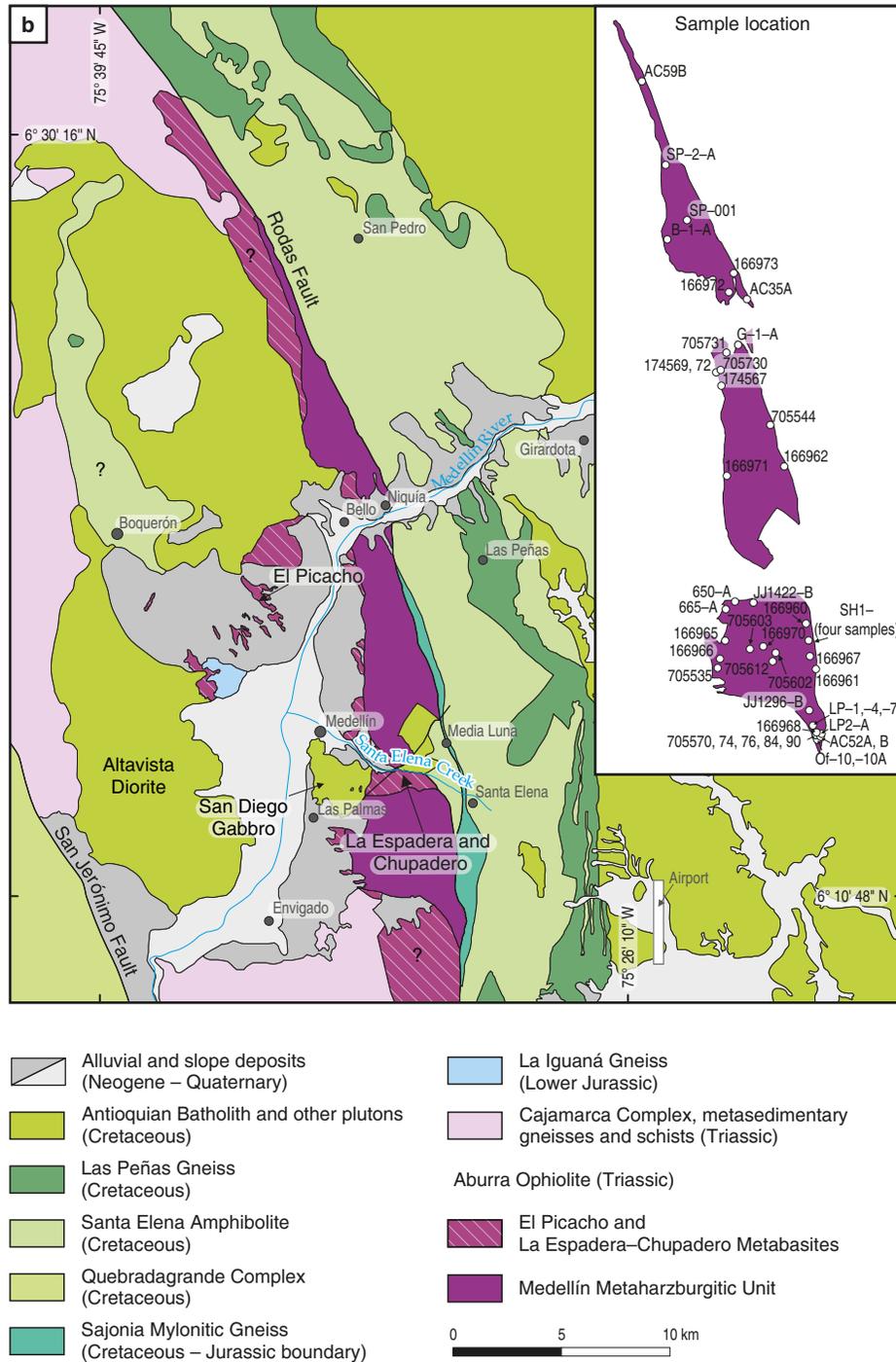


Figura 28. (b) Ejemplo del uso de color, texturas de relleno y posición de puntos. Tomado de García-Casco *et al.* (2020). Figura editada con la metodología planteada en este artículo. Nótese el peso que tiene el Batolito Antioqueño en la izquierda al tener tramado de rombos anaranjados cuando el objeto de estudio y, por ende, el elemento a destacar es la unidad Metaharzburgítica de Medellín. A la derecha, el color sólido verde pastel hace que el Batolito Antioqueño ya no destaque. *Continuación.*

para garantizar que no se cambien los tonos usados cuando se exporte la figura y se igualen automáticamente los esquemas de color.

10. Al exportar una figura que se realizó en un programa de diseño en varias capas de dibujo se debe verificar que todas

las capas estén activas antes de exportar para garantizar que la figura quede completa.

11. Una vez culminada una figura, se recomienda hacer la revisión final en papel y al tamaño en el que se realizó para verificar la legibilidad de los elementos.

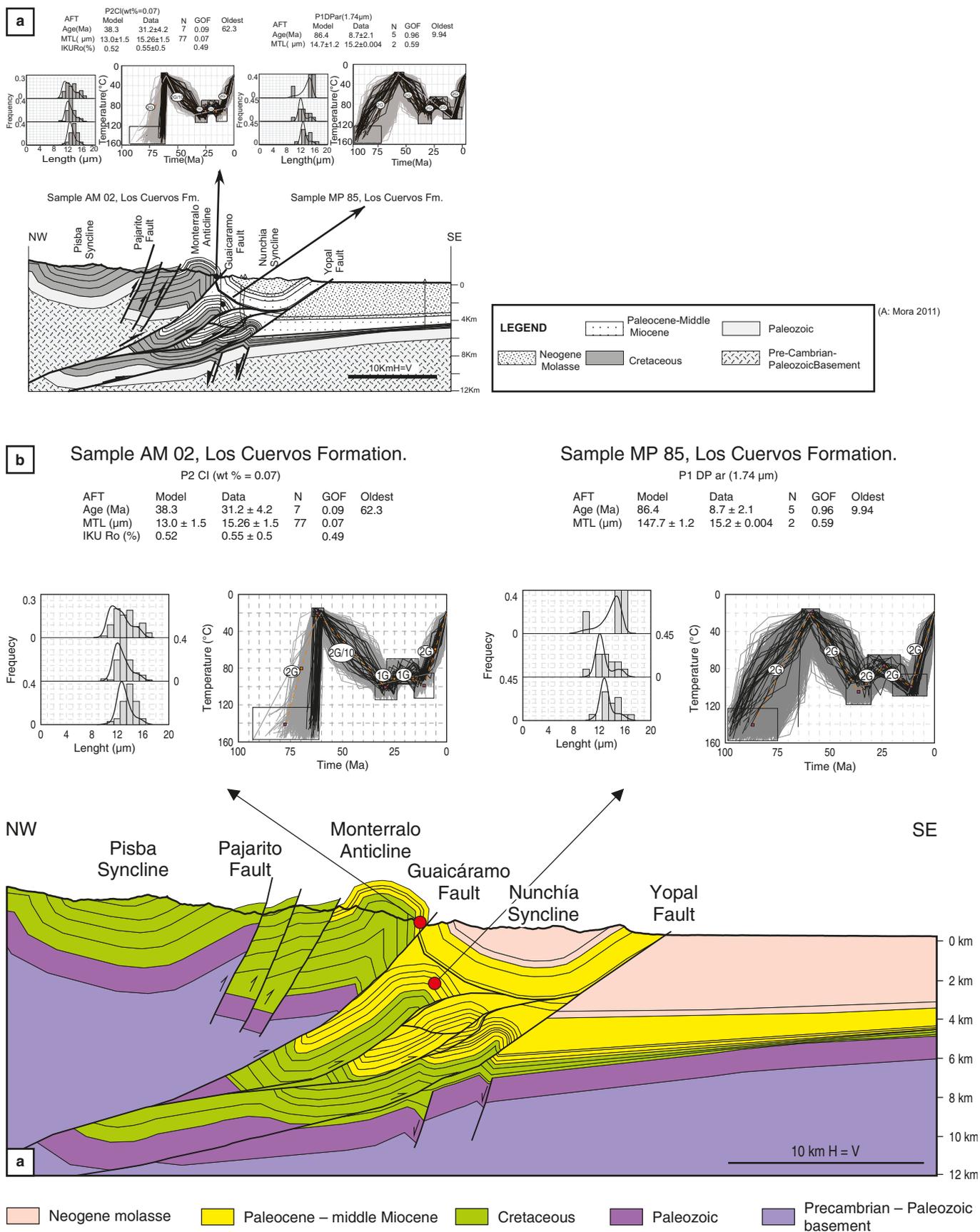


Figura 29. Ejemplo del uso correcto de color y distribución de gráficas y textos. Tomado de Mora et al. (2020). **(a)** Figura original. **(b)** Figura editada con la metodología planteada en este artículo.

12. Se recomienda usar imágenes ráster solo como capas base para mostrar cualidades o propiedades del terreno. Las capas que se sobrepone se deben digitalizar para asegurar mayor calidad.

6. Conclusiones

1. Las figuras, junto con las tablas, son la forma más rápida de comunicar grandes cantidades de información en artículos científicos. Son el elemento principal que atrae a un lector. De allí la necesidad de producirlas con calidad en contenido y presentación. La guía que se desarrolla en este artículo permite alcanzar esta cualidad.
2. Siempre que se haga una figura se debe dar mayor peso visual a la temática principal y menor peso visual a los temas secundarios, así se logra destacar la información primordial.
3. La jerarquía visual es una metodología efectiva para diseñar y editar figuras, ya que sirve como guía para resaltar los elementos principales y las ideas primarias que se quieren comunicar.
4. La calidad gráfica de una figura depende tanto de la calidad de los elementos que la conforman como de la resolución y el formato en que se exporta. Por esto, es importante tener en cuenta todos los detalles, para definir de manera acertada los formatos de salida de una figura.
5. Seguir patrones estéticos de equilibrio y orden en las figuras ayuda a que el lector reciba de forma más sencilla y apropiada el mensaje que se quiere transmitir a través de una figura.

Agradecimientos

Agradecemos al Servicio Geológico Colombiano por la financiación del libro *Consejos de escritura y edición de artículos científicos*.

Referencias

Alcárcel, F.A. & Gómez, J., compiladores. 2019. Mapa Geológico Colombiano. 2019. Escala 1:2M. Servicio Geológico Colombiano. Bogotá.

Barrientos–Mora, J. 2015. Una concisa clasificación del material tipográfico para el diseñador gráfico. *Didac*, 66: 67–72.

Bustacara–Medina, C.E. & Restrepo–Palacios, A. 1998. La teoría de color de Hering: Una posibilidad en procesamiento de imágenes y visión artificial. *Ingeniería y Universidad*, 2(1): 43–51.

Cortés–Jiménez, G.P. 2020. Holocene lahar deposits associated with the eruptive activity of Cerro Machín Volcano, Colombia: Impact on landscape and associated potential hazard. En: Gómez,

J. & Pinilla–Pachon, A.O. (editores), *The Geology of Colombia*, Volume 4 Quaternary. Servicio Geológico Colombiano, Publicaciones Geológicas Especiales 38, p. 297–331. Bogotá. <https://doi.org/10.32685/pub.esp.38.2019.08>

Cramer, F., Shephard, G.E. & Heron, P.J. 2020. The misuse of colour in science communication. *Nature Communications*, 11: 5444. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-19160-7>

Dondis, D.A. 2017. La sintaxis de la imagen. Introducción al alfabeto visual, 2.º edición. Gustavo Gili. 240 p. Barcelona, España.

Edwards, B. 2006. El color: Un método para dominar el arte de combinar los colores. Urano, 220 p. Barcelona, España.

Frascara, J. 2000. Diseño gráfico y comunicación, 7.º edición. Infinito, 128 p. Buenos Aires, Argentina.

García–Casco, A., Restrepo, J.J., Correa–Martínez, A.M., Blanco–Quintero, I.F., Proenza, J.A., Weber, M. & Butjosa, L. 2020. The petrologic nature of the “Medellín Dunite” revisited: An algebraic approach and proposal of a new definition of the geological body. En: Gómez, J. & Pinilla–Pachon, A.O. (editores), *The Geology of Colombia*, Volume 2 Mesozoic. Servicio Geológico Colombiano, Publicaciones Geológicas Especiales 36, p. 45–75. Bogotá. <https://doi.org/10.32685/pub.esp.36.2019.02>

Gómez, J. & Almanza, M.F., editores. 2015. *Compilando la geología de Colombia: Una visión a 2015*. Servicio Geológico Colombiano, Publicaciones Geológicas Especiales 33, 401 p. Bogotá.

Gómez, J., Montes, N.E., Nivia, A. & Diederix, H., compiladores. 2015. Mapa Geológico de Colombia 2015. Escala 1:1 000 000. Servicio Geológico Colombiano, 2 hojas. Bogotá. <https://doi.org/10.32685/10.143.2015.935>

Gómez, J., Montes, N.E. & Marín, E., compiladores. 2023. Mapa Geológico de Colombia 2023. Escala 1:1 500 000. Servicio Geológico Colombiano. Bogotá.

Gómez, J., Núñez–Tello, A., Mateus–Zabala, D., Alcárcel–Gutiérrez, F.A., Lasso–Muñoz, R.M., Marín–Rincón, E. & Marroquín–Gómez, M.P. 2020. Physiographic and geological setting of the Colombian territory. En: Gómez, J. & Mateus–Zabala, D. (editores), *The Geology of Colombia*, Volume 1 Proterozoic – Paleozoic. Servicio Geológico Colombiano, Publicaciones Geológicas Especiales 35, p. 1–16. Bogotá. <https://doi.org/10.32685/pub.esp.35.2019.01>

Gómez, J., Schobbenhaus, C. & Montes, N.E., compiladores. 2019. Geological Map of South America 2019. Escala 1:5 000 000. Commission for the Geological Map of the World (CGMW), Servicio Geológico Colombiano, y Servicio Geológico de Brasil. París. <https://doi.org/10.32685/10.143.2019.929>

Hutton, J. 1795. *Theory of the Earth, with proofs and illustrations*, volume 1. Cadell, Jr. & Davies, W–Creech, W., 620 p. Londres–Edimburgo, Reino Unido.

Ibañez–Mejía, M. 2020. The Putumayo Orogen of Amazonia: A synthesis. En: Gómez, J. & Mateus–Zabala, D. (editores), *The*

- Geology of Colombia, Volume 1 Proterozoic – Paleozoic. Servicio Geológico Colombiano, Publicaciones Geológicas Especiales 35, p. 101–131. Bogotá. <https://doi.org/10.32685/pub.esp.35.2019.06>
- Ibañez–Mejía, M. & Cordani, U.G. 2020. Zircon U–Pb geochronology and Hf–Nd–O isotope geochemistry of the Paleo– to Mesoproterozoic basement in the westernmost Guiana Shield. En: Gómez, J. & Mateus–Zabala, D. (editores), The Geology of Colombia, Volume 1 Proterozoic – Paleozoic. Servicio Geológico Colombiano, Publicaciones Geológicas Especiales 35, p. 65–90. Bogotá. <https://doi.org/10.32685/pub.esp.35.2019.04>
- López–Isaza, J.A. & Zuluaga, C.A. 2020. Late Triassic to Jurassic magmatism in Colombia: Implications for the evolution of the northern margin of South America. En: Gómez, J. & Pinilla–Pachon, A.O. (editores), The Geology of Colombia, Volume 2 Mesozoic. Servicio Geológico Colombiano, Publicaciones Geológicas Especiales 36, p. 77–116. Bogotá. <https://doi.org/10.32685/pub.esp.36.2019.03>
- López–López, A.M. 2014. Curso diseño gráfico, fundamentos y técnicas. Anaya Multimedia, 288 p. Madrid, España
- López, M.C. & Toro–Toro, L.M. 2020. Stratigraphy and tectonics of the Neogene and Quaternary of the Cauca Basin of Colombia. En: Gómez, J. & Pinilla–Pachon, A.O. (editores), The Geology of Colombia, Volume 4 Quaternary. Servicio Geológico Colombiano, Publicaciones Geológicas Especiales 38, p. 1–41. Bogotá. <https://doi.org/10.32685/pub.esp.38.2019.01>
- Mollica, P. 2018. Special Subjects: Basic Color Theory: An introduction to color for beginning artists. Walter Foster Publishing, 40 p. Beverly, MA, EE. UU.
- Mora, A., Tesón, E., Martínez, J., Parra, M., Lasso, Á., Horton, B.K., Ketcham, R.A., Velásquez, A. & Arias–Martínez, J.P. 2020. The Eastern Foothills of Colombia. En: Gómez, J. & Mateus–Zabala, D. (editores), The Geology of Colombia, Volume 3 Paleogene – Neogene. Servicio Geológico Colombiano, Publicaciones Geológicas Especiales 37, p. 123–142. Bogotá. <https://doi.org/10.32685/pub.esp.37.2019.05>
- Moreno–Sánchez, M., Gómez–Cruz, A. & Buitrago–Hincapié, J. 2020. Paleozoic of Colombian Andes: New paleontological data and regional stratigraphic review. En: Gómez, J. & Mateus–Zabala, D. (editores), The Geology of Colombia, Volume 1 Proterozoic – Paleozoic. Servicio Geológico Colombiano, Publicaciones Geológicas Especiales 35, p. 167–203. Bogotá. <https://doi.org/10.32685/pub.esp.35.2019.09>
- Nature. S. f. Formatting guide. Consultado el 20 de septiembre de 2023, de <https://www.nature.com/nature/for-authors/formatting-guide>
- Organización Internacional de Normalización (OIN). 2001. Graphic technology, prepress digital data exchange, use of PDF. Norma ISO 15930–1:2001. 4 p. <https://www.iso.org/standard/29061.html>
- Pardo–Trujillo, A., Echeverri, S., Borrero, C., Arenas, A., Vallejo, F., Trejos, R., Plata, Á., Flores, J.A., Cardona, A., Restrepo, S., Barbosa, Á., Murcia, H., Giraldo, C., Celis, S., & López, S.A. 2020. Cenozoic geologic evolution of the southern Tumaco Forearc Basin (SW Colombian Pacific). En: Gómez, J. & Mateus–Zabala, D. (editores), The Geology of Colombia, Volume 3 Paleogene – Neogene. Servicio Geológico Colombiano, Publicaciones Geológicas Especiales 37, p. 215–247. Bogotá. <https://doi.org/10.32685/pub.esp.37.2019.08>
- Rocchini, D., Nowosad, J., D’Introno, R., Chieffallo, L., Bacaro, G., Cazzolla Gatti, R., Foody, G.M., Furrer, R., Gábor, L., Malavasi, M., Marcantonio, M., Marchetto, E., Moudrý, V., Ricotta, C., Símová, P., Torresani, M. & Thouverai, E. 2023. Scientific maps should reach everyone: The cblindplot R package to let colour blind people visualise spatial patterns. Ecological Informatics, 76: 102045. <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2023.102045>
- Rodríguez–García, G., Correa–Martínez, A.M., Zapata–Villada, J.P. & Obando–Erazo, G. 2019. Fragments of a Permian arc on the western margin of the Neoproterozoic basement of Colombia. In: Gómez, J. & Mateus–Zabala, D. (editors), The Geology of Colombia, Volume 1 Proterozoic – Paleozoic. Servicio Geológico Colombiano, Publicaciones Geológicas Especiales 35, p. 205–239. Bogotá. <https://doi.org/10.32685/pub.esp.35.2019.10>
- Rodríguez–García, G., Correa–Martínez, A.M., Zapata–García, G., Arango–Mejía, M.I., Obando–Erazo, G., Zapata–Villada, J.P. & Bermúdez, J.G. 2020. Diverse Jurassic magmatic arcs of the Colombian Andes: Constraints from petrography, geochronology, and geochemistry. En: Gómez, J. & Pinilla–Pachon, A.O. (editores), The Geology of Colombia, Volume 2 Mesozoic. Servicio Geológico Colombiano, Publicaciones Geológicas Especiales 36, p. 117–170. Bogotá. <https://doi.org/10.32685/pub.esp.36.2019.04>
- Ruiz, J.C. 1986. Guías para el dibujo de mapas geológicos. Ingeominas. Informe inédito, 20 p. Bogotá.
- Spikings, R. & Paul, A. 2019. The Permian – Triassic history of magmatic rocks of the northern Andes (Colombia and Ecuador): Supercontinent assembly and disassembly. En: Gómez, J. & Pinilla–Pachon, A.O. (editores), The Geology of Colombia, Volume 2 Mesozoic. Servicio Geológico Colombiano, Publicaciones Geológicas Especiales 36, p. 1–43. Bogotá. <https://doi.org/10.32685/pub.esp.36.2019.01>
- Wolf, P.J. 2010. Graphic design, translated: A visual directory of terms for global design. Rockport Publishers, 434 p. Beverly, MA, EE. UU.
- Wong, W. 1999. Principios del diseño en color, 2.º edición. Gustavo Gili, 212 p. Barcelona, España.
- Wong, W. 2014. Fundamentos del diseño. Gustavo Gili, 351 p. Barcelona, España.

Explicación de acrónimos, abreviaturas y símbolos

AI	Adobe Illustrator Artwork
CDR	CorelDRAW
CMYK	Cyan, Magenta, Yellow, Black
DPI	<i>Dots per inch</i>
EPS	Encapsulated PostScript
EMF	Enhanced Metafile
JPG	Joint Photographic Experts Group
PDF	Portable Document Format
PNG	Portable Network Graphics
PPI	<i>Pixels per inch</i>
RGB	Red, Green, Blue
TGC	<i>The Geology of Colombia</i>
TIFF	Tag Image File Format
