LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA APLICADOS A LA INGENIERÍA

TEORÍA Y PRÁCTICA CON ARCGIS PRO

VÍCTOR GUILLERMO FLORES RODRÍGUEZ



El libro del Dr. Víctor Guillermo Flores Rodríguez publicado por la Universidad de Guanajuato, México, es un manual didáctico que combina teoría y práctica sobre Sistemas de Información Geográfica (SIG) aplicados a la ingeniería, usando ArcGIS Pro como herramienta central.

Se organiza en siete capítulos: los primeros cuatro sientan las bases conceptuales —qué son los SIG, sistemas de coordenadas y datums, principios de visualización cartográfica, y la estructura de ArcGIS Pro— mientras que los tres restantes ofrecen una progresión práctica de ejercicios: creación y edición de capas vectoriales, diseño de mapas, geoprocesamiento (buffer, intersección, disolución), georreferenciación de ráster, interpolación, modelos digitales de elevación, análisis de cuencas, procesamiento de imágenes satelitales (Landsat, Sentinel-2, NDVI) y generación de gráficos.

El libro está dirigido a estudiantes y profesionales hispanohablantes, busca cubrir la escasez de materiales en español sobre este software comercial, fomentando un aprendizaje activo mediante casos aplicados a problemas reales de ingeniería.

LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA APLICADOS A LA INGENIERÍA TEORÍA Y PRÁCTICA CON *ArcGIS Pro*

LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA APLICADOS A LA INGENIERÍA TEORÍA Y PRÁCTICA CON *ArcGIS Pro*

Víctor Guillermo Flores Rodríguez

UNIVERSIDAD DE GUANAJUATO

Ediciones Universitarias

Los sistemas de información geográfica aplicados a la ingeniería. Teoría y práctica con ArcGIS Pro.

Primera edición digital, 2026.

Producción:

D. R. © Universidad de Guanajuato.

Lascuráin de Retana núm. 5, Centro

Guanajuato, Gto., México

C. P. 36000

Corrección y formación:

Editorial Transdigital.

Circuito Altos Juriquilla 1132,

Querétaro, México.

www.editorial.transdigital.mx

editorial@transdigital.mx

Diseño de portada: Alejandro Márquez Rodríguez.

Esta obra fue sometida a un proceso de dictaminación
a doble ciego por especialistas en la materia.

Se permite descargar la obra y compartirla siempre
y cuando se dé crédito de manera adecuada.
No se permite remezclar, transformar o crear a partir
del material, ni usarlo para fines comerciales.



ISBN: 978-607-580-287-9.

Hecho en México.

Made in Mexico.

Contenido

Prefacio 9

Capítulo I.
Introducción a los sistemas de información geográfica 12

1.1. Sistema de información geográfica

1.2. Operaciones de análisis geoespacial

1.3. Infraestructura de datos espaciales

1.4. Ámbito de aplicaciones de los SIG

Capítulo II
Sistema de coordenadas 20

2.1. Sistema geográfico

2.2. Sistema de coordenadas geográficas para México

Capítulo III
Visualización y representación de datos espaciales 32

3.1. Las variables visuales

3.2. La percepción visual

3.3. El mapa y la comunicación cartográfica

Capítulo IV
ArcGIS Pro 38

4.1. Estructura de la aplicación *ArcGIS Pro*

4.2. Capas geográficas

4.3. Características de un SIG

4.4. Representaciones fundamentales de capas de información geográfica

4.5. Formato shapefile

Capítulo V
Ejercicios básicos en *ArcGIS Pro* 54

Práctica 1. Primeros pasos en *ArcGIS Pro*

Práctica 2. Creación y edición de entidades vectoriales

Práctica 3. Gestión de tablas

Práctica 4. Diseño y publicación de un mapa

Capítulo VI
Ejercicios intermedios en *ArcGIS Pro* 136
Práctica 5. Herramientas de geoprocesamiento
Práctica 6. Georreferenciación de un ráster
Capítulo VII
Ejercicios de análisis espacial en *ArcGIS Pro* 162
Práctica 7. Análisis espacial
Práctica 8. Análisis de imágenes
Práctica 9. Gráficos
Capítulo VIII
Consideraciones finales 228
Referencias 229

Prefacio

La creación de este libro, “Los Sistemas de Información Geográfica Aplicados a la Ingeniería: Teoría y Práctica con *ArcGIS Pro*”, responde a la creciente necesidad de integrar herramientas tecnológicas avanzadas en el ámbito de la ingeniería. El autor, motivado por la importancia crítica de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) en la toma de decisiones informadas, ha diseñado esta obra con el objetivo de ofrecer un recurso accesible y comprensible que permita a los lectores, ya sean estudiantes o profesionales, adquirir habilidades prácticas y teóricas en el uso de *ArcGIS Pro*. Al concluir esta lectura, los lectores no solo dominarán los conceptos fundamentales de los SIG, sino que también estarán capacitados para aplicarlos en situaciones reales, mejorando así su capacidad para abordar desafíos complejos en sus campos de especialización.

Por otra parte, este texto ha sido concebido con una estructura flexible que permite a los lectores abordar las prácticas según sus necesidades individuales. Aunque se sugiere una lectura secuencial para aquellos que se inician en el tema, cada capítulo y ejercicio está diseñado para ser consultado de manera independiente. Esta característica permite que los profesionales experimentados se enfoquen en áreas específicas que requieran actualización o profundización, mientras que los principiantes pueden seguir un camino más estructurado. De este modo, el libro se adapta a diferentes niveles de experiencia y conocimiento, facilitando un aprendizaje personalizado.

Asimismo, el enfoque didáctico adoptado en esta obra se centra en la resolución de problemas, una estrategia pedagógica que fomenta un aprendizaje activo y significativo. Cada capítulo incluye ejercicios prácticos que desafían al lector a aplicar los conceptos aprendidos en situaciones del mundo real, promoviendo así un entendimiento más profundo y duradero. Esta intención didáctica está alineada con enfoques contemporáneos en educación que valoran la aplicación práctica del conocimiento como esencial para el desarrollo profesional. A través de ejemplos concretos y casos de estudio relevantes, se busca no solo enseñar sobre los SIG, sino también capacitar a los lectores para pensar críticamente y resolver problemas complejos utilizando estas herramientas.

En conclusión, este libro no es solo un recurso técnico; es una guía integral diseñada para empoderar a los lectores en su camino hacia el dominio de los SIG. Por su enfoque práctico y flexible, se espera que sea utilizado como un recurso valioso para todos aquellos interesados en aprovechar al máximo el potencial de los SIG en el campo de la ingeniería.

Por otra parte, la elaboración del libro se justifica por diversos aspectos clave, especialmente si se considera que *ArcGIS Pro* no es un software de acceso gratuito. A continuación, se mencionan algunas de las razones más relevantes que sustentan su creación:

1. Necesidad de recursos didácticos en español. La falta de materiales didácticos accesibles en español sobre *ArcGIS Pro* es un desafío significativo para los educadores y estudiantes hispanohablantes. El libro proporciona un recurso valioso que facilita el aprendizaje y la enseñanza, permitiendo que más personas puedan acceder a la formación en SIG sin la barrera del idioma.

2. Apoyo a la enseñanza de SIG en ingeniería. Los sistemas de información geográfica son herramientas fundamentales en diversas disciplinas de la ingeniería, desde la planificación urbana hasta la gestión ambiental. Este libro ofrece una guía estructurada que combina teoría y práctica, lo que es esencial para preparar a los estudiantes para su aplicación en el mundo real, al proporcionar ejemplos prácticos y casos de estudio, se potencia la comprensión y el uso efectivo del software en contextos ingenieriles.

3. Fomento del aprendizaje activo. El uso de recursos didácticos, como es este libro, promueve un aprendizaje activo y participativo. Los estudiantes pueden interactuar con el contenido, realizar ejercicios prácticos y aplicar lo aprendido a situaciones reales, lo que mejora su comprensión y habilidades en el uso de *ArcGIS Pro*.

4. Adaptación a diferentes estilos de aprendizaje. El libro está diseñado para adaptarse a diversos estilos de aprendizaje, ofreciendo explicaciones teóricas junto con actividades prácticas. Esto permite que los educadores puedan utilizarlo como una herramienta flexible en sus clases, ajustándose a las necesidades específicas de sus estudiantes.

5. Contribución al desarrollo profesional. Proporcionar este tipo de material didáctico no solo beneficia a los estudiantes, sino también a los profesionales en ejercicio que

buscan actualizar sus habilidades en SIG. La formación continua es crucial en campos técnicos como la ingeniería, donde las tecnologías están en constante evolución.

En resumen, aunque *ArcGIS Pro* no sea gratuito, la creación de este libro es una respuesta necesaria a la demanda de recursos educativos accesibles y relevantes para el aprendizaje efectivo de los sistemas de información geográfica en español.

Los datos geográficos necesarios para la elaboración de los ejercicios estipulados en el presente libro[1] se deberán colocar en la computadora en la siguiente ruta: C:\Curso_ArcGisPro.

1 Para obtener la liga de acceso a los ejercicios, favor de contactar al autor a través del correo electrónico: victor@gto.mx.

Capítulo I.
Introducción a los sistemas de información geográfica

1.1. Sistema de información geográfica

Existen diversas propuestas para conceptualizar los Sistemas de Información Geográfica (SIG), recopiladas por varios autores. En general, estas definiciones incluyen los componentes esenciales de un SIG y los tipos de procesos que se pueden llevar a cabo con los datos espaciales. Además, algunas de estas definiciones destacan la importancia de contar con contextos institucionales u organizacionales para su adecuada implementación.

Como base se considera la definición publicada por el Servicio Geológico de los Estados Unidos: “Un sistema de información geográfica es un sistema informático capaz de capturar, almacenar, analizar y mostrar información referenciada geográficamente; es decir, datos identificados según la ubicación. Los profesionales, que trabajan con este tipo de sistemas, también incluyen en la definición el conjunto de procedimientos, el personal operativo y los datos espaciales que entran en el sistema” (U.S. Geological Survey [USGS], 2025).

En la Figura 1 se esquematizan los componentesse esquematiza los componentes funcionales de un SIG, además de las transferencias de datos e información que se presentan entre elloss (Huisman & de By, 2009, p. 32).

Figura 1

Elementos de un SIG



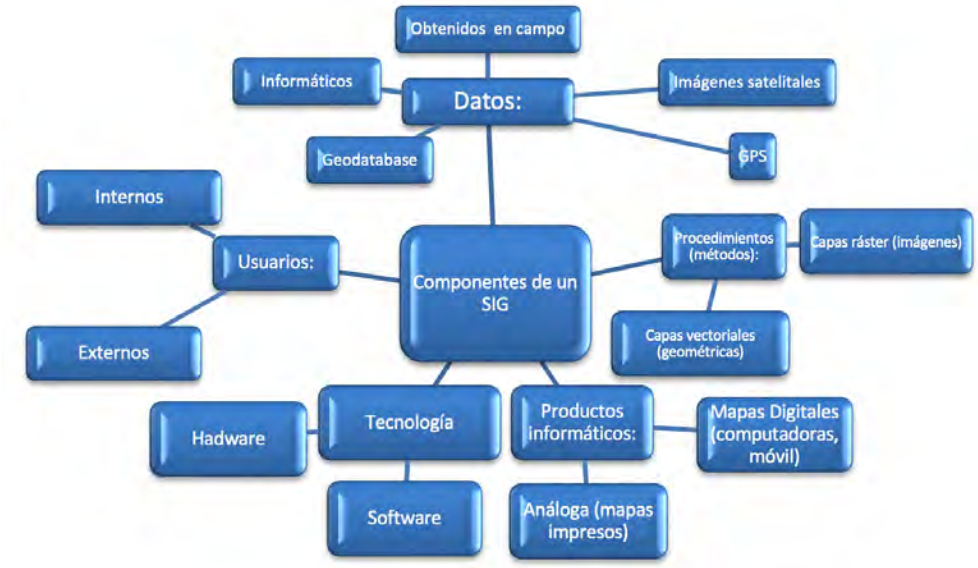
Nota. Adaptada de Huisman y de By (2009, p. 32).

Un SIG es una tecnología versátil que se utiliza en diversos sectores, incluyendo la industria, el gobierno y el ámbito académico. Esta capacidad de aplicación en múltiples contextos lo convierte en una herramienta especialmente valiosa. Por esta razón se requiere de un entendimiento usual de lo que se está hablando cuando se refiere al SIG (Tomlinson, 2007).

Por consiguiente, para entender cómo funciona un SIG es necesario comprender qué es un modelo. La Figura 2 presenta el modelo holístico de un SIG, el cual permite convertir datos geográficos en información que se puede utilizar mediante un análisis y cuyo objetivo es generar los productos informativos necesarios.

Figura 2

Componentes de un Sistema de Información Geográfica



Nota. Tomada de Tomlinson (2007, p. 2).

Para comprender qué es un modelo SIG se definirán algunos de sus componentes principales.

1. **Hardware**. Actualmente, los programas SIG se ejecutan en una gama amplia de computadoras, a partir de servidores e incluso computadoras personales conectadas en red o en forma "desconectado".

2. **Software**. Los softwares SIG proveen tanto funciones como herramientas para recolectar, examinar y desarrollar información geográfica. Sus principales componentes son:

- Acceso y manejo de la información geográfica.
- Sistema de manipulación en una base de datos (DBMS).
- Búsquedas geográficas, análisis y visualización.
- Interfaz gráfica para el usuario de acceso fácil para su uso y análisis de la información.

3. **Datos geográficos y tabuladores**. La esencia de un SIG radica en la información geoespacial y sus tabuladores, los cuales se obtienen de fuentes oficiales o son generados por los usuarios que los tienen disponibles, siempre verificando su veracidad. Además, el SIG puede integrar esta información geoespacial con diversos recursos, permitiendo su uso en bases de datos para manipular la información geográfica de manera eficiente.

4. **Personal capacitado**. El SIG requiere personal capacitado para operar, desarrollar y administrar el sistema; el cual establece técnicas para aplicarlo en la problemática del mundo real.

5. **Operaciones**. Todo SIG opera conforme a una metodología diseñada con reglas claras de operación, las cuales deben estar acorde a las necesidades de cada organización.

Asimismo, un factor importante de los SIG son los mapas, la información geoespacial, los análisis y las aplicaciones (Idrica, 2021).

Los mapas representan un conjunto de datos geoespaciales que no son estáticos. Esta característica permite compartir y distribuir la información en múltiples plataformas. Los SIG permiten procesar infinidad de información geoespacial, desde imágenes de satélite, datos vectoriales, imágenes ráster obtenidas con vehículos no tripulados, etc.

El potencial de los SIG se basa en su amplitud de análisis, que circunscribe la estimación, el pronóstico y la determinación, tanto de tendencias como de patrones. De igual modo, los usuarios alcanzan a pensar desde variadas apreciaciones la información y mapas contenidos en ellos, solucionando dificultades que, de lo contrario, no sería posible.

Los SIG se han transformado en una columna primordial para la innovación digital de las instituciones en la llamada revolución Industrial 4.0[2], las cuales son instrumentos transversales en toda organización con la finalidad de ser el soporte en los procesos para la obtención de información georreferenciada para la toma de decisiones.

2 La Cuarta Revolución Industrial ofrece una nueva oportunidad para enfrentar los desafíos de America Latina y el Caribe y lograr una región más inclusiva y justa.
https://publications.iadb.org/es/america-latina-en-movimiento-competencias-y-habilidades-para-la-cuarta-revolucion-industrial-en-1?gclid=CjwKCAiAp5qsBhAPEiwAP0qeJupvf_oSALPFG5qKTFNb8D_M1ORTlGHN5CvhDG1rBTisuxpP_J0MxxoCpkwQAvD_BwE

1.2. Operaciones de análisis geoespacial

El análisis geoespacial es un campo que se ocupa del análisis, la gestión y la visualización de datos geográficos; lo cual implica el uso de herramientas y técnicas para procesar, interpretar y comprender la información geográfica (AppMaster, 2023). La finalidad es que la información generada puede utilizarse para la toma de disposiciones en la elaboración de planes urbanísticos, la optimización de la logística, el mejoramiento ante todo tipo de catástrofes, etc. La observación geoespacial es de gran apoyo a las organizaciones al producir información geoespacial para generar alternativas de solución y promover el desarrollo institucional. Los beneficios del análisis de datos geoespaciales son, entre otros:

- Tipificación de modelos y directrices geográficas. Algunas relaciones y enlaces son improbables de percibir sin tomar en cuenta el "dónde" o el "cuándo" se producen.
- Opciones de segmentación. Cuando se contiene el lugar como mecanismo del estudio, se puede comenzar a dividir y filtrar en función de la geografía, generando un estudio minucioso.
- Modelización del mundo real. Al tener una posición geográfica, cualquier desarrollo que la excluya es básicamente frágil. La información georreferenciada permite representar el mundo real en tiempo real.
- Los pronósticos puntuales auxilian a un mejor arbitraje. Al realizar la investigación de un acontecimiento histórico en el entorno de una región, se logra entender lo que sucede, dónde y cuándo se realiza. Esto permite anticiparse y predecir con cierto grado de exactitud donde sucederá para poder prevenir y proveer soluciones ante futuros sucesos.

La información georreferenciada se constituye por diversos procesos organizacionales ya que aportan información y contextos para la toma de decisiones. Esta información abre un abanico de oportunidades para la solución de la problemática social en prácticamente todos los ámbitos del conocimiento (UNIR, 2021).

1.3. Infraestructura de datos espaciales

La base de un SIG es la información que manipula. Esta información se almacena principalmente en una base de datos y consiste en caracteres alfanuméricos que representan datos geográficos. Es importante tomar en consideración que no se limita a un punto sobre la superficie terrestre, por tanto, esa información puede ser climatológica, demográfica, topológica, medioambiental, económica, asociada a fenómenos naturales, asociada a fenómenos sociales, orográfica, etc. (Junta de Castilla y León [JCL], 2024).

Toda esta información incluye una referencia geográfica clara, que puede ser en forma de coordenadas geográficas (latitud y longitud) o métricas (UTM). También puede utilizar un sistema implícito, como un código postal, el nombre de una calle o un área censal. Esta referencia geográfica es necesaria para ubicar la información en un punto de un mapa. Un dato representa información de manera alfanumérica y contiene dos elementos clave: el número cardinal y una referencia del lugar físico en un mapa. Esta referencia puede ser explícita, mediante coordenadas (X, Y, Z), o implícita, utilizando otros sistemas de localización.

Es importante destacar que la infraestructura de datos espaciales (IDE) es "un conjunto de tecnologías, estándares y recursos humanos necesarios para adquirir, procesar, almacenar, distribuir y mejorar la utilización de la información geográfica" (JCL, 2024, p. 58). Es decir, una IDE es un repositorio de datos georreferenciados, estándares de metadatos, referencias espaciales comunes y reglas de interoperabilidad para intercambiar información.

Por consiguiente, las IDE se han posicionado como un medio destacado en la determinación de la forma en que los datos espaciales se utilizan en una organización, un país, una región y a nivel mundial (Olvera Ramírez et al., 2014).

1.4. Ámbito de aplicaciones de los SIG

Los SIG, al ser una herramienta que permite la integración de bases de datos espaciales, así como la implementación de diversas técnicas de análisis, se transforman en un apoyo para cualquier actividad relacionada con el espacio. Entre las aplicaciones más usuales destacan:

Actividades científicas

- Ciencias medioambientales y ciencias relacionadas con el espacio.
- Desarrollo de modelos empíricos, por ejemplo, temperatura con altitud, orientación, etc., con base en datos obtenidos en el lugar.
- La modelización cartográfica permite generar modelos para elaborar mapas de temperatura, utilizando como base factores como la altitud y la orientación.
- Modelos dinámicos en la utilización de las leyes de la termodinámica y la dinámica de fluidos para hacer un mapa de temperatura utilizando un mapa de elevaciones, entre otros, como condiciones de contorno.
- Teledetección ya que las imágenes de satélite son estructuras ráster que se manejan de forma óptima en un SIG.
- Prevención de desastres naturales o tecnológicos.

Actividades relacionadas con la gestión

- Cartografía automática.
- Información pública, catastro.
- Planificación de áreas naturales protegidas.
- Ordenamiento territorial y ecológico.
- Planificación urbana.
- Estudios de impacto ambiental.
- Evaluación de recursos.
- Evaluación de infraestructura (presas, diques, carreteras, etc.).
- Ecoturismo.
- Seguridad pública.
- Transporte.
- Educación.
- Gobierno federal, estatal y/o municipal.
- Recursos hídricos.

Actividades empresariales

- *Marketing*.
- Estrategias de distribución para la optimización de las rutas que una flota de camiones debe realizar para distribuir mercancía desde varios almacenes a varios clientes.
- Situación inmejorable de una oficina en función de los clientes ubicado a los alrededores.

Capítulo II
Sistema de coordenadas

Los mapas están especificados a un sistema de coordenadas universal, donde su objetivo es ofrecer una localización espacial, además de facilitar el aprovechamiento de las peculiaridades del mapa. Es importante destacar que muchas veces no se cumple con este requisito y existen mapas sin referencia; por ejemplo, los llamados "mapas de ilustración y propaganda". En la cartografía confiable se debe especificar la ubicación espacial en un marco geográfico de referencia (Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI], 2024i.).

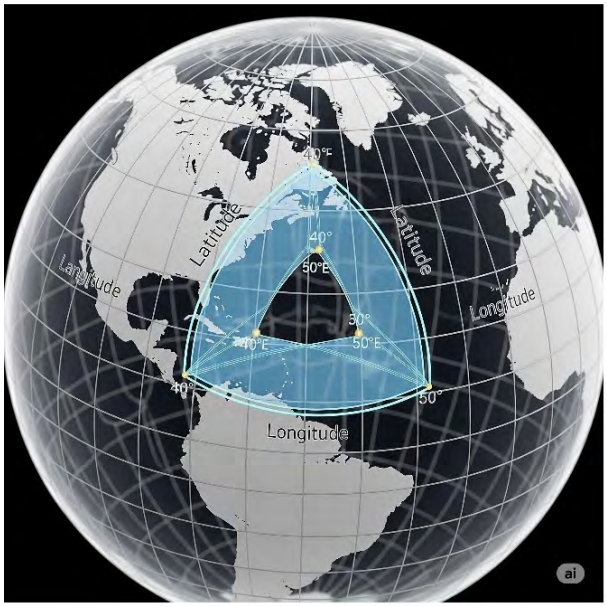
2.1. Sistema geográfico

El sistema de coordenadas empleado en los mapas es el sistema geográfico o curvilíneo a base de latitudes y longitudes geográficasitudes geográficas (INEGI, 2024a, b, c, d, e, f, g, h o i., p. 3). Inicialmente, este sistema fue pensado en la Grecia antigua, subsistiendo hasta nuestros días. Este sistema es curvilíneo pues los círculos máximos que lo definen son líneas curvas, considerando que un "círculo máximo en una esfera cuyo plano contiene el centro de la esfera y por lo tanto puede haber un número infinito de círculos máximos, aunque de interés para el propósito son dos tipos los que interesan" (INEGI, 2024a, b, c, d, e, f, g, h o i.) (Figura 3):

> El Ecuador terrestre, que es el círculo máximo perpendicular al eje de rotación de la Tierra.
>
> Los meridianos, que son círculos máximos que contienen a dicho eje, el principal de los cuales es el llamado meridiano de referencia, particularmente el Meridiano de Greenwich (INEGI, 2024i, p. 3).

Figura 3

Sistema de coordenadas geodésicas



Nota. Imagen generada por IA Gemini adaptada de https://www.inegi.org.mx/inegi/spc/doc/internet/sistema_de_coordenadas.pdf

De acuerdo con el INEGI (2025), para que se defina un sistema geográfico se requiere que:

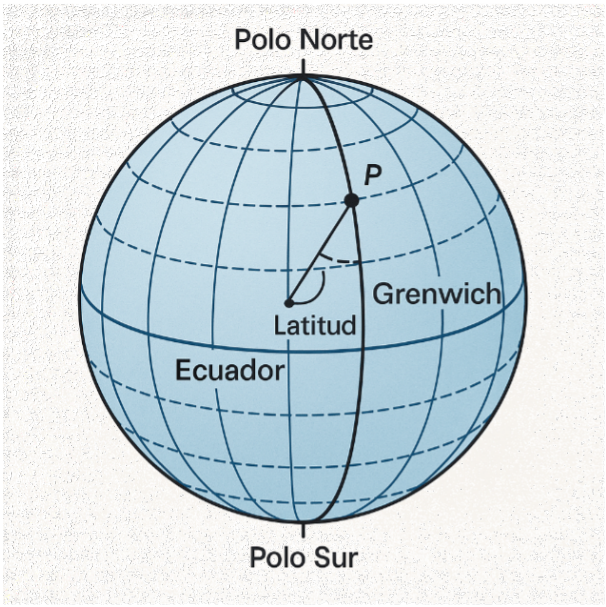
> El Ecuador es el origen para la medida de las latitudes y se define la latitud como la distancia angular que existe entre el Ecuador y el punto, a lo largo del meridiano que pasa por el punto. La distancia angular en este caso no es más que el ángulo en el centro de la Tierra entre el punto y la intersección con el Ecuador del meridiano que pasa por dicho punto. La latitud se mide desde cero a 90°, en ambas direcciones (norte o sur) (INEGI, 2024i, p. 4).

De acuerdo con el Environmental Systems Research Institute ([ESRI], 2024dd), el meridiano de Greenwich es el "adoptado por acuerdo internacional en 1884 como el meridiano base, el meridiano de 0 grados desde el que se calculan las demás longitudes.

El meridiano base de Greenwich pasa por el Real Observatorio de Greenwich, Inglaterra" (ESRI, 2024dd, p. 1) (Figura 4).

Figura 4

Meridianos de referencia

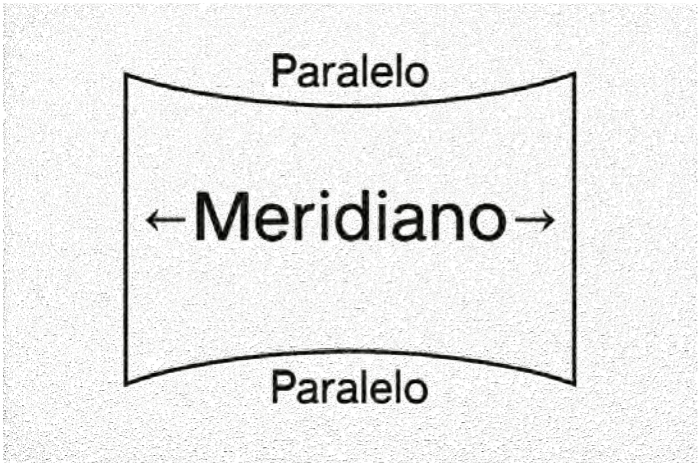


Nota. Imagen generada por IA ChatGPT adaptada de https://support.esri.com/es-es/gis-dictionary/greenwich-meridian

Latitud y longitud. De acuerdo con el estándar internacional, la expresión de coordenadas geodésicas se menciona primeramente la Latitud cuya designación puede ser Norte (N) o Sur (S) (dependiendo de la ubicación geográfica tomando como punto de partida el Ecuador) y en segundo término la Longitud cuya designación puede ser Este (E) u Oeste (O o W) (dependiendo de la posición geográfica tomando en consideración como punto de partida el meridiano de Greenwich). Para la República Mexicana, la Latitud y Longitud se ubica al Norte y al Oeste, respectivamente. Se debe de considerar que en algunos software se debe de especificar la dirección correspondiente. Las cartas (mapas) generadas en el INEGI están constituidas por líneas que representan los paralelos de Latitud y Longitud, que se les conoce como "canevá" que forman un cuadrángulo (INEGI, 2025b) (Figura 5).

Figura 5

Representación del canevá



Nota. Imagen generada por IA ChatGPT adaptada de INEGI (2025, p. 4).

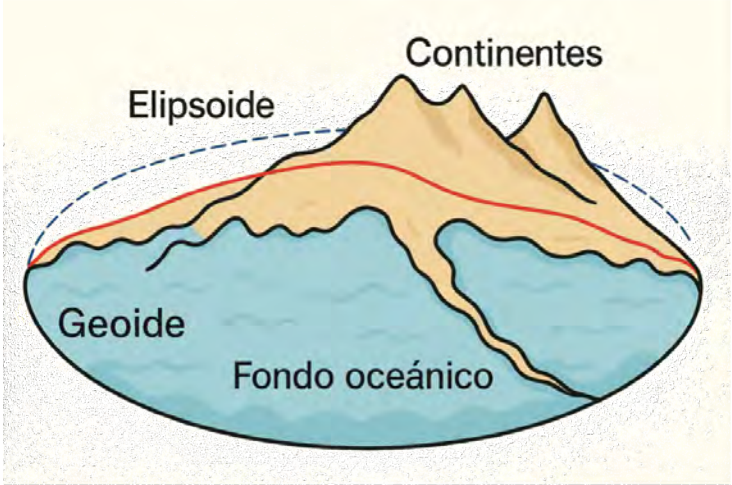
2.1.1. Representación geográfica de la Tierra

Las representaciones del planeta Tierra tienen deformaciones de la superficie, ya que la forma esférica es una superficie geométrica no desarrollable (INEGI, 2024c); por lo cual es necesario definir dos conceptos elementales para poder comprender y aplicar correctamente la representación geográfica de una porción de la superficie terrestre: el Geoide y el Elipsoide.

Geoide. La superficie del geoide corresponde a un cuerpo irregular considerando la fuerza de gravedad, la cual varía de un punto a otro por la desigual repartición de masa en la corteza terrestre; es la figura más representativa de la forma real de la Tierra. Si la distribución de la masa fuera idéntica en todos los sitios de la Tierra sería un cuerpo regular parecido a un elipsoide (ESRI, 2024q). El área del geoide se determina basándose en la gravedad observada en el lugar y esta calculada al nivel medio del mar (Figura 6).

Figura 6

Representación del Geoide



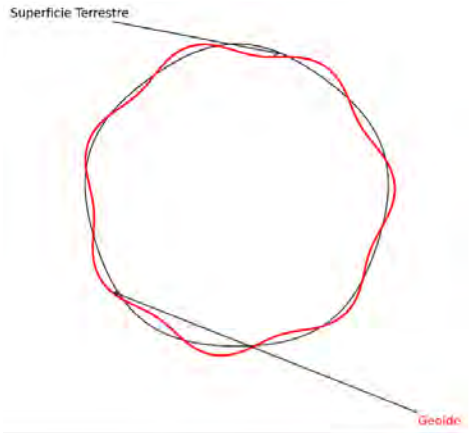
Nota. Imagen generada por IA Gemini adaptada de https://alfageomatics.com/2019/10/que-es-el-geoide-y-el-elipsoid

Lo anterior implica que, dependiendo de la situación de topográfica del lugar, se encontrará esta línea representativa sobre o bajo el nivel medio del mar, dependiendo de la atracción de la gravedad del lugar. Por ejemplo, en los continentes, el geoide alcanza una elevación de entre 20 y 30 metros sobre el elipsoide, debido a que la fuerza de gravedad es menor en estas áreas. En contraste, en las cuencas oceánicas, la superficie del geoide se encuentra por debajo del elipsoide.

Ya que el geoide representa la verdadera forma de la Tierra se considera que es un área equipotencial del campo gravitatorio terrestre (superficie en la cual el valor del potencial gravitatorio es constante) y, por consiguiente, se adecua al nivel medio del mar considerando que las diferencias entre las dos superficies son mínimas (Jekeli, 2006). Asimismo, la superficie del geoide es irregular debido a la distribución heterogénea de las masas en la Tierra (Lu et al., 2014) y, por consiguiente, se puede indicar que el geoide representa la verdadera forma de la Tierra, haciendo coincidir su superficie con los océanos supuestos en reposo y extendidos por debajo de los continentes de forma imaginaria (Figura 7).

Figura 7

Representación geográfica del Geoide



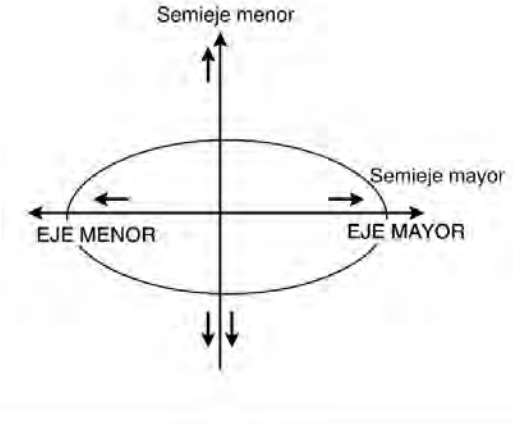
Nota. Imagen generada por IA Copilot adaptada de http://www.idesa.gob.ar/2022/05/16/la-representacion-de-la-superficie-terrestre

Elipsoide. Es la segunda aproximación a la forma de la Tierra; es un cuerpo geométrico que se genera por una elipse girando en torno de su eje menor. Este movimiento genera el conocido elipsoide de revolución (Moya-Zamora & Cedeño-Montoya, 2017). Los componentes de una elipse son (Figura 8):

- Un eje menor que corresponde a la distancia entre el Ecuador y los polos.
- El eje mayor que está definido por el círculo máximo del Ecuador.

Figura 8

Representación gráfica del elipsoide



Nota. Imagen generada por IA Gemini adaptada de http://funes.uniandes.edu.co/7995/1/Solis2015Graficas.pdf

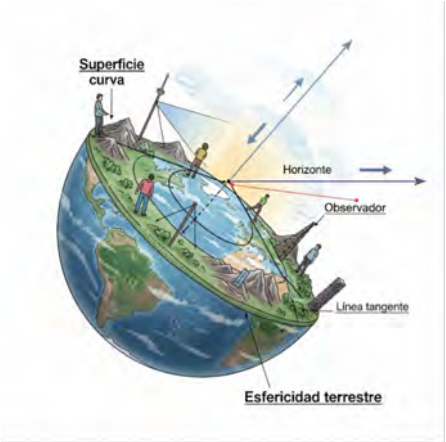
La diferencia entre radio ecuatorial y el radio polar es de aproximadamente 21 km. El achatamiento terrestre está dado por la razón existente entre el semieje mayor o ecuatorial (a) y el semieje menor o polar (b) de la elipse, el cual se calcula por medio de la fórmula[3]:

$$\frac{1}{f} = \frac{(a-b)}{a} \qquad \text{Ec. 1}$$

Esfericidad terrestre. Como lo menciona Prieto (2021), durante mucho tiempo se creyó que la Tierra era plana. Esa idea fue desplazada por los descubrimientos realizados por diferentes científicos y astrónomos de diferentes épocas. Actualmente, se sabe a ciencia cierta que la Tierraa tiene un radio ecuatorial (máximo) de aproximadamente 6,378 km, frente a un radio polar de 6,357 km (mínimo), con una diferencia de 21 km, lo que supone un 0.329 % del radio ecuatorial (Universidad Complutense de Madrid [UCM], 2024) (Figura 9).

Figura 9

Esfericidad terrestre



Nota. Imagen generada por IA Gemini adaptada de https://www.aristasur.com/sites/as/users/3/arch/datum-cartografia.pdf

3 *Nota.* https://www.um.es/geograf/sigmur/temariohtml/node5_mn.html#:~:text=El%20achatamiento%20real%20de%20la,el%20nombre%20de%20su%20creador.

2.1.2. Dátum

Con base a la definición de ESRI (2025l):

> Un dátum define la posición del esferoide relativa al centro de la tierra. Un dátum proporciona un marco de referencia para medir las ubicaciones en la superficie de la tierra. Define el origen y la orientación de las líneas de latitud y longitud (ESRI, 2025l, p. 1).

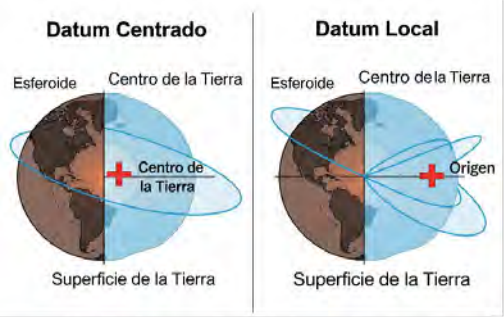
De acuerdo con ESRI, se pueden diferenciar dos tipos de dátum (Figura 10):

Dátum geocéntricos. En los últimos 15 años, los datos de los satélites han proporcionado nuevas mediciones para definir el esferoide que mejor se ajusta a la tierra, que relaciona las coordenadas con el centro de masa de la tierra. Un dátum centrado en la tierra o geocéntrico utiliza el centro de masa de la tierra como origen. El último dátum desarrollado, ampliamente utilizado, es WGS 1984. Sirve como marco para la medición mundial de ubicaciones.

Dátum locales. Un dátum local alinea su esferoide para que se ajuste estrechamente a la superficie de la tierra en un área determinada. Un punto de la superficie del esferoide se asocia a una posición determinada en la superficie de la tierra. A este punto se le conoce como punto del origen del dátum. Las coordenadas del punto del origen son fijas y todos los demás puntos se calculan a partir de él (ESRI, 2025l, p. 1).

Figura 10

Tipos de dátum



Nota. Imagen generada por IA Gemini adaptada de httpsAdaptado:https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/latest/map/projections/datums.htm#GUID-E49F0E1B-8F0D-4704-8384-735EA002FDDC

2.2. Sistema de coordenadas geográficas para México

A partir de las reformas realizadas a la norma técnica de levantamientos geodésicos en 1998 el INEGI establece (Tabla 1):

> Todo punto perteneciente a un levantamiento geodésico horizontal, deberá estar referido al marco de Referencia Terrestre Internacional (ITRF) del Servicio Internacional de Rotación de la Tierra (IERS) para el año 2008 con datos de la época 2010.0 y que se denomina ITRF08 Época 2010.0 que es el nuevo Sistema Geodésico de Referencia oficial para México (INEGI, 2025h, p. 7).

Tabla 1
Coordenadas geográficas para México

	Información espacial o geográfica
Sistema coordenado	Geográfico (latitud y longitud) o proyectado (X, Y).
Dátum	NAD27, NAD83 (casos de frontera), WGS84, ITRF92 e ITRF 2010.
Proyección cartográfica	CCL o UTM (zonas 11-16).

Nota. Elaboración propia con base en https://snieg.mx/DocumentacionPortal/Normatividad/vigente/Norma_Tecnica_para_el_Sistema_Geodesico_Nacional.pdf

Cada punto relevado debe tener una única designación, que defina solo una única posición posible, a los efectos que en el momento que se desee replantearlo, no existan dudas sobre la ubicación de éste. Con el objeto de fijar la posición de los puntos, de tal forma que ésta sea única e invariable sobre la corteza terrestre, es necesario crear y trabajar siempre en un único sistema de referencia, los cuales se definen como: "Conjunto de elementos ordenados conforme un principio o una ley y por consiguiente un sistema de Referencia es un conjunto de parámetros (ideales abstractos) fijados a priori, que van a marcar las pautas para referir o vincular otros subconjuntos o puntos"onjuntoso puntos" (Jekeli, 2006, pp. 4-5).

Por lo anterior, se definen a partir de consideraciones matemáticas y físicas e involucran la especificación de parámetros, puntos origen, planos, ejes, etc. Un Sistema de Referencia es esencialmente ejes ortogonales ordenados.

2.2.1. Marco de referencia de México

Marco de referencia. El marco de referencia se lleva a cabo estableciendo puntos sobre la superficie terrestre, accesibles tanto para ser puntos de control como de observación. El origen de este sistema se le denomina dátum (INEGI, 2025j).

Coordenadas geográficas para México. Las coordenadas extremas que enmarcan el territorio mexicano son (Secretaría de Relaciones Exteriores [SRE], 2025):

- Norte: 32° 43’ 06” Latitud norte, en el Monumento 206, en la frontera con los Estados Unidos de América (3,152.90 km).
- Sur: 14° 32’ 27” Latitud norte, en la desembocadura del río Suchiate, frontera con Guatemala (1,149.80 km).
- Este: 86° 42’ 36” Longitud Oeste, en el extremo suroeste de la Isla Mujeres.
- Oeste: 118° 27’ 24” Longitud Oeste, en la Punta Roca Elefante de la Isla de Guadalupe, en el Océano Pacífico (Figura 11).

Figura 11

Coordenadas geográficas para México



Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

Designación de Coordenadas Universal Transversa de Mercator para México. La proyección Universal Transversa de Mercator (UTM) es un sistema de coordenadas métrico internacional que cubre toda la Tierra. Esta proyección es idónea para áreas orientadas norte-sur. Los sistemas de coordenadas de la proyección UTM y de Gauss-Krüger se basan en la proyección transversa de Mercator y el sistema de coordenadas State Plane, los cuales se usan para la totalidad de zonas norte-sur. Varias naciones usan esta proyección para realizar sus mapas (ESRI, 2025ee).

En la Tabla 2 y la Figura 12 se muestran los meridianos centrales y zonas UTM para México. Las zonas UTM ocurren cada 6° de longitud. Los valores son en grados oeste (W) del meridiano principal de Greenwich (0°).

Tabla 2

Coordenadas UTM para México

Zona UTM	Meridiano central	Rango
11	117° W	120° W – 114° W
12	111° W	114° W – 108° W
13	105° W	108° W – 102° W
14	99° W	102° W – 96° W
15	93° W	96° W – 90° W
16	87° W	90° W – 84° W

Nota. Adaptada de https://iieg.gob.mx/contenido/GeografiaMedioAmbiente/NormaCartografiaDigitalUrbana.PDF

Figura 12

Sistema de proyección de coordenadas UTM para México



Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

Capítulo III
Visualización y representación de datos espaciales

La visualización de la información geográfica es esencial para el desarrollo de un SIG. Aun cuando el usuario es quien define la manera de representar la información y, en consecuencia, debe conocer los fundamentos para la creación de mapas digitales. Asimismo, debe ser consciente que los SIG incorporan elementos denominados visualización científica, cuyo resultado se le conoce como geo visualización (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad [CONABIO], 2023). Lo más importante es que el usuario debe de contar con los conocimientos para convertir la información geoespacial en elementos visuales, independientemente de cómo se represente dicha información, ya sea de manera digital o impresa (Olaya, 2020).

3.1. Las variables visuales

El objetivo de un Sistema de Información Geográfica (SIG) es crear mapas y otros elementos visuales que transmitan información geográfica. Para lograr esto, es fundamental estudiar qué tipo de información se va a comunicar y, sobre todo, cómo se utilizará el lenguaje visual. Es necesario determinar si los elementos visuales podrán, por ejemplo, mostrar el patrón de distribución de un fenómeno en el espacio, resaltar las diferencias entre dos zonas distintas o ilustrar la relación entre los valores de una variable en dos puntos. Además, se debe ver cómo se emplean para que esa información se transmita de la mejor manera posible, ya que coexisten varias propiedades de los elementos visuales que se pueden emplear según las circunstancias.

Las propiedades mencionadas se conoce como *variables visuales* las cuales son los elementos básicos de la representación; en otras palabras, son objetos geométricos que conforman la variable visual que permite distinguir objetos geográficos e identificar sus características para poder ser interpretadas en el proceso (Olaya, 2020).

3.2. La percepción visual

La percepción comprende la cadena de técnicas que transforma un fenómeno físico en información de la realidad que nos envuelve, por medio de la activación de los órganos perceptivos. Asimismo, posee una fase física, una fisiológica (la estimulación en sí) y una psicológica (la interpretación del estímulo). En el caso de la percepción visual, este fenómeno físico es de tipo energético (la luz), y los órganos correspondientes son los ojos (Alberich et al., 2024).

El estudio de la percepción es un fenómeno complejo, pero en el que resulta de interés profundizar para conocer algo más acerca cómo la información que plasmamos en un mapa (que es un elemento visual) acaba convertida en una información en la mente del observador de ese mapa. Entender este proceso, al menos someramente, permite mejorar la eficacia de la percepción, de forma que se tenga una mayor garantía de que la información que se transmite sea recibida e interpretada correctamente (Rivera Berrío, 2019).

3.3. El mapa y la comunicación cartográfica

INEGI (2025a, p. 1) define que un mapa “es la representación plana, reducida y simplificada de la superficie terrestre o de una parte de ésta. También recibe el nombre de carta geográfica” (INEGI, 20242025a, p. 1). con una relación de similitud proporcionada, a la que se llama *escala*. El mapa es una imagen parcial, ya que es una selección y representación de una porción de la superficie terrestre donde se representa la realidad. La característica principal del mapa es que debe ser claro y explícito; debe representar, al mismo tiempo, situaciones complejas de nuestra realidad (Departamento de Geografía Física y Análisis Geográfico Regional de la Facultad de Geografía e Historia de la Universidad de Sevilla [DGFAGR], 2024).

Los elementos que debe de contener un mapa son los especificados en la Tabla 3 y representados en la Figura 13 (INEGI, 2025e).

Tabla 3

Elementos de un mapa

Elemento	Función
Título del mapa	El cual puede incluir características como año de referencia, unidad de medida, etc.
Fuente	Referencia de quién genera el mapa y dónde se toman los datos
Rosa de los vientos o símbolo del norte	Es un símbolo con forma circular que marca el rumbo en el que se divide el horizonte.
Escala	Es la relación existente entre la distancia real y la plasmada en el mapa
Leyenda	Donde se representan los símbolos a usarse en el mapa, proporcionando la clave para su correcta interpretación
Coordenadas geográficas	Describe la ubicación de un objeto en dos o tres dimensiones precisando los ejes, x, y, z, cuyo origen y dirección se debe definir.
Simbología	Es la forma de representar las diferentes capas y atributos en los mapas.

Nota. Adaptada de https://cuentame.inegi.org.mx/territorio/mapas/Default.aspx?tema=T

Figura 13

Elementos de un mapa



Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

El diseño, producción y uso de un mapa como forma de comunicación conforma lo que se conoce como *proceso cartográfico*. Este proceso conlleva cuatro etapas o subprocesos (Olaya, 2020):

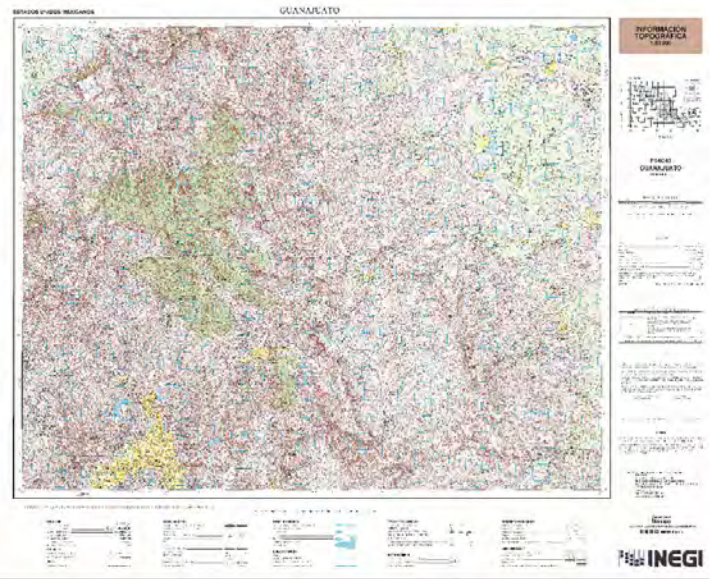
- Recolección de datos.
- Manipulación y generalización de los datos para diseñar y construir el mapa.
- Visualización del mapa.
- Interpretación de la información.

El diseño cartográfico implica decisiones del usuario, lo que simplifica el desarrollo de los proyectos para los cuales se crea el mapa.

Diseño y composición de los mapas. Los mapas representan la realidad a través de diversos elementos dispuestos en capas. Todo ello contribuye a que lo que se representa en los mapas pueda ser interpretado por el usuario de una manera sistemática e intuitiva, con lo cual permite que se pueda visualizar y comprender los eventos relevantes que son esenciales para desarrollar un proyecto (Figura 14).

Figura 14

Carta topográfica F14C43, escala 1:50000



Nota. Tomada de https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=889463871484

Actualmente, es muy solicitado por parte de los usuarios trabajar con mapas digitales ya que resulta muy conveniente el trabajo interactivo que permite un desarrollo digital, obteniendo resultados que permiten la consulta y la interacción de manera más eficiente y creativa.

Interacciones geoespaciales del mapa digital. Los mapas digitales permiten transmitir interrelaciones geográficas donde los usuarios pueden, de manera sencilla, realizar interpretaciones y análisis para determinar acciones a tomar para un proyecto. A este proceso se le conoce también como *relaciones espaciales*. Algunos ejemplos son:

- La interconectividad entre entidades geográficas (la avenida Juárez y la calle Juan Valle de la ciudad de Guanajuato capital, están conectadas).
- Las entidades geográficas son adyacentes (contiguas) a otras (el jardín Unión está adyacente al Teatro Juárez en la ciudad de Guanajuato capital).
- Las entidades geográficas se encuentran dentro de un área específica, como la planta de un edificio ubicada dentro del límite de una parcela.
- Las entidades geográficas que se sobreponen (las vías férreas cruzan una autopista).
- Las entidades geográficas cercanas (proximidad) (el jardín Reforma se encuentra cerca del Templo de San Roque en la ciudad de Guanajuato, capital).
- Geometría de entidades iguales (el parque de una ciudad es igual al polígono de un emplazamiento histórico).
- Entidades geográficas con diferente elevación (el cerro de la Bufa está más elevado que el edificio de la Universidad de Guanajuato en la ciudad de Guanajuato, capital).
- Entidad geográfica contenida en otra entidad geográfica (la ruta de autobús discurre a lo largo de la red de calles).

Cabe aclarar que, en un mapa, ya sea análogo o digital, las relaciones no se encuentran representadas de manera explícita. Por el contrario, el usuario debe de interpretar dichas relaciones para obtener la información deseada en cuanto a forma y posición relativa de los elementos geográficos; por ejemplo, avenidas, elevaciones, construcciones, vías de comunicación, etc. En los SIG, las interacciones pueden ajustarse al aplicar varias

alternativas de relaciones de datos, basados en un compuesto de operadores espaciales a los elementos geográficos (como zonas de influencia y superposiciones poligonales).

Existen diversos tipos de mapas y una amplia variedad de clasificaciones. Una forma relevante es por función del tipo de información, denominada *fundamental o topográfica* y *cartografía temática* (Olaya, 2020).

Cartografía base. Esta representación incluye los elementos básicos de la realidad, recopilando información de archivos históricos, así como estudios topográficos y geológicos del área. Este tipo requiere medidas precisas del trabajo topográfico para que la información sea veraz y poder plasmarla en el mapa (Fallas, 2003).

Cartografía temática. Es aquella que centra en la representación de un tema en específico de cualquier índole, por ejemplo, físico, social, político, cultural, etc. Temas como la topografía se excluyen, ya que un mapa topográfico se considera mapa base (Universidad Politécnica de Madrid [UPM], 20264).

De acuerdo con el tipo de información que contenga el mapa, en la cartografía temática se divide en cuantitativa y cualitativa ya que, dependiendo de la información que se genere, repercute en la elaboración del mapa y, en consecuencia, en la simbología que se deberá usar (IGM, 2026).

Capítulo IV
ArcGIS Pro

4.1. Estructura de la aplicación ArcGIS Pro

ArcGIS Pro es un software de SIG desarrollado por ESRI. "*Es la aplicación SIG de escritorio profesional con plenas funcionalidades de ESRI. Con ArcGIS Pro, se puede explorar, visualizar y analizar datos, crear mapas 2D y escenas 3D, además de compartir su trabajo con ArcGIS Online o un portal de ArcGIS Enterprise"ArcGIS Enterprise*" (ESRI, 2024q, p. 1). Asimismo, *ArcGIS Pro* desarrolla mapas con vistas interactivas de muy buena calidad, permitiendo análisis geoespaciales, compartir información geográfica de manera remota para trabajos colaborativos, siendo una alternativa más potente que el software ArcMap, también de ESRI.

ArcGIS Pro fue publicado por primera vez en enero de 2015 como una aplicación de escritorio que ofrece herramientas avanzadas para la creación, edición y análisis de datos georreferenciados. A partir de ese año se presentan alternativas aún más desarrolladas que el *ArcMap*, el cual se ha usado como la aplicación principal de ArcGIS (ESRI, 2024dd). Es importante destacar que el SIG es cada vez más común como herramienta de análisis geográfico en las diferentes áreas del conocimiento del ser humano, por lo cual el programa *ArcGIS Pro* se considera como una herramienta versátil para la generación de información geoespacial, ya que su funcionalidad sencilla se puede utilizar en los diferentes campos y niveles de desarrollo de la sociedad.

Las funciones principales de *ArcGIS Pro* se especifican en la Tabla 4:

Tabla 4
Funciones principales de ArcGIS Pro

Función	Actividad
Creación y edición de mapas	Creación y edición de mapas en la que se combinan diversas capas, simbologías y etiquetas de acuerdo con la necesidad del usuario. Se trabaja con una gama de formatos de información georreferenciada de diversas fuentes verificadas.
Análisis geoespacial	Se cuenta con un conjunto de herramientas para desarrollar análisis geoespaciales, consulta de información, selección, proyección, etc. Se incluyen herramientas para el análisis de ráster para realizar clasificaciones, extracciones de información, etc.
Información compartida	Con el software se permite realizar visualizaciones e intercambio de información a través de los servicios web y/o portales de geoprocesamiento. Asimismo, permite la colaboración de usuarios de proyectos compartidos y realizar la actualización en tiempo real de capas.
Interfaz personalizado de usuario	Cuenta con una interfaz que permite realizar los análisis con varios mapas al mismo tiempo, teniendo un acceso rápido a las funciones de edición y análisis.

Nota. Adaptada de https://www.esri.com/content/dam/esrisites/es-es/media/pdf/implementation-guides/arcgis-pro-migration-guide.pdf

En la Tabla 5 se especifican las ventajas y desventajas del programa *ArcGIS Pro*.

Tabla 5
Ventajas y desventajas del programa ArcGIS Pro

Ventajas	Desventajas
Potencia. Existe una variedad de herramientas para la creación, edición y análisis de información geoespacial.	***Costo***. Es un software costoso en cuanto a su adquisición y licenciamiento anual.

Tabla 5
Ventajas y desventajas del programa ArcGIS Pro

Ventajas	Desventajas
Interfaz de usuario. La interfaz de usuario es fácil de usar, permitiendo trabajar con varios proyectos a la vez.	***Requisitos de hardware***. El software requiere de una computadoraEl software quiere de una computadora potente para desarrollar sus funciones de manera óptima.
Compatibilidad con formatos de datos. Permite el trabajo con una gran variedad de información geográfica permitiendo la integración de diversas fuentes en una sola plataforma.	***Aprendizaje***. El uso adecuado del software puede requerir una capacitación extensa y conocimientos previos en cartografía, geografía y ciencias de la Tierra.
Información compartida. El software permite compartir proyectos mediante los servicios web y geoportales con otros usuarios de forma sencilla y rápida.	***Conectividad***. Algunas de las funciones requieren una conexión a internet estable por lo que puede ser un problema cuando no existe una conectividad estable o limitada.
Personalización. El software permite que la interfaz sea personalizada para adaptarse a las necesidades del proyecto.	***Limitaciones***. El software presenta limitaciones de compatibilidad con otros productos de ESRI y otras compañías.
Integración. Existe una gama de productos con los que es compatible el software, como por ejemplo, ArcGIS Online o ArcGIS Enterprise, permitiendo una flexibilidad en los proyectos que se pueden desarrollar.	

Nota. Adaptada de https://www.esri.com/content/dam/esrisites/es-es/media/pdf/implementation-guides/arcgis-pro-migration-guide.pdf

Por lo que *ArcGIS Pro* se convierte en un software versátil para el impulso de proyectos de desarrollo social a pesar de su alto costo y sus requisitos de funcionamiento.

4.2. Capas geográficas

Las formas geográficas representadas como capas, las cuales constituyen una parte de la superficie terrestre. Con las capas se visualiza entidades como vías de comunicación, afluentes, nombre de sitios, construcciones, límites jurisdiccionales, elevaciones, imágenes ráster, etc. Por consiguiente, las capas geográficas son las representaciones temáticas de un SIG donde cada capa se utilizan simbologías, colores y textos que representan un elemento geográfico determinadoráfico determinado (ESRI, 2024a) (Figura 15).

Figura 15

Capas de datos geoespaciales



Nota. Imagen generada por IA Gemini.

Por otra parte, los datasets son la representación de las conexiones lógicas de las entidades geográficas con relación a su forma y ubicación, proporcionando también la información descriptiva de cada entidad que se le conoce como atributos. La importancia de contar con diversas capas geográficas en un SIG radica en que cada capa proporciona información que, al combinarse, permite describir un lugar de manera precisa y confiable. Esto facilita la identificación de relaciones espaciales y características relevantes de un sitio, lo que a su vez permite realizar interpretaciones fundamentadas y proponer soluciones a los problemas planteados en el SIG.

Lo anterior, basado en lo publicado por el Dr. Ian McHarg en 1969 donde desarrolló conceptualizaciones de planificación ecológica donde aplicaba estos principios de superposición de mapas (Valavanis, 2024). Asimismo, el Dr. Roger Tomlinson, desarrolla sus ideas proponiendo la conceptualización de superposiciones de capas geográficas como la base de todo SIG (Tomlinson, 2007).

Muchos autores coinciden en que la información geográfica se puede dividir en capas lógicas, homogéneas y coherentes. Esta organización permite combinar las capas de manera que representen una extensión geográfica lo más cercana posible a la realidad. Asimismo, a lo largo del desarrollo de los SIG, se manifiesta la sencillez con la que las capas geográficas pueden ser combinadas por medio de la georreferenciación de los dataset (Kang-tsung Chang, 2018). Todo ello se puede realizar tomando en consideración la forma en que se realiza la compilación de datos y el modo de gestión de estos; esta organización es la clave para que los SIG sean la base para la representación, utilización, administración y aplicación de la información geográfica en la propuesta de soluciones de la problemática social (Tomlinson, 2007).

4.3. Características de un SIG

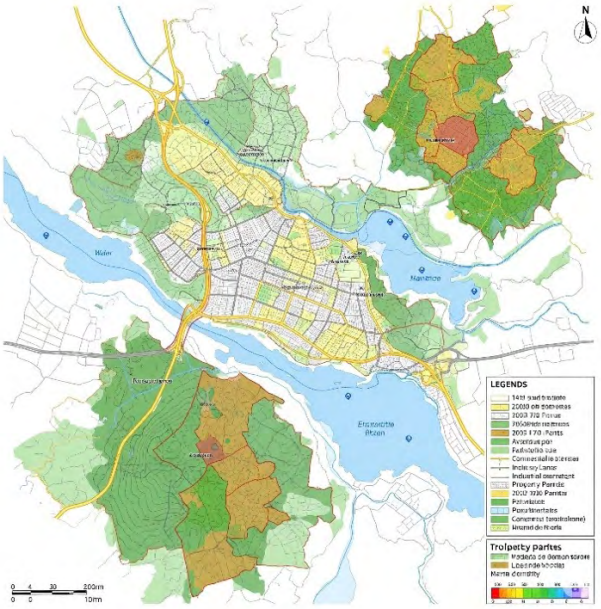
Un SIG requiere de un modelo de información geográfica que se basa en capas temáticas para su caracterización y descripción del mundo real, por lo cual *ArcGIS Pro* es una herramienta que permite moldear dicha información geográfica como un conjunto de capas o temas geográficos como, por ejemplo (Figura 16):

- Avenidas representadas mediante líneas claras y diferenciadas, que muestren la red vial principal.
- Polígonos que identifiquen distintas superficies de uso, tales como áreas de vegetación, zonas habitacionales, parques industriales y otros usos del suelo.
- Áreas administrativas delimitadas con polígonos que indiquen divisiones territoriales oficiales como municipios o distritos.
- Cuerpos de agua y ríos, mostrados con símbolos o polígonos en tonos azules que reflejen su extensión y flujo.
- Parcelas de propiedad, representadas como polígonos que definan la propiedad individual de terrenos.

- Superficie de elevación y terreno, visualizada mediante un modelo digital de elevación o sombreado que muestre la topografía del área.
- Capa ráster que permita visualizar una superficie de interés específica, como puede ser uso del suelo, cobertura vegetal o cualquier otro dato espacial relevante.

Figura 16

Conjunto de capas o temas geográficos



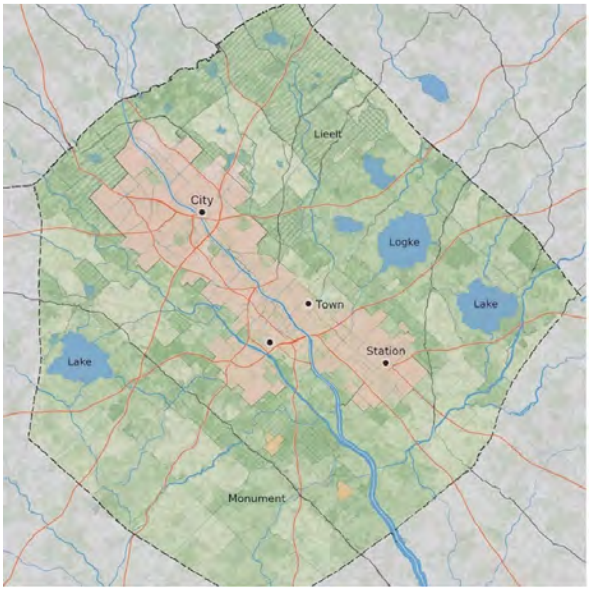
Nota. Imagen generada por IA Gemini.

Por lo tanto, las entidades de información geográfica son la representación de una serie de datos que integran un SIG, los más comunes son (ESRI, 2025t, p. 1):

Clases de entidad. Es una recopilación lógica de entidades (Figura 17).

Figura 17

Entidades de información geográfica



Nota. Imagen generada por IA Copilot.

Datasets ráster. los ráster son datasets basados en celdas que se emplean para contener imágenes, modelos digitales de elevación y otros datos temáticos (Figura 18).

Figura 18

Ráster de la Plaza de las Ranas, Guanajuato, Gto.

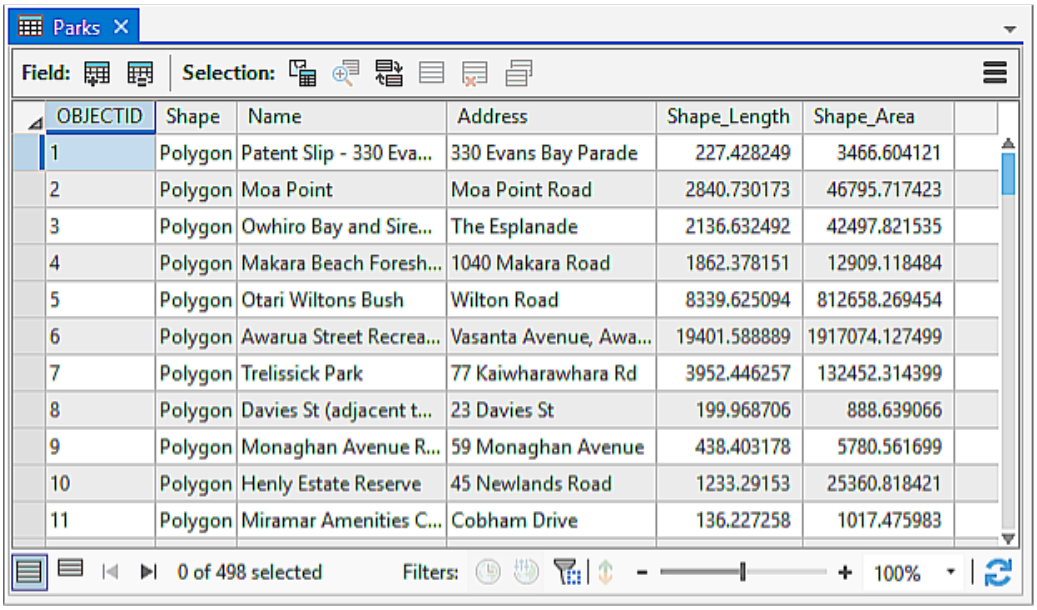


Nota. Imagen obtenida con el Phantom 3 pro.

Atributos e información descriptiva: se trata de información tabular tradicional utilizada para describir entidades y categorías acerca de los objetos geográficos que contiene cada dataset (Figura 19).

Figura 19

Tabla de atributos visualizada en ArcGIS Pro



OBJECTID	Shape	Name	Address	Shape_Length	Shape_Area
1	Polygon	Patent Slip - 330 Eva...	330 Evans Bay Parade	227.428249	3466.604121
2	Polygon	Moa Point	Moa Point Road	2840.730173	46795.717423
3	Polygon	Owhiro Bay and Sire...	The Esplanade	2136.632492	42497.821535
4	Polygon	Makara Beach Foresh...	1040 Makara Road	1862.378151	12909.118484
5	Polygon	Otari Wiltons Bush	Wilton Road	8339.625094	812658.269454
6	Polygon	Awarua Street Recrea...	Vasanta Avenue, Awa...	19401.588889	1917074.127499
7	Polygon	Trelissick Park	77 Kaiwharawhara Rd	3952.446257	132452.314399
8	Polygon	Davies St (adjacent t...	23 Davies St	199.968706	888.639066
9	Polygon	Monaghan Avenue R...	59 Monaghan Avenue	438.403178	5780.561699
10	Polygon	Henly Estate Reserve	45 Newlands Road	1233.29153	25360.818421
11	Polygon	Miramar Amenities C...	Cobham Drive	136.227258	1017.475983

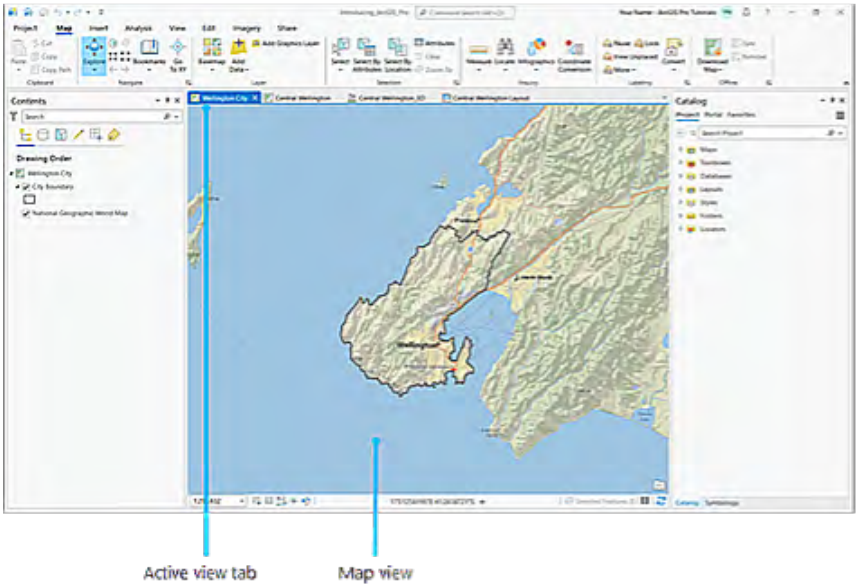
Nota. https://pro.arcgis.com/es/pro-app/latest/get-started/introducing-arcgis-pro.htm

Así como con las capas de un mapa, se hace referencia geográficamente a los datasets SIG de manera que se sobrepongan entre sí y por consiguiente se puedan ubicar sobre la superficie terrestre.

Un SIG utiliza mapas para mostrar y trabajar con información geográfica. Los SIG son catalogados como mapas inteligentes e interactivos, permitiendo varias acciones como visualizaciones en 3D, por ejemplo. También, permiten la creación de varios tipos de vistas con la información geográfica para ser utilizada en las operaciones de consulta, análisis y edición, con lo cual se constituyen como una herramienta de modelado geográficoodelado geográfico (ESRI, 2025s) (Figura 20).

Figura 20

Información geográfica generada en ArcGIS Pro



Nota. https://pro.arcgis.com/es/pro-app/latest/get-started/introducing-arcgis-pro.htm

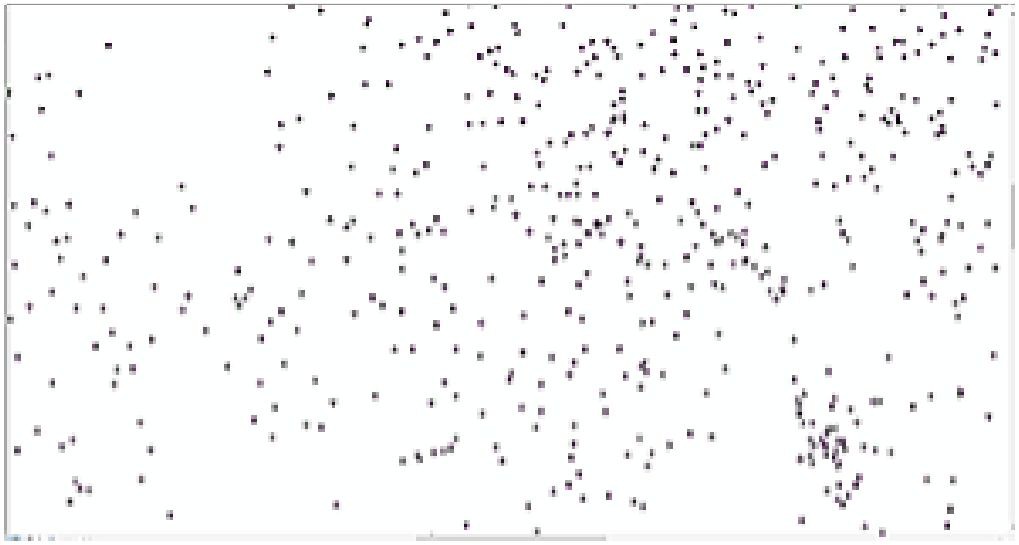
4.4. Representaciones fundamentales de capas de información geográfica

Para que en los SIG se realice la función de representación y administración de la información se basa en las entidades geométricas respaldadas por atributos y/o ráster, según sea el caso (Idrica, 2021). Tomando en consideración que las entidades geográficas son las que representan los elementos ubicados sobre la superficie terrestre se basan en tres elementos geométricos elementales: puntos, líneas y polígonoslíneas y polígonos (Kang-tsung Chang, 2018).

Entidades de puntos. Son las que definen de manera discreta la ubicación de elementos geográficos relevantes en una superficie y que no implican el análisis de superficie; por ejemplo, pozos, postes telefónicos, estaciones hidrométricas, etc. (Huisman & de By, 2009). Las entidades puntuales también representan coordenadas obtenidas con GPS, entre otros datos geográficos (Figura 21).

Figura 21

Entidad geográfica de puntos



Nota. Elaborada con base en los datos vectoriales de acceso libre del INEGI.

Entidades de líneas. Las líneas son las que representan datos geográficos que tienen longitud pero que no requieren el análisis de superficie; por ejemplo, corrientes de agua, vías de comunicación, etc. (Huisman & de By, 2009) (Figura 22).

Figura 22

Entidad geográfica de líneas



Nota. Elaborada con base en los datos vectoriales de acceso libre del INEGI.

Entidad de polígonos. Son las entidades que son elementos geométricos cerrados y que representan elementos geográficos como puede ser un cuerpo de agua, una colonia, un predio, un estado, un país, un continente, etc. (Huisman & de By, 2009) (Figura 23).

Figura 23

Entidad geográfica de polígonos



Nota. Elaborada con base en los datos vectoriales de acceso libre del INEGI.

Atributos. Todo elemento geográfico requiere de un respaldo que permita la consulta y análisis de información descriptiva de lo que representa la entidad geométrica, denominado atributo (ESRI, 2025s). Los atributos se representan en tablas que describen conceptos relacionados con la entidad que representa el dato geográfico específico. Estas tablas proporcionan una forma sencilla de consulta para poder manipular la información (ESRI, 2025g) (Figura 24).

Figura 24

Tabla de atributos en ArcGIS Pro

World | Fields: Buildings

Current Layer: Data Source

Field Name	Alias	Data Type	Allow NULL	Domain	Default	Precision	Scale	Length
OBJECTID	OBJECTID	Object ID				10	0	
BUILDINGID	Building Identifier	Text	✓			0	0	50
FACILITYKEY	Facility Site Identifier	Text	✓			0	0	50
NAME	Name of Building	Text	✓			0	0	25
BLDGAREA	Size of Building	Double	✓			38	8	
ACCESSTYPE	Access Type	Text	✓			0	0	50
CONDITION	Condition	Text	✓	Condition		0	0	50
OWNEDBY	Owned By	Short	✓	AssetOwner		5	0	
MAINTBY	Managed By	Short	✓	AssetManager		5	0	
*BLDGTYPE	Building Type	Long	✓		1	10	0	
GlobalID	GlobalID	Global ID				0	0	
Shape	Shape	Geometry	✓			0	0	
OFFICEHOURS	Operational Hours	Time Only	✓			0	0	
OPENDATE	Opening Date	Date Only	✓			0	0	
Shape.STArea()	Shape.STArea()	Double	✓			0	0	
Shape.STLength()	Shape.STLength()	Double	✓			0	0	
Click here to add a new field.								

Nota. https://pro.arcgis.com/es/pro-app/latest/help/data/geodatabases/overview/an-overview-of-fields.htm

Imágenes ráster. Las imágenes ráster están constituidas por una matriz de pixeles constituidos por filas y columnas en donde cada píxel representa un valor geográfico; por ejemplo, datos meteorológicos o reflectancia de energía. Estos ráster se obtienen a través de satélites y/o vehículos no tripulados como aviones o RPAS (conocidos comúnmente como Drone) (ESRI, 2024) (Figura 25).

Figura 25

Representación gráfica de ráster

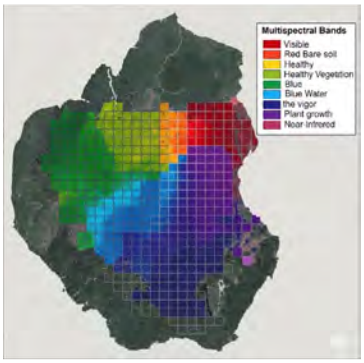


Nota. Imagen generada por IA Gemini.

Cada píxel se puede ubicar automáticamente utilizando una coordenada de referencia, el tamaño de la celda, así como el número de fila y columna. Esta ubicación se determina por medio de la georreferenciación de la imagenación de la imagen (Aronoff, 2005). La imagen ráster se usa para la recopilación de información en el espectro electromagnético donde en cada banda se registran de manera independiente y la manipulación de la información se realiza a través de programas especializados para este fin (Chuvieco, 2010) (Figura 26).

Figura 26

Imagen multiespectral



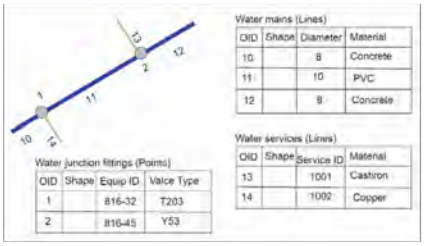
Nota. Imagen generada por IA Gemini.

Existen varias formas de interrelacionar las entidades geográficas en un SIG como las que se describen a continuación:

Redes. Se realiza la conexión entre entidades lineales; por ejemplo, redes hídricas, líneas telefónicas, vías de comunicación, corrientes de agua, etc. (ArcGis Resouces, 2024) (Figura 27).

Figura 27

Conexión tipo RED



Nota. Elaborada con base en https://resources.arcgis.com/es/help/getting-started/articles/026n00000008000000.htm

Topologías. Se presenta cuando hay entidades adyacentes y con geometría coincidente; por ejemplo, municipios, estados, parcelas, colonias, etc.as, colonias, etc. (ArcGis Resouces, 2024) (Figura 28).

Figura 28

Topología en un archivo Shapefile

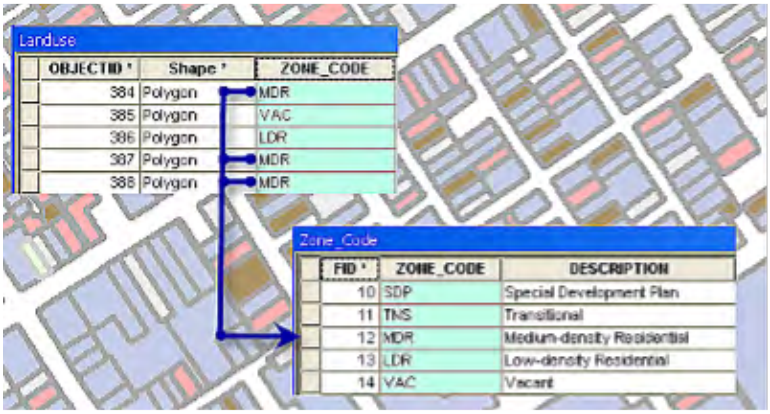


Nota. Elaborada con base en los datos vectoriales de acceso libre del INEGI.

Tablas relacionadas. Es cuando se realiza la comparación de información contenida en los atributos (tablas) de dos entidades diferentes y que coinciden en un punto en común para poderse asociar y en consecuencia realizar los análisis pertinentesálisis pertinentes (ArcGis Resouces, 2024) (Figura 29).

Figura 29

Tablas relacionadas



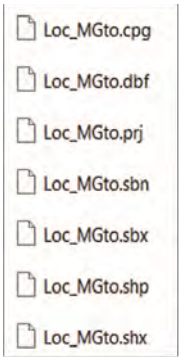
Nota. https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/latest/manage-data/tables/about-joining-and-relating-tables.htm

4.5. Formato shapefile

Un shapefile es una forma sencilla y no topológica utilizada para el almacenaje, ubicación geométrica, así como los atributos de la información geográfica el shapefile se representa por medio de las entidades de puntos, líneas o polígonos, permitiendo la interrelación con los atributos que se puedan vincular a las entidades de un shapefile (ESRI, 2025i) (Figura 30).

Figura 30

Entidades de un shapefile



Nota. Elaborada con base en los vectoriales de acceso libre del INEGI.

Un shapefile es uno de los formatos de datos espaciales con las que puede trabajar y editar en *ArcGIS Pro*, diseñado por la compañía ESRI y que es utilizado como el medio para la generación de información geográfica. Este formato es el que define la geometría y la relación de los atributos de la información geográfica donde existen tres archivos principales los cuales se deben de almacenar en el mismo espacio de trabajo para su correcto funcionamiento (ESRI, 2025b). En la tabla 6 se muestran las extensiones y funciones de cada uno de los archivos de respaldo de un shapefile.

Tabla 6

Extensiones de los archivos que componen un shapefile

Extensión	Función
.shp	Archivo principal donde se almacena la geometría del dato geográfico.
.shx	Archivo principal donde se almacena el índice de la geometría del dato geográfico.

Tabla 6
Extensiones de los archivos que componen un shapefile

Extensión	Función
.dbf	Archivo principal donde se almacena la información de los atributos del dato geográfico[4].
.sbn y .sbx	Archivos donde se almacena el índice espacial de los datos geográficos.
.fbn y .fbx	Archivos de almacenaje del índice espacial de los datos geográficos (archivos de lectura interna).
.ain y .aih	Archivos donde se almacena el índice de atributo de los campos activos en una tabla de atributos.
.atx	Archivo creado por cada shapefile o índice de atributos de shapefile.
.ixs	Índice de geocodificación para los shapefiles de lectura y escritura.
.mxs	Índice de geocodificación para los shapefiles de lectura y escritura (formato ODB).
.prj	Archivo donde se almacena la información del sistema de coordenadas.
.xml	Archivo donde se almacena información sobre el shapefile (metadato[5]).
.cpg	Archivo opcional que se usa para especificar la página de código con la finalidad de identificar el conjunto de caracteres a utilizar.

Nota. Adaptada de https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/latest/manage-data/shapefiles/shapefile-file-extensions.htm

Es importante que los archivos principales que conforman un shapefile tengan el mismo prefijo; por ejemplo: caminos.shp, caminos.shx y caminos.dbf, así como sus archivos auxiliares.

4 La interrelación entre la geometría y los atributos se basa en el número de registro proporcionado por el archivo dbf.
5 Término que describe a un conjunto de datos para su correcto uso.

Capítulo V
Ejercicios básicos en *ArcGIS Pro*

Práctica 1. Primeros pasos en ArcGIS Pro

La finalidad de ESRI es conjuntar las aplicaciones de *ArcGIS* (aplicaciones de *ArcGis* (*ArcMap*, *ArcCatalog* y *ArcScene*) en un solo software que ha denominado *ArcGIS Pro*, con lo cual pretende facilitar los procesos geográficos. En general el propósito de ESRI para *ArcGIS Pro* es lo siguiente (ESRI, 2025t):

ArcMap + *ArcCatalog* + *ArcScene* = *ArcGIS Pro*

Lo anterior, basado en que *ArcGIS Pro* organiza los trabajos en proyectos, para que en el proceso se realice el almacenamiento en un solo sitio en el equipo de cómputo. Los proyectos tienen una extensión "*.aprx*" ya que cada proyecto crea de manera automática su geodatabase cuya extensión es "*.gdb*" y su propia caja de herramientas cuya extensión es "*.tbx*".

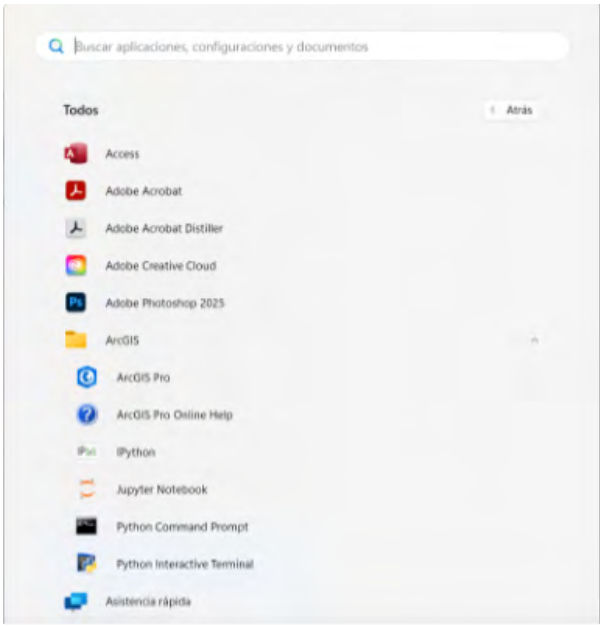
NOTA: antes de comenzar con los ejercicios, asegúrese de colocar la carpeta con los ejercicios en la unidad raíz (C:\) como se indicó en el prefacio del presente libro.

Parte I. Creación de un nuevo proyecto

Paso 1. Abrir *ArcGIS Pro* para lo cual vaya al botón inicio ( ) de su equipo de cómputo, en aplicaciones vaya a la carpeta ArcGIS y la carpeta ArcGis y dé un *clic* sobre el ícono de *ArcGIS Pro* (Figura 31).

Figura 31

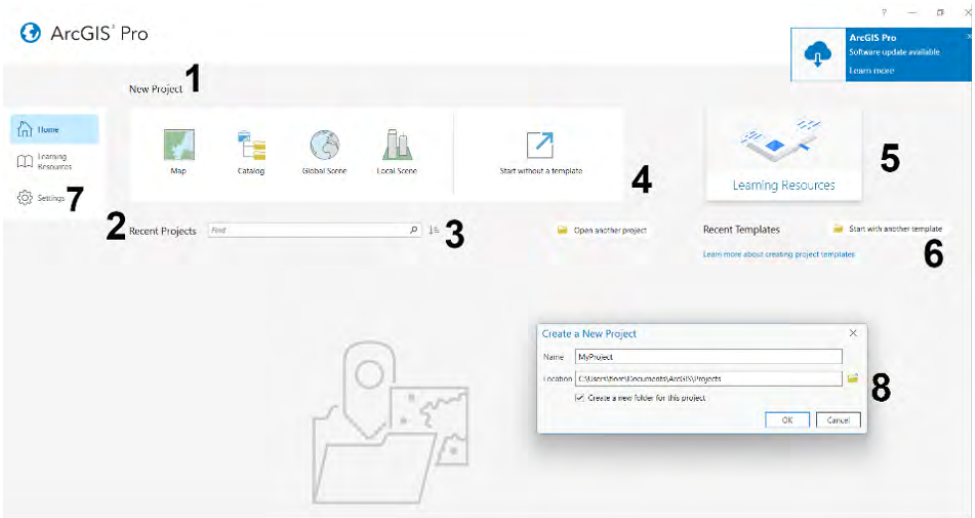
Ubicación de ArcGIS Pro en las aplicaciones



Paso 2. Una vez que se abra la aplicación le aparecerá la pantalla de inicio de *ArcGIS Pro* (Figura 32).

Figura 32

Pantalla de inicio de ArcGIS Pro



Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

Pantalla de inicio de *ArcGIS Pro*:

1. ***New Project***: Consiste en crear nuevos proyectos a partir de plantillas predeterminadas, de las cuales la plantilla "*Map*" es la más común para realizar proyectos. Cuando se va a realizar un proyecto temporal o que se vaya a guardar posteriormente, se recomienda la plantilla "*Start without a template*".

2. ***Recent Projects***. En esta área se pueden visualizar los proyectos existentes. Estos proyectos aparecerán en la ventana "*Recent Projects*".

3. ***Open another Project***. Función que permite la búsqueda de proyectos que no se encuentran en la lista de proyectos recientes.

4. ***Recent templates***. Con esta función se puede comenzar con nuevos proyectos a partir de plantillas. Las plantillas utilizadas de manera reciente aparecerán en "*Recent templates*".

5. ***Learning Resources***. Permite explorar los recursos de *ArcGIS Pro* (tutoriales, vídeos, documentación, etc.).

6. ***Select with another template***. Realiza la búsqueda de plantillas del proyecto que no se encontraron en la lista de plantillas recientes.

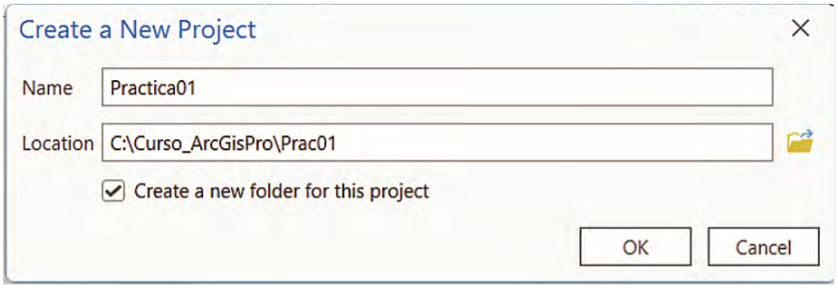
7. ***Settings***. Permite delimitar las preferencias de *ArcGIS Pro*, así como administrar distintos ajustes, como conexiones, por ejemplo.

8. ***Create a New Project***: permite crear y definir el directorio donde se almacenará el proyecto. Esta ventana aparece cuando se da un *clic* en el ícono de "*Map*".

Paso 3. En la ventana *Create a New Project* digite el nombre del proyecto (*practica01*) y la ubicación correspondiente (*C:\Curso_ArcGisPro\Prac01*) y posteriormente dé un *clic* en el botón **OK** (Figura 33).

Figura 33

Ventana Create a New Project

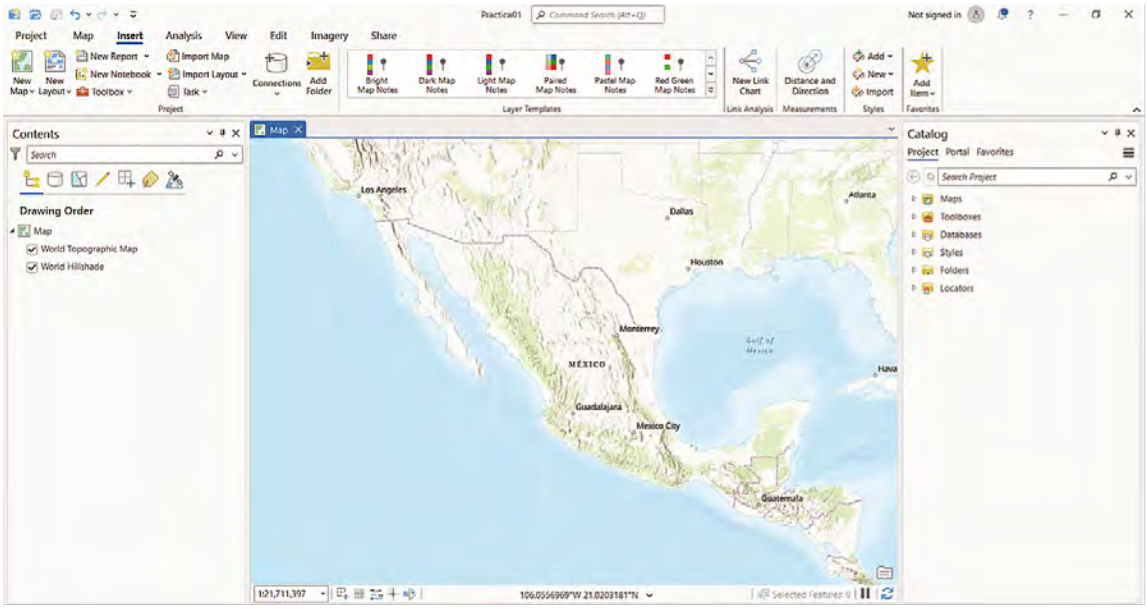


Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

Paso 4. Una vez que *ArcGIS Pro* genera el área de trabajo puede usted comenzar a cargar sus archivos vectoriales y/o ráster para comenzar a trabajar (Figura 34). Antes de iniciar, le recomiendo que haga una exploración de los elementos que le presentan en la pantalla principal desplegada.

Figura 34

Vista de un nuevo proyecto en ArcGIS Pro



Nota. Generado en *ArcGIS Pro*

NOTA: Cuando se inicia un nuevo proyecto con el comando *Start without a template* la ventana que se despliega aparece en blanco, por lo que no permite añadir vectoriales o ráster en el proyecto.

Parte II. Configuración de unidades

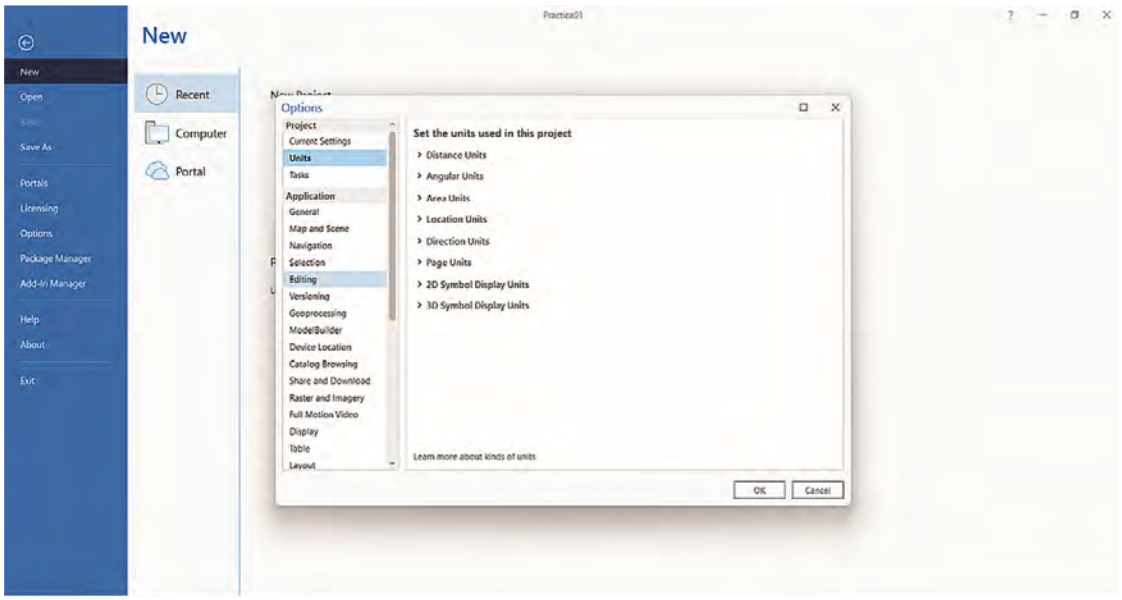
Como siguiente paso a realizar es llevar a cabo la configuración de las unidades de trabajo las cuales son necesarias para la creación de un nuevo mapa (*Map*), diseño (*Layout*) o reporte (*Report*) que son las actividades más utilizadas en la creación de un nuevo mapa, ya sea para su impresión o publicación.

Paso 5. Ubique la pestaña *Project* y seleccione el comando *Options* y posteriormente *Units* (Figura 35).

NOTA: Para las indicaciones siguientes se utilizará la simbología siguiente: **Project | Options | Units**.

Figura 35

Ubicación del comando Units

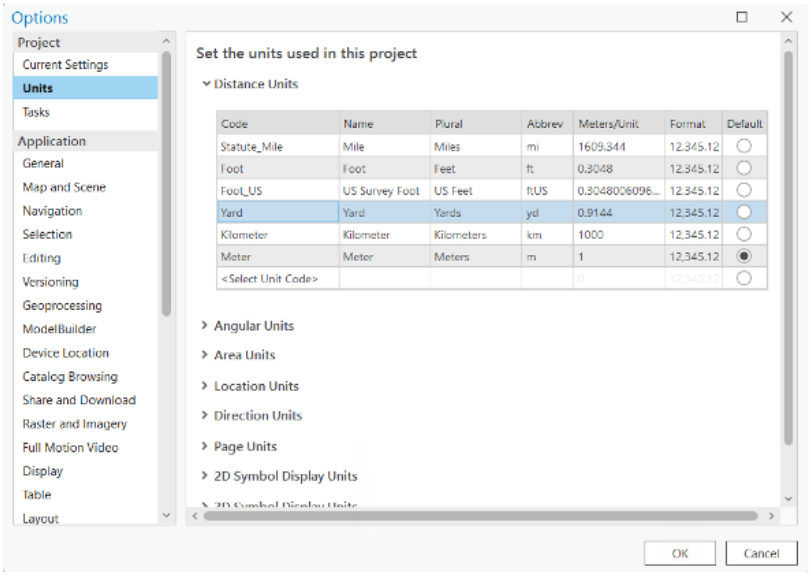


Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

En la ventana desplegada del comando *Units* se puede seleccionar las unidades de distancia, angulares, área, ubicación, dirección, etc., de su preferencia o bien las que se requieren para el proyecto. Para este ejercicio seleccione las unidades métricas que se muestran en la Figura 36 y posteriormente dé *clic* en el botón **OK** y con la flecha de retroceso ( ) regrese a la pantalla anterior.

Figura 36

Selección de las unidades métricas para trabajar en ArcGIS Pro



Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

Parte III. Creación de un nuevo mapa

Existen diversas formas de trabajar en *ArcGIS Pro*. En esta parte del ejercicio se mencionarán algunas de ellas. En la barra de comandos ubique el ícono de *New Map* y ábralo. En la ventana desplegable, observe los subcomandos que aparecen (Figura 37). A continuación, se explicará cada uno de ellos de manera clara y concisa.

Figura 37

Menú desplegable del comando New Map



Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

- New Map. *ArcGIS Pro* permite trabajar con más de un proyecto y con este subcomando se puede ir generando los proyectos que sean necesarios.
- New Global Scene. Este subcomando permite generar información en 3D.
- New Local Scene. Este subcomando permite generar información en 3D. a diferencia el New Global Scene, el Local Scene permite visualizaciones en áreas pequeñas solamente.
- New Stereo Map. Este subcomando permite visualizar pares estéreo y recopilar la información de entidades 3D.
- New Basemap. Este subcomando permite usar un mapa de referencia para superponer capas y visualizar información geográfica.

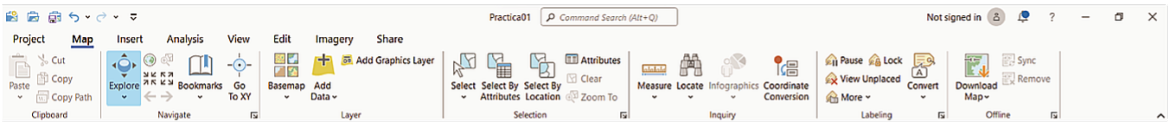
Algunas veces resulta necesario trabajar sobre un mapa sin el *Basemap*; es decir, sin la referencia del mapa base topográfico, para lo cual se puede cancelar su uso usando la instrucción *None* que se ubica en: **Menú Project | Options | Application | Map and Scene | Basemap | None**.

Parte IV. Menú de comandos y pestañas

La parte más usada en la interfaz de *ArcGIS Pro* es el menú de comandos y barra de pestañas. Este menú está organizado en pestañas y cada pestaña contiene una serie de comandos; por ejemplo, en el menú *Map* cuenta con la pestaña que despliega los comandos *Clipboard*, *Navigate*, *Layer*, y *Selection*, los cuales son las funciones más usadas en *ArcGIS Pro*. Algunas pestañas incluyen "ventanas emergentes", que contienen subcomandos relacionados con la pestaña principal. Para acceder a estos subcomandos, haga *clic* en la flecha hacia abajo ubicada en la esquina derecha de la pestaña correspondiente (Figura 38).

Figura 38

Menú de comandos y pestañas



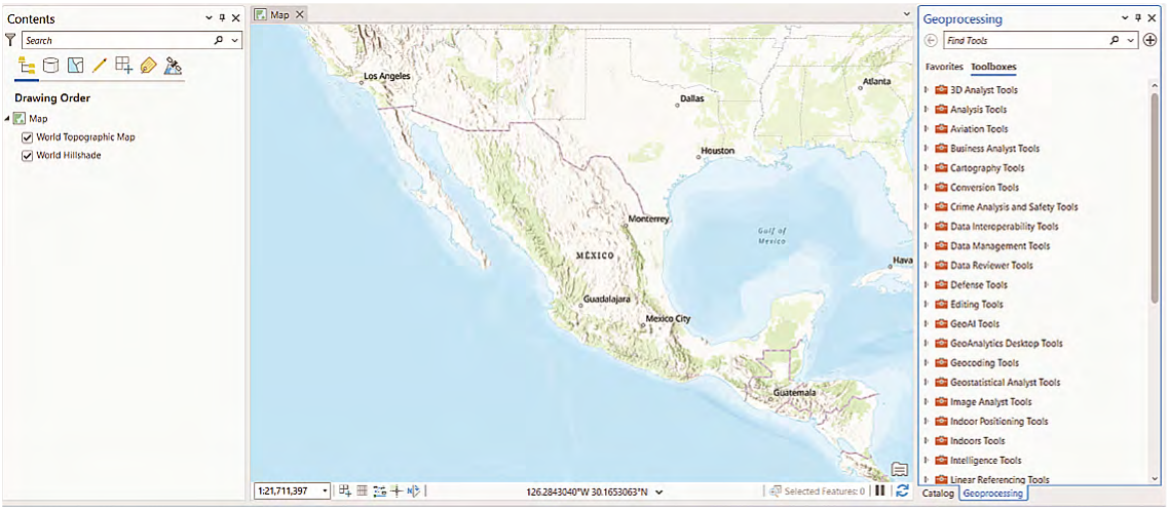
Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

Otro elemento importante son los *paneles* que son ventanas acopladas dentro de la ventana principal en *ArcGIS Pro* para permitir la administración de las herramientas y con ello proporcionar una funcionalidad mejor en la aplicación.

Por defecto el panel *Contents* colocado a la izquierda de la pantalla y el panel *Geoprocessing* colocado a la derecha de la pantalla se encuentran habilitados cuando se crea un nuevo mapa (Figura 39).

Figura 39

Ubicación de los paneles principales en ArcGIS Pro



Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

En el panel *Contents* se despliega la información de cada capa añadida al proyecto y en el panel *Geoprocesing* permite el acceso a una gama de herramientas para ejecutar geoprocesos.

Ejercicio 1. Revise detenidamente cada menú, pestaña y paneles de *ArcGIS Pro* para que se familiarice con ellos y poder utilizarlos en las prácticas siguientes.

Práctica 2. Creación y edición de entidades vectoriales

Para crear nuevas entidades vectoriales, como puntos, líneas o polígonos, se desarrolla por medio del ingreso de información a través del ratón sobre la pantalla lo cual se le conoce como *digitalización en pantalla*.

Parte V. Creación de Feature Class (shapefiles)

Paso 1. Abra *ArcGIS Pro* y seleccione el ícono *Map* para proceder colocar el nombre del proyecto (*practica02*) y realizar la ubicación correspondiente (*C:\Curso_ArcGisPro\Prac02*) para posteriormente dé un *clic* en el botón **OK**.

Paso 2. Localice la función **Tools** en la pestaña **Analysis | Geoprocessing | Tools** (Figura 40).

Figura 40

Ubicación de la herramienta Tools en la pestaña Analysis en ArcGIS Pro

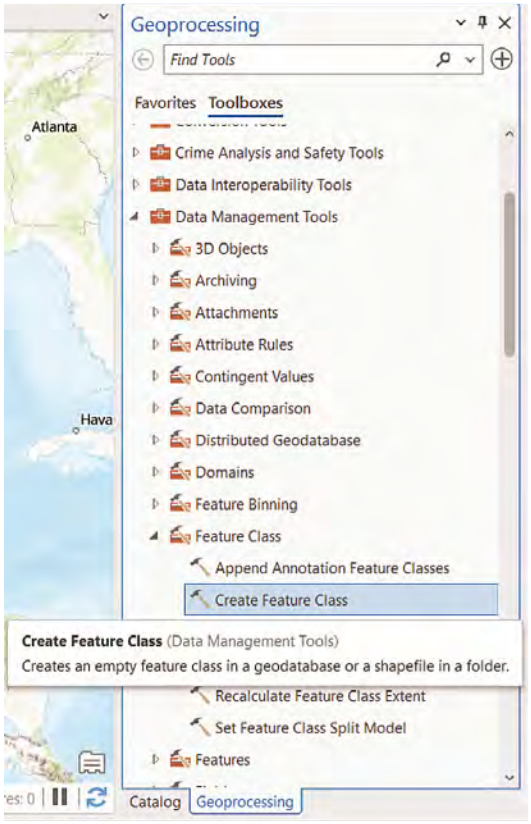


Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

Paso 3. De un *clic* sobre la función **Tools** y seleccione el comando **Create Feature Class** ubicado en **Geoprocessing | Toolboxes | Data Management Tools | Feature Class | Create Feature Class** (Figura 41).

Figura 41

Ubicación de la caja de herramientas Toolboxes en el Panel Geoprocessing



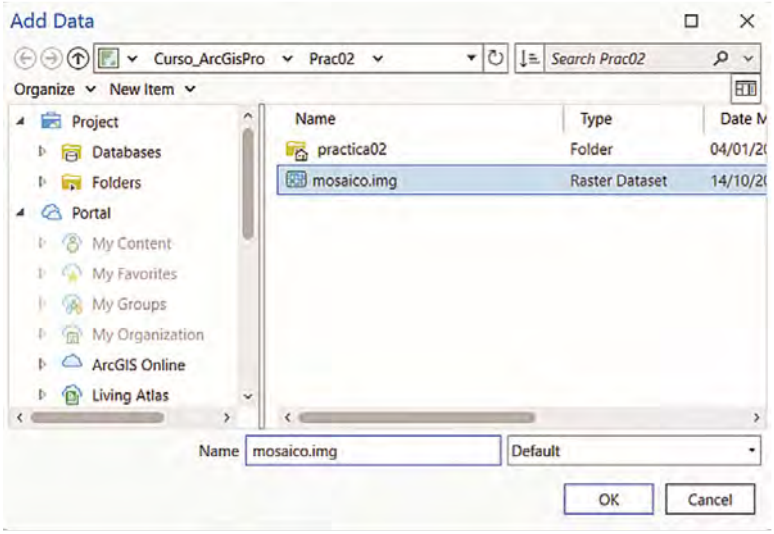
Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

El comando **Create Feature Class** es utilizada para la creación de capas vectoriales las cuales se utiliza para la digitalización de las entidades vectoriales en el ráster georreferenciado.

Paso 4. De un *clic* en el ícono de agregar datos (**Add Data**), ubicado en la Pestaña **Map | Add Data** y en la ventana desplegada seleccione *mosaico.img* y presione el botón **OK** (Figura 42).

Figura 42

Ventana de Add Data

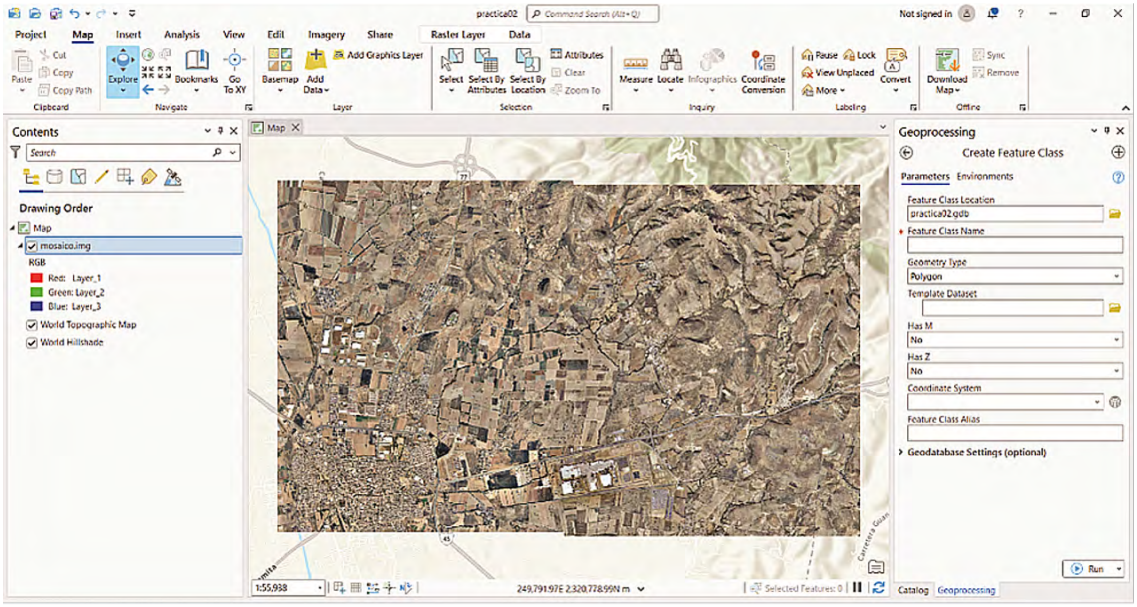


Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

El ráster corresponde a una imagen generada a partir de un conjunto de fotos del año 2008, cuya ubicación es del municipio de Silao, Guanajuato. Este ráster servirá de base para digitalizar vías de comunicación, parcelas y construcciones (Figura 43).

Figura 43

Visualización del ráster mosaico.img en ArcGIS Pro

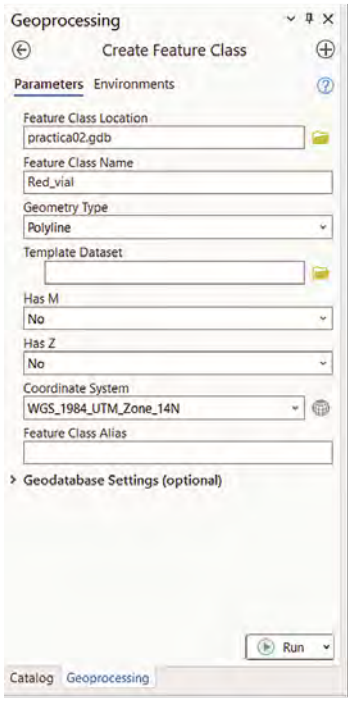


Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

Paso 5. En el cuadro de diálogo de **Create Feature Class** ingrese los datos como se muestra en la Figura 44.

Figura 44

Ventana de Create Feature Class del panel Geoprocessing en ArcGIS Pro



Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

NOTA: en la sección de **Coordinate System** se define el sistema de referencia utilizando el ícono del globo terrestre ( ). Para este ejercicio se aplica: **Projected Coordinate Systems | UTM | WGS 1984 | Northern Hemisphere | WGS 1984 UTM Zone 14N**. Los campos *Has M*, *Has Z*, y *Feature Class Alias* se dejan con los datos que vienen por defecto.

Paso 6. De un *clic* en el botón **Run** y espere a que realice el proceso.

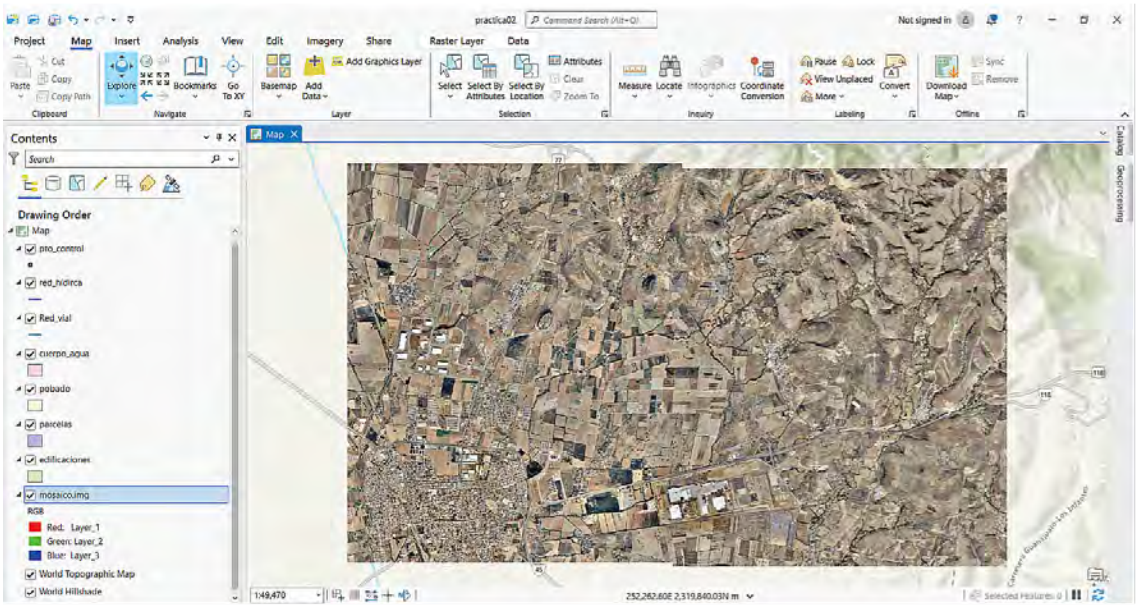
Ejercicio 2: lleve a cabo la creación de los vectoriales de puntos, líneas y polígonos especificados en la Tabla 7 como se indicó con la herramienta de **Create Feature Class**. Use el sistema de referencia **WGS 1984 UTM Zone 14N** para cada entidad vectorial creada (Figura 45).

Tabla 7
Lista de entidades vectoriales

Shapefile	Tipo
edificaciones	Polígono
red_hidirca (arroyos, ríos, canales, etc.)	Línea
red_vial (carreteras, caminos, veredas, etc.)	Línea
parcelas (parcelas, coberturas vegetales, etc.)	Polígono
cuerpo_agua (presas, lagunas, lagos, etc.)	Polígono
poblados	Polígono
pto_control	punto

Figura 45

Capas vectoriales creadas en ArcGIS Pro



Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

Edición de Shapefiles. Antes de iniciar la edición de una entidad vectorial en *ArcGIS Pro*, se debe de realizar lo siguiente:

1) Se selecciona el layer (capa) correspondiente en el panel de contenidos (**Contents**). Posteriormente, en la pestaña **Edit**, en el grupo de herramientas **Features**, se ubican los comandos **Create**, **Modify** y **Delete**, con los cuales se puede realizar la función

de crear, modificar o eliminar una entidad o un elemento de una capa. Cabe resaltar que, para realizar modificaciones en una entidad vectorial, es indispensable habilitar/seleccionar la capa que se pretende editar y posteriormente en la pestaña **Edit** se debe activar el comando requerido de **Create** (crear), **Modify** (modificar) o **Delete** (borrar).

2) En seguida se selecciona la entidad vectorial en el panel de **Create Features** en la sección **Templates** para llevar a cabo las ediciones.

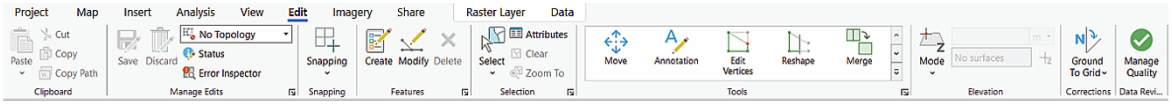
3) Posteriormente, se coloca el cursor en el ráster georreferenciado y se comienza a trazar la entidad vectorial (punto, línea o polígono) requerido.

4) Por último, se procede a grabar las ediciones realizadas o los cambios efectuados en la sección **Manage Edits**, por medio del comando **Save** o bien se descartan los cambios con el comando **Discard** (Figura 46). Lo recomendable es grabar (**Save**) constantemente los cambios para evitar alguna perdida de información, esto en caso de alguna falla o cierre inesperado del sistema. Es fundamental verificar que se esté trabajando en la entidad vectorial correcta antes de realizar cualquier cambio o guardar información.

También se recomienda realizar un respaldo de seguridad de los datos (originales y/o creados) antes de realizar cualquier edición de entidades ya sea vectoriales o ráster.

Figura 46

Ubicación de las herramientas de edición en la pestaña Edit en ArcGIS Pro



Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

NOTA: En el caso de edición de entidades vectoriales de puntos, se puede realizar el proceso mediante el comando **Go to XY**, ubicado en la pestaña **Map | Navigate**. La función de este comando es ingresar las coordenadas de un sitio determinado y ubicarse directamente sobre dicho sitio.

Parte VI. Edición de puntos

Digitalización de puntos

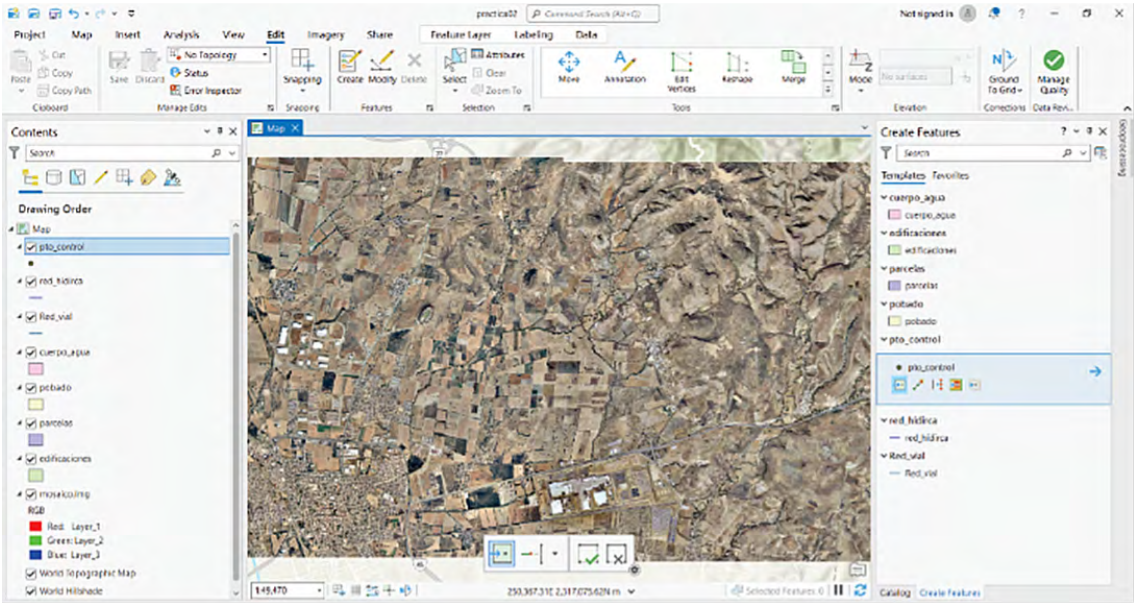
Paso 1. Seleccione el layer *pto_control* en el panel de **Contents** (contenido).

Paso 2. En la pestaña **Edit** seleccione el comando **Create** (**Edit | Create**).

Paso 3. En el panel desplegado de *Templates*, verifique que se encuentre seleccionado la entidad *pto_control*, en caso de no ser así selecciónelo y posteriormente dé un *clic* en el botón **Point | create a point feature** para realizar la creación de entidades de tipo punto (Figura 47).

Figura 47

Ubicación del comando create a point feature en ArcGIS Pro

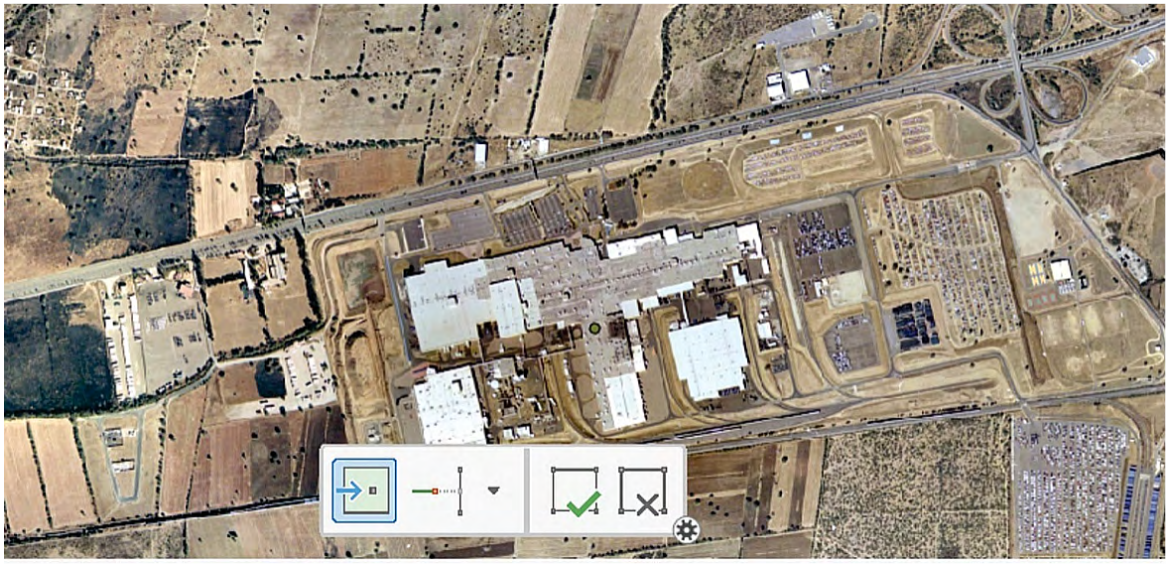


Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

Paso 4. Una vez realizado el paso anterior, ubica el lugar donde ingresarás el punto en el mapa geográfico. Por ejemplo, el edificio de la Planta General Motors cerca de la carretera Guanajuato-Silao (Figura 48).

Figura 48

Ubicación de la planta General Motors en el ráster desplegado en ArcGIS Pro

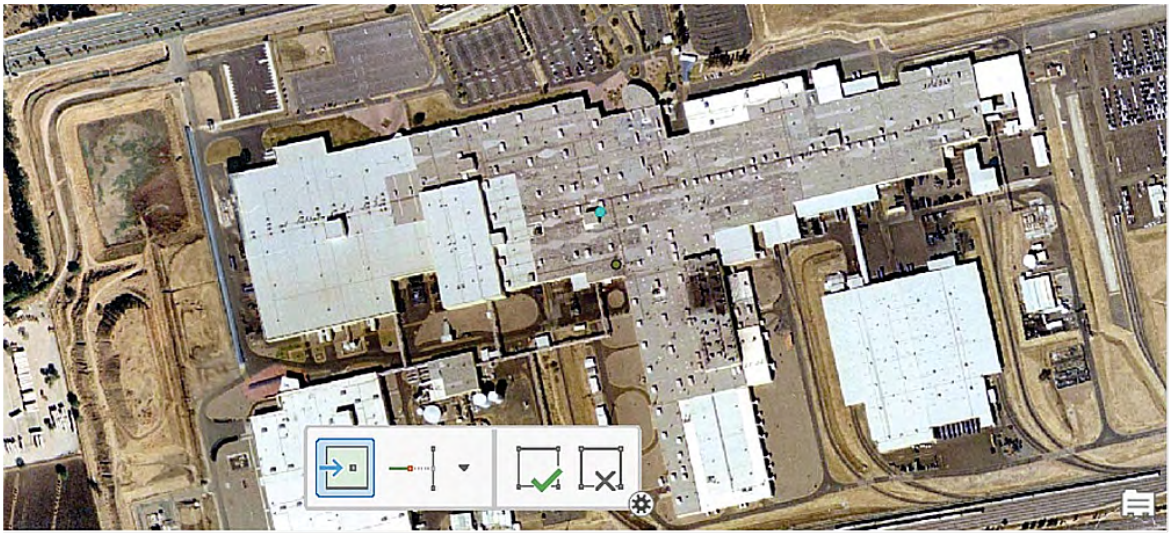


Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

Paso 5. Coloque el cursor en el centro del edificio central y haga *clic* para agregar el punto (Figura 49).

Figura 49

Ubicación del punto añadido de la planta General Motors en el ráster desplegado en ArcGIS Pro



Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

Ejercicio 3. Realice el mismo procedimiento para llevar a cabo la identificación de las construcciones más sobre salientes del ráster desplegado en *ArcGIS Pro*.

NOTA 1: Para realizar el trabajo de manera más eficiente, se recomienda utilizar las herramientas de **Zoom** y **Paneo**. Esto permitirá desplazarse sobre el ráster con mayor control y precisión al colocar los puntos, lo que resulta muy útil sobre todo en objetos pequeños.

NOTA 2: Es fundamental recordar que, al realizar cualquier cambio en la entidad a editar, se debe guardar la información de manera constante para evitar pérdidas. Realice esta acción con el comando **Save**, ubicado en **Edit | Save**.

Ingreso de coordenadas de entidad de puntos

Para generar una entidad vectorial de puntos, se deben ingresar coordenadas, ya sean geográficas (latitud y longitud) o métricas (coordenada *X* y coordenada *Y*). En esta parte del ejercicio se hará el ingreso de puntos teniendo las coordenadas *X*, *Y* en UTM, cuyo sistema de referencia es **WGS 1984 UTM Zone 14N**.

Paso 6. Seleccionar la capa de puntos correspondiente (*pto_control*) en el panel **Create Features | Templates**.

Paso 7. De un *clic* en el botón **Point** y coloque el cursor en cualquier parte del ráster y haga un *clic* derecho para seleccionar el comando **Absolute X, Y, Z** (Figura 50).

Figura 50

Visualización de la ventana desplegada del comando Absolute X,Y,Z desplegado en ArcGIS Pro

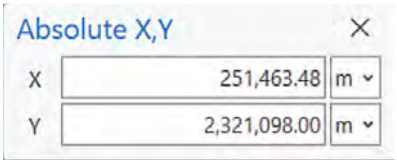


Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

Paso 8. Se despliega una ventana donde puede ingresar las coordenadas X, Y del punto que se va a generar (Figura 51). En esta parte, abra el archivo Excel *Prac02.xls* que se encuentra ubicado en *C:\Curso_ArcGisPro\Prac02* y observe las coordenadas indicadas (Figura 52).

Figura 51

Ventana del comando Absolute X,Y desplegado en ArcGIS Pro



Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

Figura 52

Coordenadas X, Y desplegadas en Excel

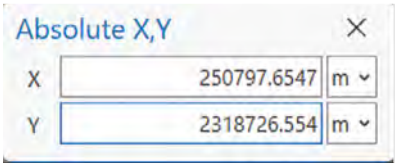
	A	B	C	D
1	Punto	Coord_Y	Coord_X	Observ
2	101	2318726.554	250797.655	EST
3	102	2318702.12	250820.026	MOJONERA
4	103	2318710.76	250482.237	GPS5
5	104	2318702.6	250819.412	OC
6	105	2318695.53	250819.117	OC
7	106	2318694.7	250814.669	OC
8	107	2318702.03	250810.174	OC
9	108	2318704.64	250802.321	OC
10	109	2318706.05	250821.708	OC
11	110	2318707.55	250829.003	OC
12	111	2318693.48	250811.985	MURO
13	112	2318692.99	250811.683	MURO
14	113	2318690.93	250813.814	MURO
15	114	2318691.25	250814.29	MURO

Nota. Generado en Microsoft Excel

Paso 9. En la ventana del comando **Absolute X, Y** ingrese los datos de las coordenadas del punto 101 como se muestra en la Figura 53.

Figura 53

Ingreso de las coordenadas X, Y en la ventana del comando Absolute X, Y desplegado en ArcGIS Pro

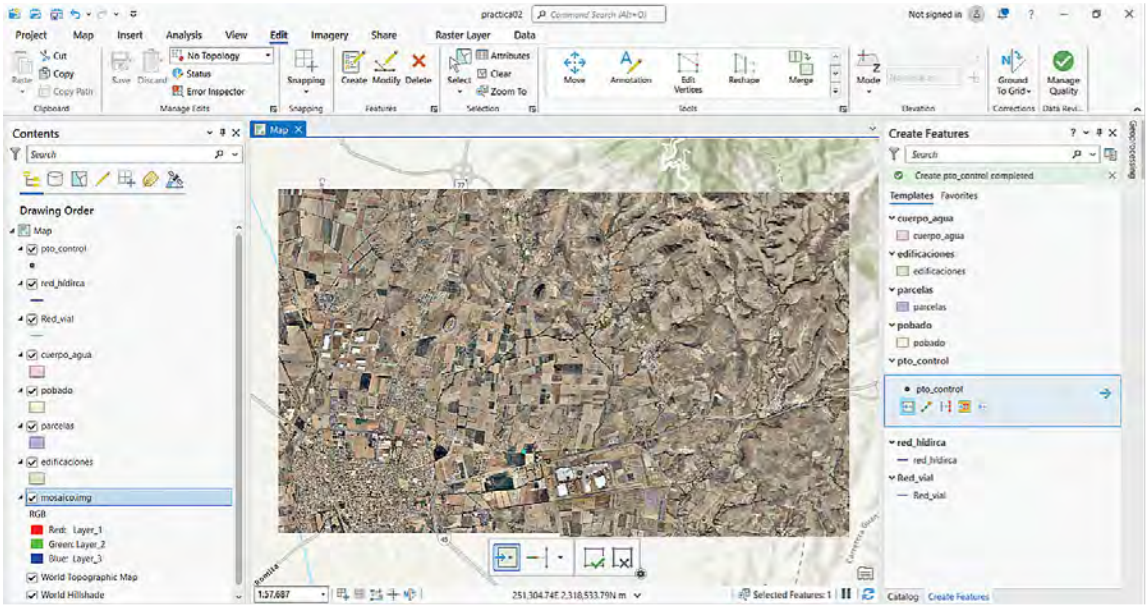


Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

Paso 10. Después de ingresar las coordenadas, pulse la tecla *Enter* para aceptar los valores. Observe como se despliega el punto en el ráster con las coordenadas indicadas (Figura 54).

Figura 54

Visualización de las coordenadas X, Y generadas en el comando Absolute X, Y en ArcGIS Pro



Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

Ejercicio 4. Ingrese los puntos restantes del archivo Excel *Prac02.xls* que se encuentra ubicado en *C:\Curso_ArcGisPro\Prac02* con el método de Ingreso de coordenadas de entidad de puntos.

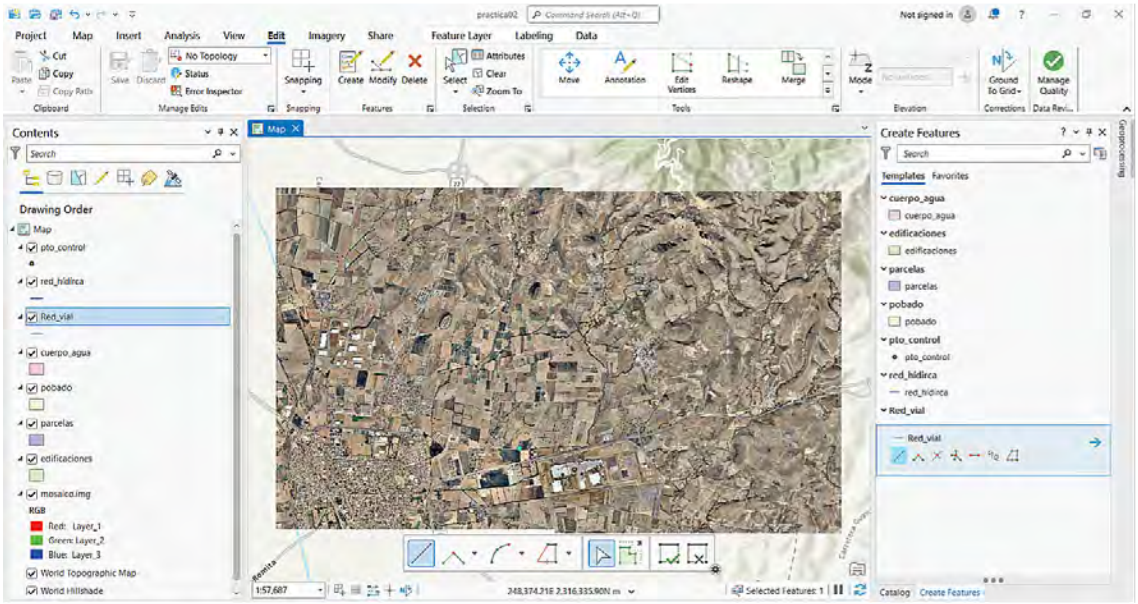
Parte VII. Edición de líneas

En esta parte de la práctica se va a realizar el ingreso de entidades de líneas por lo que se requiere que guarde los cambios realizados en la parte III.

Paso 11. Seleccione la capa *red_vial* en el panel **Create Features | Templates** y haga un *clic* en el botón **Line, Create a line feature** (Figura 55).

Figura 55

Ubicación del comando Line en ArcGIS Pro

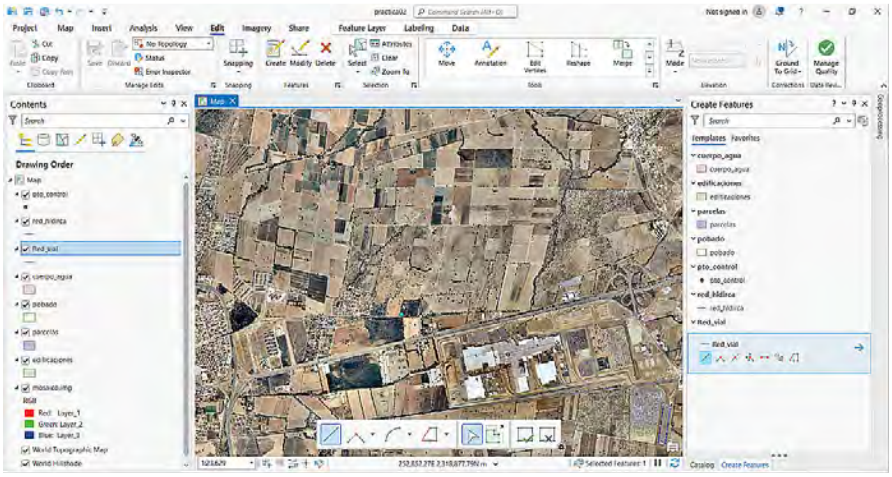


Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

Paso 12. Haga un *Zoom* hasta ubicar la carretera de cuota Guanajuato – Silao en su tramo correspondiente a la General Motors, como se indica en la Figura 56.

Figura 56

Visualización de la carretera de cuota Guanajuato – Silao en su tramo correspondiente a la General Motors en ArcGIS Pro

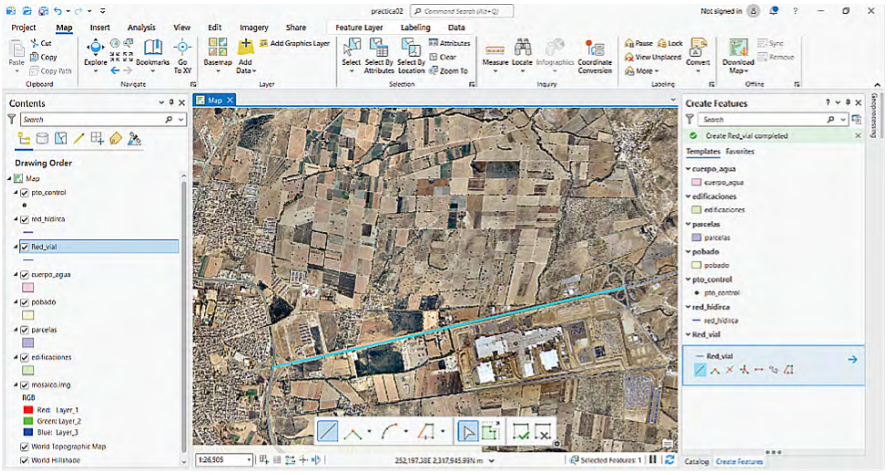


Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

Paso 13. Realice el trazado de la línea de la carretera de cuota Guanajuato – Silao en su tramo correspondiente a la *General Motors*, comenzando en el trébol (parte derecha de la pantalla) hasta el entronque con la carretera Silao – León (parte izquierda de la pantalla). Haga el recorrido y los *Zoom* necesarios para que su línea este bien trazada (Figura 57). Para finalizar de doble *clic* o pulse la tecla *F2* de su computadora.

Figura 57

Trazado de la carretera de cuota Guanajuato – Silao en su tramo correspondiente a la General Motors en ArcGIS Pro



Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

NOTA 1: Es de suma importancia que este bien seguro de mantener la conectividad entre los tramos de la línea digitalizada ya que no pueden existir tramos que no se conecten entre sí o se tengan secciones donde las conexiones excedan los bordes de una línea existente. Para evitar errores de esta naturaleza es recomendable activar el comando **Snapping** (

) el cual permite que el puntero se ajuste automáticamente a los bordes, vértices o algún elemento geométrico que se encuentre cerca con una determinada tolerancia ajustable.

Ejercicio 5. Realice el mismo procedimiento y digitalice los caminos, veredas, calles de acceso y/o vialidades que observe en el ráster.

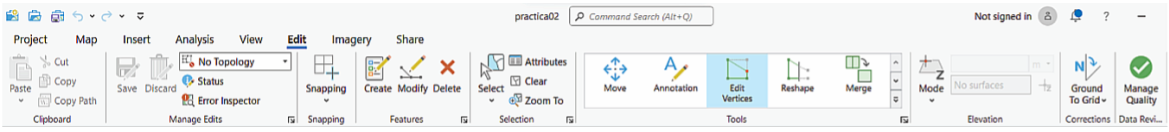
Ejercicio 6. Realice el procedimiento descrito de edición de líneas y en lel layer *red_hídirca* genere las líneas que representen los arroyos, ríos, canales, etc. que observen en el ráster.

Ajuste de la geometría de una polilínea

Para realizar el ajuste de la geometría de una polilínea (mover de lugar los vértices), se usa el comando **Edit vértices** de las herramientas **Tools**. Para llevar a cabo esta acción, primero activa la herramienta y luego haz doble *clic* en el segmento que deseas ajustar. A partir de este momento, se puede ajustar cada vértice hasta que se logre la trayectoria requerida. El comando **Edit Vertices** permite observar las coordenadas *X*, *Y* de cada vértice de la polilínea o polígono (Figura 58).

Figura 58

Ubicación del comando Edit Vértices en ArcGIS Pro



Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

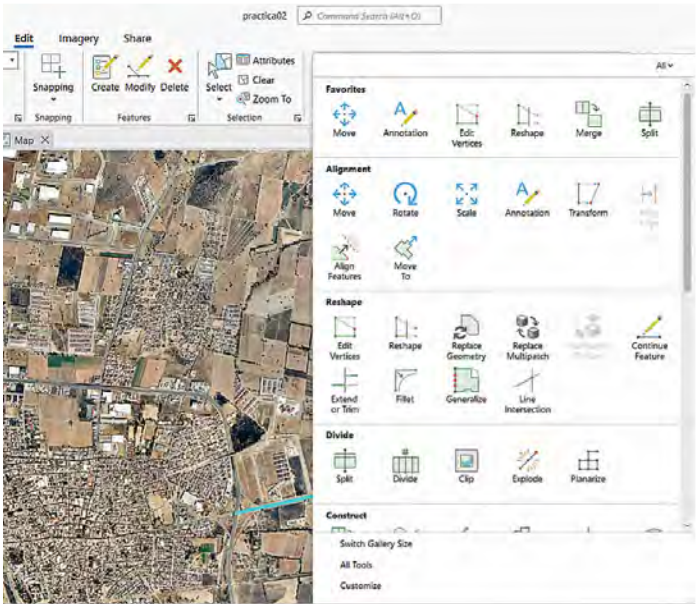
Cuando se trabaja con polilíneas, se tiene que evitar colocar excesivos vértices en una línea recta, pues esto hace más difícil una edición posterior. Se recomienda colocar los vértices necesarios en cada polilínea generada. Existen casos, como por ejemplo en

una curva que se ve la necesidad de colocar varios vértices para ajustarse a la forma del elemento.

Por otra parte, para eliminar un vértice, se da un *clic* derecho sobre el vértice y se selecciona el comando **Delete Vertex**. Cuando se requiere agregar uno o más vértices, se da un *clic* derecho sobre el segmento de la polilínea y se selecciona **Add Vertex**. En algunos casos, es necesario dividir una polilínea en dos o más segmentos. Para ello, selecciona la polilínea y utiliza el comando **Split**, que se encuentra en las herramientas **Tools | Divide** (Figura 59).

Figura 59

Ubicación de los comandos de la herramienta Edit en ArcGIS Pro



Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

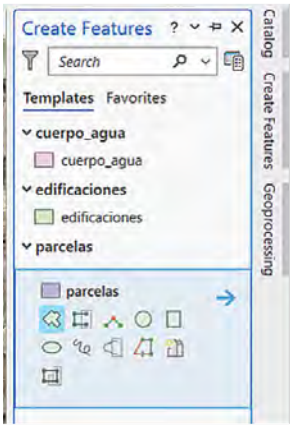
Parte VIII. Edición de polígonos

Cuando se realiza la digitalización de polígonos se sigue un procedimiento similar al de la digitalización de polilíneas. Es recomendable desactivar las capas vectoriales que se encuentran activadas la tabla de contenido (**Contents**) del proyecto cuya finalidad es evitar confusiones y/o interferencias al momento de realizar la digitalización.

Paso 14. Seleccione la capa *parcelas* en el panel **Create Features | Templates** y dé un *clic* en el botón **Polygon | Create a polygon feature** (Figura 60).

Figura 60

Ubicación del comando Create a polygon feature en ArcGIS Pro

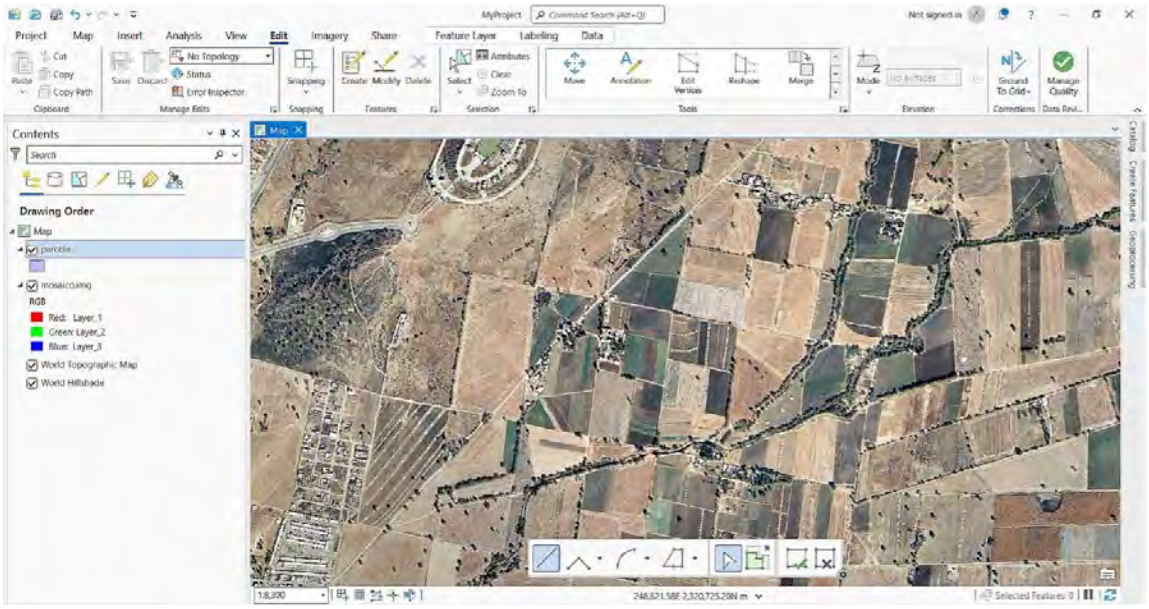


Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

Paso 15. Realice un *Zoom* hasta ubicarse en la zona que se muestra en la Figura 61.

Figura 61

Zona donde se realizará la digitalización de polígonos en ArcGIS Pro



Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

Paso 16. Para empezar con la digitalización del polígono, haga *clic* en donde se ubique el vértice de la parcela que va a digitalizar y posteriormente busque el siguiente vértice hasta completar el polígono (Figura 62).

Figura 62

Digitalización de polígonos en ArcGIS Pro



Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

Paso 17. Cuando llegue al último vértice de un doble *clic* o presione la tecla *F2* para cerrar el polígono (Figura 63).

Figura 63

Polígono generado en ArcGIS Pro



Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

NOTA: Para evitar alguna corrección topológica posterior, es de suma importancia tomar en cuenta las consideraciones siguientes:

1) Cuando se lleva a cabo la digitalización de polígonos es fundamental evitar errores topológicos como huecos, espacios vacíos o empalmes en los límites o entre polígonos vecinos.

2) Los espacios vacíos (huecos) son difíciles de detectar a simple vista, ya que solo pueden ser identificados realizando un *Zoom* a los límites de los polígonos.

3) Cuando se realiza un *Zoom* apropiado, es posible encontrar áreas compartidas entre polígonos contiguos, a esto se le denomina *solapamiento*.

4) Los errores topológicos ocurren al no usar métodos para conservar las reglas topológicas durante la edición o al reunir información de diferentes fuentes o escalas diferentes. Es fundamental tener cuidado al digitalizar y editar polígonos para evitar errores.

5) Mantener la integridad topológica de los polígonos permite una gestión y análisis conveniente de los datos geoespaciales, certificando la calidad y la confiabilidad de la información.

Para digitalizar subdivisiones, es recomendable primero establecer el perímetro y luego realizar las divisiones internas. Asimismo, se recomienda que se realice la selección previa en la simbología de un polígono donde se muestre el borde exterior, seleccionado la capa con **Edit | Selection | Select** para elegir el polígono que se esté editando para posteriormente dar un *clic* en el comando **Split** para realizar un recorte del polígono.

Por otra parte, se ha de comenzar marcando el primer punto fuera del polígono para continuar la digitalización de la línea de corte hacia el interior del área. El último punto de la línea de corte debe estar también fuera del polígono. Por último, se da un doble *clic* o pulsando la tecla *F2*.

El proceso anterior se repite las veces que sean necesarios hasta que se obtengan todas las divisiones o categorías requeridas del área de estudio[6].

6 Este comando se activa cuando uno o varios polígonos están seleccionados.

Cambio de forma de un polígono. Cuando se está llevando a cabo la edición de un polígono, es indispensable conocer cómo se realiza el cambio de forma para poder hacer los ajustes geométricos necesarios. Para este caso se selecciona el polígono (**Edit | Selection | Select**) y se da un *clic* en el icono **Reshape** que se encuentra ubicado en la pestaña **Edit | Tools**.

Otra forma de digitalizar polígonos adyacentes es evitando digitalizar el mismo borde dos veces, por lo que se debe de asegurar una estructura continua sin solapamientos ni espacios vacíos. Para realizar lo anterior, se usa el comando **Autocomplete Polygons** que se encuentra en el panel **Create Features | Templates**; este comando permite digitalizar polígonos de manera continua y sin interrupciones. Aquí es de suma importancia recalcar que no se necesita seleccionar las entidades colindantes para comenzar la digitalización de nuevos polígonos. Para realizar este proceso es necesario digitalizar por lo menos dos vértices que estén conectados con polígonos vecinos.

Para el caso de fusión de dos o más polígonos en una entidad vectorial (Shapefile) se requiere que se seleccione los polígonos participantes para lo cual se usa el comando **Select**, el cual se activa al presionar la tecla *Mayúsculas* durante la selección para proceder a continuación a aplicar el comando **Merge** ubicado en la pestaña **Edit | Tools**. En este comando se debe de seleccionar los atributos del polígono se conservarán en el polígono fusionado.

Ejercicio 7. Realice el procedimiento para digitalizar por lo menos 20 parcelas del ráster, procurando que algunas de ellas sean contiguas para usar los diferentes comandos descritos.

Ejercicio 8. Realice el proceso de digitalización de polígonos de las entidades siguientes:

- edificaciones
- cuerpo_agua
- poblados

Práctica 3. Gestión de tablas

Las tablas se utilizan para almacenar información descriptiva, que puede estar vinculada a una capa vectorial o ser independiente. La información alfanumérica almacenada

en una tabla puede estar como números enteros, números con decimales, texto o fechas. Asimismo, hay varios formatos de tabla compatibles con *ArcGIS Pro*, como Geodatabases, bases de datos, *INFO*, *dBASE*, archivos de texto, *Microsoft* Excel, *Access*, *SQL*, entre otros.

La estructura de una tabla es por filas y columnas, donde cada fila se considera como un objeto que almacena valores en diferentes campos. Cada columna se limita a un solo tipo de datos, considerándose un campo. En la tabla, se pueden agregar tantos campos como sean necesarios para almacenar la información. Asimismo, cada Shapefile incluye una tabla asociada en formato *DBF* (o bien, cabe la posibilidad de que las tablas de una capa vectorial estén en una Geodatabase).

Parte I. Creación de nuevos campos en las tablas

Paso 1. Abra *ArcGIS Pro* y seleccione el ícono *Map* para proceder colocar el nombre del proyecto (*practica03*) y realizar la ubicación correspondiente (*C:\Curso_ArcGisPro\Prac03*) para posteriormente dé un *clic* en el botón **OK**.

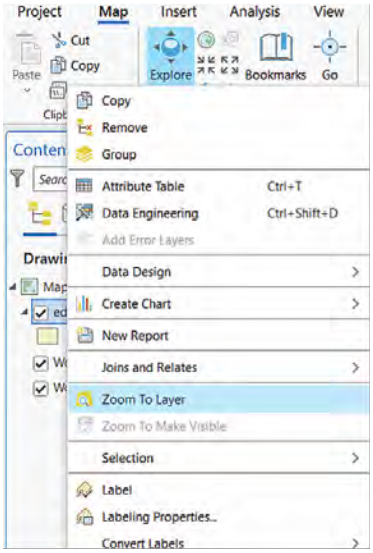
Paso 2. Añada el vectorial denominado *edo_gto.shp* ubicado en *C:\Curso_ArcGisPro\Prac03* dando un *clic* en **Add Data** (

) que se encuentra ubicado en la pestaña **Map | Add Data**.

Paso 3. Haga un *Zoom* hasta el Layer añadido, para lo cual dé un *clic*de un *clic* derecho sobre el nombre del Layer *edo_gto* que se encuentra ubicado en la tabla de contenidos (**Contents**) (Figura 64).

Figura 64

Ubicación del comando Zoom to Layer en ArcGIS Pro

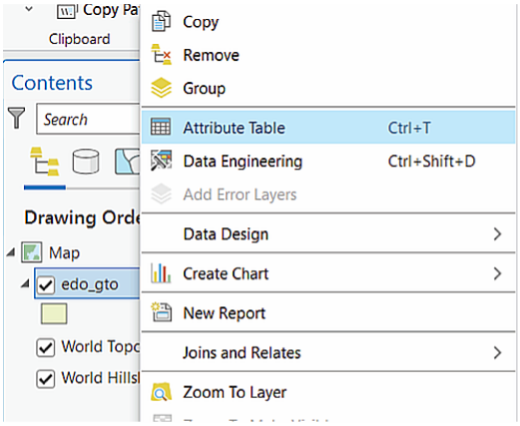


Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

Paso 4. De un *clic* derecho sobre el nombre del Layer *edo_gto* que se encuentra ubicado en la tabla de contenidos (**Contents**) y seleccione el comando **Attribute Table** (Figura 65).

Figura 65

Ubicación del comando Zoom to Layer en ArcGIS Pro

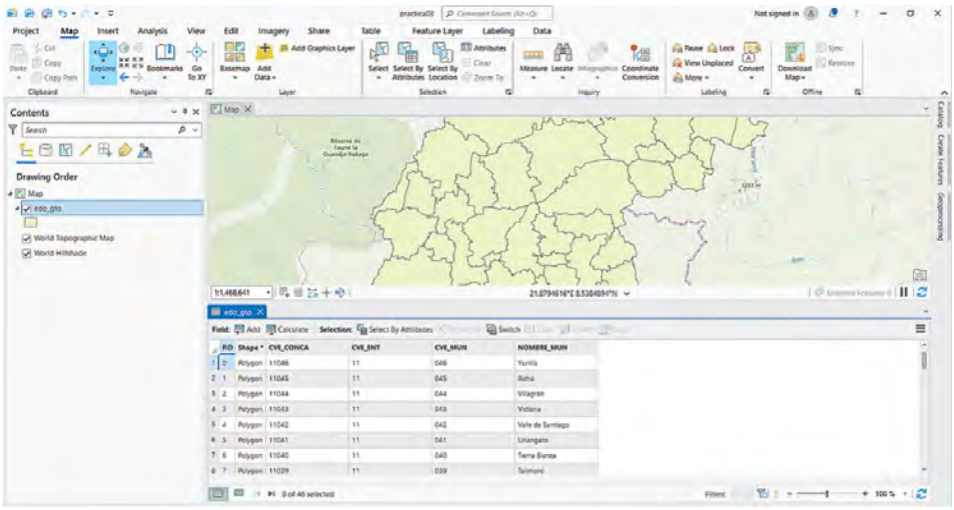


Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

Paso 5. Al momento se despliega la tabla de atributos del Layer *edo_gto*. Tómese un tiempo y revise la tabla desplegada e identifique los datos contenidos (Figura 66).

Figura 66

Contenido de la tabla de atributos del Layer edo_gto desplegado en ArcGIS Pro



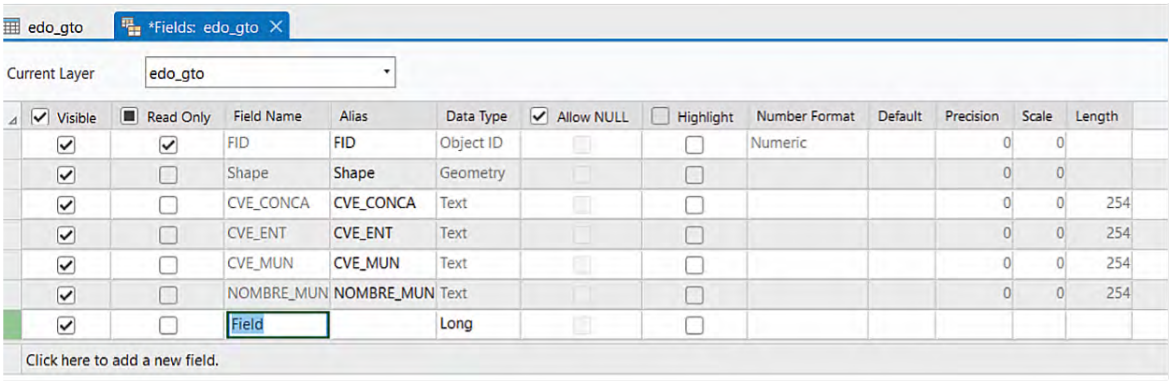
Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

Como puede observarse la tabla de atributos contiene la clave cónica, la clave del estado, la clave municipal y nombre de los municipios del estado de Guanajuato. En el siguiente paso se realizará el proceso para añadir una columna a la tabla.

Paso 6. Sobre la barra de menú de la tabla de atributos, localice el ícono *Add* (Add) el cual va a desplegar la pestaña **Current Layer** donde se va a configurar la nueva columna (campo) (Figura 67).

Figura 67

Visualización de la pestaña Current Layer en ArcGIS Pro



Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

Paso 7. En la columna **Field Name** se asigna un nombre del campo, para este ejercicio se le denominara *POB2020*.

NOTA: Debe de considerarse que no se permiten tildes, espacios ni caracteres especiales, y que los Shapefiles y tablas *.dbf* la longitud máxima es de diez caracteres.

Paso 8. En la columna **Alias** coloque el mismo nombre del paso 7.

Paso 9. En la columna **Data Type** se despliega la ventana contextual para especificar el tipo de campo que se va a crear, el cual puede ser numérico (*short integer*, *long integer*, *float* o *double*), de texto o fecha. En esta parte es importante la siguiente informació (Neer, 2024) referente al tipo de dato que se ha de crear (Tabla 8).

Tabla 8
Tipos de datos comunes admitidos por ArcGIS Pro

Tipo de dato	Tamaño	Rango	Descripción
Short Integer	2 bytes	± 32,768	Los enteros cortos son números enteros, positivos o negativos, que normalmente se utilizan para codificar. Se utilizan para listas de valor breve, como códigos de uso de la tierra, tipos de vegetación y valores booleanos (es decir, verdadero/falso).
Long Integer	4 bytes	± 2.14 billones	Los enteros largos son números enteros, positivos o negativos, que normalmente se utilizan para almacenar valores cuantitativos, como cifras de población.

Tabla 8
Tipos de datos comunes admitidos por ArcGIS Pro

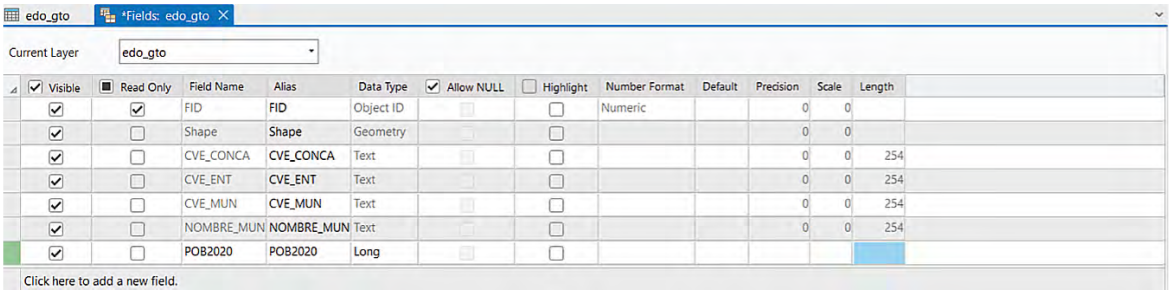
Tipo de dato	Tamaño	Rango	Descripción
Float	4 bytes	± 3.4 x 1,038	Los tipos de datos flotantes son números de punto flotante de precisión simple que pueden admitir números con una precisión de hasta 6 lugares después del decimal. Un dato flotante puede tener una precisión de 0 a 8 números con una escala de 0. Los datos flotantes se utilizan para almacenar números decimales simples como porcentajes.
Double	8 bytes	± 1.8 x 10,308	Los tipos de datos dobles son números de tipo flotante de doble precisión que pueden admitir números con una precisión de hasta 15 lugares después del decimal. Un dato doble flotante puede tener una precisión de 6 a 19 números con una escala de 0. Los datos dobles se utilizan para almacenar números decimales con un alto nivel de detalle como la Latitud y la Longitud.
Date	8 bytes	Ene. 1, 100 a Dic. 31, 9999	Las fechas se almacenan en formato de Universales de Tiempo (UTC, por sus siglas en inglés), traduciéndose al día y hora actuales en la zona horaria local.
Text	1 byte por carácter character	1–255 caracteres	El tipo de datos de texto almacena cualquier cadena de caracteres (nombres, abreviaturas, códigos alfanuméricos y códigos numéricos que comienzan con 0; por ejemplo, los códigos postales).

Para este ejercicio seleccione en tipo de dato *Long* ya que se trabajará con datos del censo poblacional 2020 reportados por el INEGI.

Paso 10. En la columna **Length** se especifica la precisión para los números o el espacio para los caracteres de texto. Para este caso deje el valor como se presenta. Finalmente, le debe de quedar los campos, como se muestran en la Figura 68.

Figura 68

Visualización de la pestaña Current Layer en ArcGIS Pro

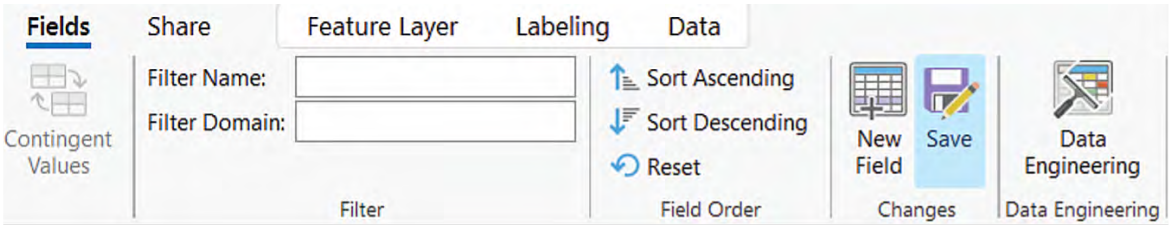


Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

Paso 11. Para concluir la creación del nuevo campo, dé un *clic* en el botón **Save** ubicado en la pestaña **Fields | Changes** (Figura 69).

Figura 69

Ubicación del comando Save en ArcGIS Pro



Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

NOTA: Es de suma importancia considerar que el botón **Save** se encontrará disponible cuando se agrega un nuevo campo y la pestaña **Current Layer** este seleccionado.

Una vez realizado este proceso, se puede cerrar la pestaña **Current Layer**.

Parte II. Ingreso de información a los campos de las tablas

En esta parte de la práctica se ingresará información en el campo creado en la tabla de atributos del Layer *edo_gto* por lo que se requiere que se encuentre abierta la tabla de atributos (**Attribute Table**).

Antes de comenzar, es importante aclarar que los valores y textos se pueden ingresar directamente en el registro de un campo, haciendo doble *clic* en la celda. Ahora bien, cuando se requiere ingresar una misma información o realizar un cálculo en una o varias filas, se hace *clic* derecho sobre el campo requerido (por ejemplo, *POB2020*) y se activa el comando **Calculate**, para abrir el cuadro de diálogo **Calculate Field**.

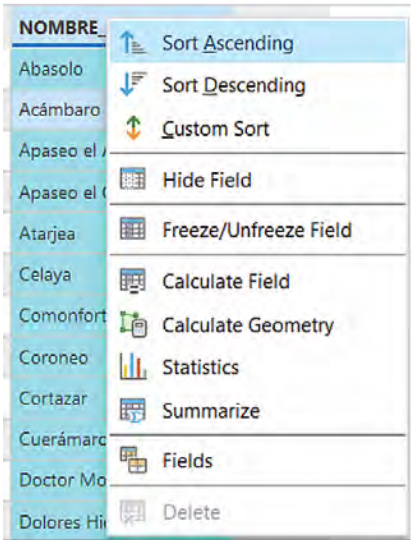
Una vez que se encuentre activado el cuadro de diálogo **Calculate Field**, se selecciona la capa a editar en el campo **Input Table**, en el campo **Field Name** se selecciona el campo que se va a editar o se escribe directamente el nombre de un nuevo campo. En el campo **Expression Type**, por defecto, se encuentra activado **Python 3**, y en caso de ser necesario, se puede cambiar a **Arcade**. En el campo **Expression**, se encuentran todos los campos de la tabla actual.

Paso 12. Para realizar el llenado del campo POB2020 de los municipios del estado de Guanajuato, consulte los resultados del censo poblacional del INEGI (https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020) para llenar cada uno de los campos con los datos censales.

Paso 13. Se recomienda ordenar alfabéticamente los nombres de los municipios para mayor facilidad de identificación de los datos que se van a organizar. Para realizarlo, coloque el cursor en la parte superior del campo *NOMBRE_MUN* y dé un *clic* derecho para desplegar el menú contextual y dé un *clic*de un *clic* sobre el comando **Sort Ascending** (Figura 70).

Figura 70

Ubicación del comando Sort Ascending en ArcGIS Pro



Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

Paso 14. Al tratarse de un valor numérico solamente se escribe en el campo respectivo el valor correspondiente y oprime la tecla *Enter* para aceptar el cambio (Figura 71).

Figura 71

Ingreso de un valor numérico en la tabla de atributos en ArcGIS Pro

edo_gto

Field: Add Calculate | Selection: Select By Attributes Zoom To Switch Clear Delete Copy

	FID	Shape *	CVE_CONCA	CVE_ENT	CVE_MUN	NOMBRE_MUN	POB2020
	45	Polygon	11001	11	001	Abasolo	92040
2	44	Polygon	11002	11	002	Acámbaro	0
3	42	Polygon	11004	11	004	Apaseo el Alto	0
4	41	Polygon	11005	11	005	Apaseo el Grande	0
5	40	Polygon	11006	11	006	Atarjea	0
6	39	Polygon	11007	11	007	Celaya	0
7	37	Polygon	11009	11	009	Comonfort	0
8	36	Polygon	11010	11	010	Coroneo	0
9	35	Polygon	11011	11	011	Cortazar	0
10	34	Polygon	11012	11	012	Cuerámaro	0
11	33	Polygon	11013	11	013	Doctor Mora	0

Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

NOTA: Cuando se va a ingresar un valor numérico se escribe directamente el valor en

el campo, pero si se va a ingresar un texto se debe de escribir el valor entre comillas (“”). Por ejemplo, si se tiene una columna con los valores de texto y se desea realizar una descripción se encierra entre comillas; por ejemplo: Los pobladores carecen de servicios básicos, se escribe en el campo correspondiente: “Los pobladores carecen de servicios básicos” y se oprime la tecla *Enter* para aceptar el cambio.

Parte III. Cálculo geométrico de entidades vectoriales

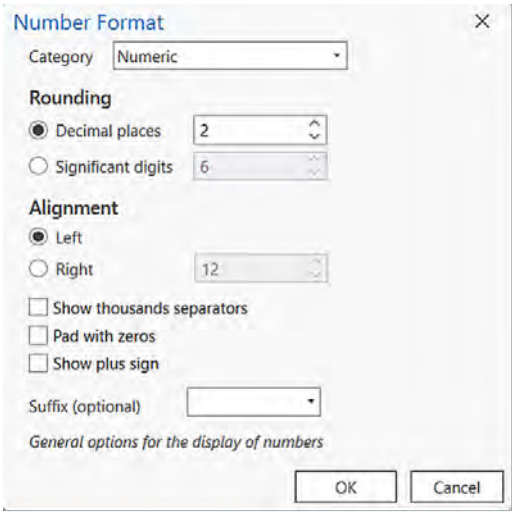
En el cálculo de la superficie, el perímetro o distancia en diferentes capas de un mapa, es de suma importancia considerar la geometría de cada capa. En primer lugar, se debe de asegurar que la capa este correctamente georreferenciada; es decir, que tenga un sistema de referencia (coordenadas); ya que de lo contrario no se puede realizar los cálculos deseados. Asimismo, se debe de considerar cuando se está trabajando con entidades vectoriales o cuando se lleva a cabo cambios en la geometría, los campos de superficie, perímetro o distancia y no se actualizan automáticamente. Por lo que se ve la necesidad de volver a realizar los cálculos de cada cambio realizado.

Paso 15. Del Layer *edo_gto* dé un *clic* derecho sobre el nombre y abra la tabla de atributos (**Attribute Table**).

Paso 16. Genere un campo llamado *Area* como se realizó en la parte II de esta práctica. En tipo de dato (**Data Type**) seleccione **Double**, en formato de número (**Number Format**) dé un *clic* sobre el campo y en los tres puntitos dé un *clic* para desplegar la ventana de formato de número (**Number Format**). En la sección *Category* seleccione numérico (*numeric*) y la sección *Rounding* seleccione *decimal places* con 2 dígitos. Los demás datos déjelos por defecto y dé un *clic* en el botón **OK** (Figura 72).

Figura 72

Cuadro de diálogo Number Format en ArcGIS Pro

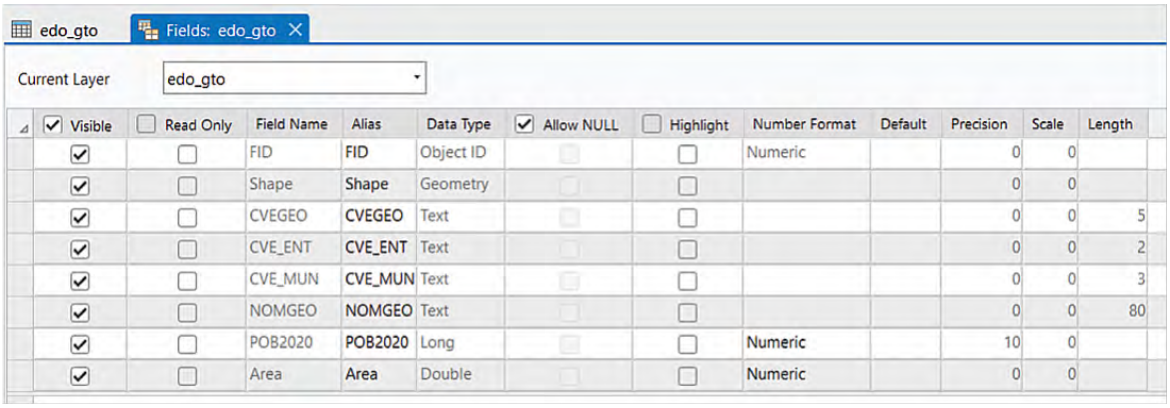


Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

Paso 17. Grabe (**Save**) los cambios realizados y asegúrese que el campo creado Area quede con Precisión 0 y escala (*Scale*) 0 (Figura 73).

Figura 73

Ingreso de los valores en el campo Area en la tabla de atributos en ArcGIS Pro



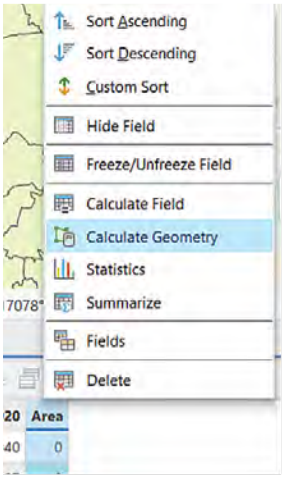
Visible	Read Only	Field Name	Alias	Data Type	Allow NULL	Highlight	Number Format	Default	Precision	Scale	Length
☑	☐	FID	FID	Object ID		☐	Numeric		0	0	
☑	☐	Shape	Shape	Geometry		☐			0	0	
☑	☐	CVEGEO	CVEGEO	Text		☐			0	0	5
☑	☐	CVE_ENT	CVE_ENT	Text		☐			0	0	2
☑	☐	CVE_MUN	CVE_MUN	Text		☐			0	0	3
☑	☐	NOMGEO	NOMGEO	Text		☐			0	0	80
☑	☐	POB2020	POB2020	Long		☐	Numeric		10	0	
☑	☐	Area	Area	Double		☐	Numeric		0	0	

Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

Paso 18. En la tabla de atributos, colóquese en el campo **Area** dé un *clic* derecho sobre el nombre para desplegar el menú contextual y seleccione el comando **Calculate Geometry** (Figura 74).

Figura 74

Ubicación del comando Calculate Geometry en ArcGIS Pro



Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

Paso 19. En la ventana del comando **Calculate Geometry**, seleccione en la propiedad geométrica **Area**, en las unidades métricas seleccione kilómetros cuadrados (**Square Kilometers**) y en el sistema de coordenadas seleccione coordenadas UTM zona 14N (**WGS_1984_UTM_Zone_14N**) como se muestra en la Figura 75. Una vez que llene los campos, haga *clic* en el botón **OK** y espere a que se complete el proceso (Figura 76).

Figura 75

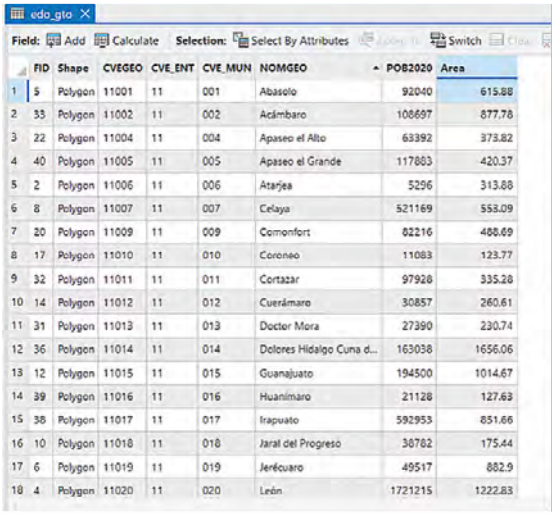
Ventana del comando Calculate Geometry en ArcGIS Pro



Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

Figura 76

Tabla de atributos del Layer edo_gto con el campo Area en ArcGIS Pro



edo_gto

Field: Add Calculate Selection: Select By Attributes Switch

	FID	Shape	CVEGEO	CVE_ENT	CVE_MUN	NOMGEO	POB2020	Area
1	5	Polygon	11001	11	001	Abasolo	92040	615.88
2	33	Polygon	11002	11	002	Acámbaro	108697	877.78
3	22	Polygon	11004	11	004	Apaseo el Alto	63392	373.82
4	40	Polygon	11005	11	005	Apaseo el Grande	117883	420.37
5	2	Polygon	11006	11	006	Atarjea	5296	313.88
6	8	Polygon	11007	11	007	Celaya	521169	553.09
7	20	Polygon	11009	11	009	Comonfort	82216	488.69
8	17	Polygon	11010	11	010	Coroneo	11083	123.77
9	32	Polygon	11011	11	011	Cortazar	97928	335.28
10	14	Polygon	11012	11	012	Cuerámaro	30857	260.61
11	31	Polygon	11013	11	013	Doctor Mora	27390	230.74
12	36	Polygon	11014	11	014	Dolores Hidalgo Cuna d...	163038	1656.06
13	12	Polygon	11015	11	015	Guanajuato	194500	1014.67
14	39	Polygon	11016	11	016	Huanímaro	21128	127.63
15	38	Polygon	11017	11	017	Irapuato	592953	851.66
16	10	Polygon	11018	11	018	Jaral del Progreso	38782	175.44
17	6	Polygon	11019	11	019	Jerécuaro	49517	882.9
18	4	Polygon	11020	11	020	León	1721215	1222.83

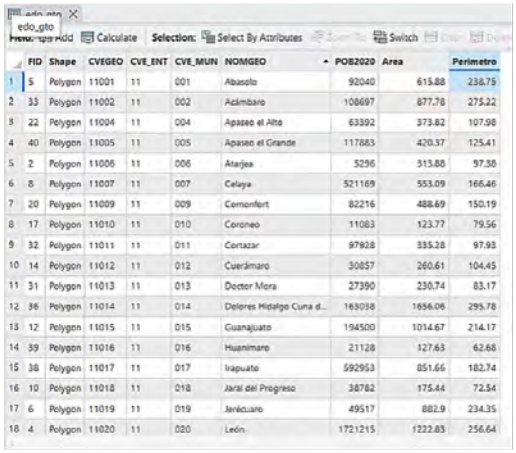
Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

Para realizar el cálculo del perímetro en una capa se realiza los pasos descritos antes, solamente se cambia en la sección **Geometry Attributes** a *Perimeter* y las unidades desplegadas en kilómetros.

Ejercicio 9. Realice los pasos anteriores para calcular el perímetro de los municipios del estado de Guanajuato. El resultado deberá ser como se muestra en la Figura 77.

Figura 77

Tabla de atributos del Layer edo_gto con el campo Perimetro en ArcGIS Pro



edo_gto

Calculate Selection: Select By Attributes Switch

	FID	Shape	CVEGEO	CVE_ENT	CVE_MUN	NOMGEO	POB2020	Area	Perimetro
1	5	Polygon	11001	11	001	Abasolo	92040	615.88	238.75
2	33	Polygon	11002	11	002	Acámbaro	108697	877.78	275.22
3	22	Polygon	11004	11	004	Apaseo el Alto	63392	373.82	107.98
4	40	Polygon	11005	11	005	Apaseo el Grande	117883	420.37	125.41
5	2	Polygon	11006	11	006	Atarjea	5296	313.88	97.38
6	8	Polygon	11007	11	007	Celaya	521169	553.09	166.46
7	20	Polygon	11009	11	009	Comonfort	82216	488.69	150.19
8	17	Polygon	11010	11	010	Coroneo	11083	123.77	79.56
9	32	Polygon	11011	11	011	Cortazar	97928	335.28	97.93
10	14	Polygon	11012	11	012	Cuerámaro	30857	260.61	104.45
11	31	Polygon	11013	11	013	Doctor Mora	27390	230.74	83.17
12	36	Polygon	11014	11	014	Dolores Hidalgo Cuna d...	163038	1656.06	295.78
13	12	Polygon	11015	11	015	Guanajuato	194500	1014.67	214.17
14	39	Polygon	11016	11	016	Huanímaro	21128	127.63	62.68
15	38	Polygon	11017	11	017	Irapuato	592953	851.66	182.74
16	10	Polygon	11018	11	018	Jaral del Progreso	38782	175.44	72.54
17	6	Polygon	11019	11	019	Jerécuaro	49517	882.9	234.35
18	4	Polygon	11020	11	020	León	1721215	1222.83	256.64

Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

Para el caso de capas lineales (polilíneas), se calcula solamente la longitud y para capa de puntos se calculan coordenadas X, Y. En general, el comando **Calculate Geometry** realiza el cálculo de la geometría de cada capa según sea su naturaleza.

Parte IV. Determinar coordenadas X, Y en entidades vectoriales

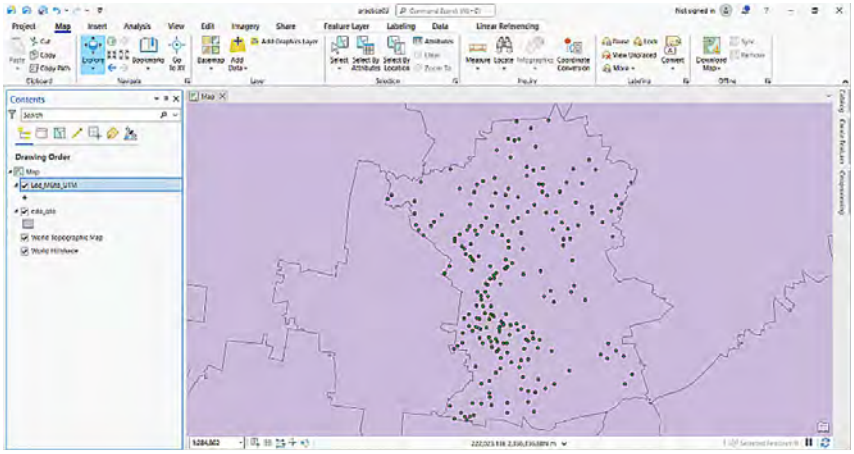
Cálculo de las coordenadas X, Y

El comando **Calculate Geometry Attributes** es de gran utilidad para ingresar información a los campos de los atributos de una capa y representar las características espaciales o geométricas, así como la ubicación de cada entidad, como la Longitud, la Latitud, la superficie, distancias o las coordenadas X, Y, Z. Por lo cual, es importante tener precaución, pues este comando puede también modificar los datos de entrada. Los cálculos de distancia y superficie se expresarán en las unidades propias del sistema de coordenadas de las capas de entrada, o bien, cuando se selecciona unidades diferentes. Por ejemplo, si se utiliza una capa de puntos, se pueden calcular las coordenadas en UTM (unidades métricas) o en coordenadas geográficas (Latitud, Longitud), dependiendo de las necesidades del proyecto. En esta parte de la práctica se calcularán las coordenadas X, Y del Shapefile *Loc_MGto_UTM.shp*.

Paso 20. Agregue al proyecto el Shapefile *Loc_MGto_UTM.shp* ubicado en *C:\Curso_ArcGisPro\Prac03* y haga un **Zoom To Layer** (Figura 78).

Figura 78

Capa vectorial de puntos Loc_MGto_UTM visualizada en ArcGIS Pro



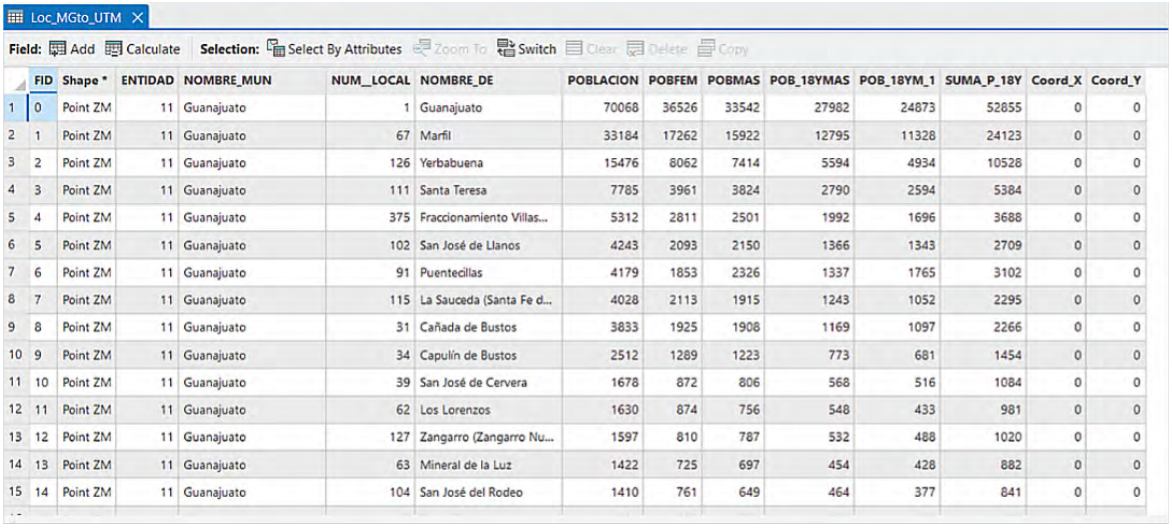
Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

Paso 21. Abra la tabla de atributos de la capa *Loc_MGto_UTM* y observe el contenido.

Paso 22. Se va a añadir dos campos en la tabla de atributos de la capa *Loc_MGto_UTM* uno se llamará ***Coord_X*** y otro ***Coord_Y***. Ambos campos tendrán las características siguientes: tipo: double, formato: numérico con 6 decimales, propiedades: precision: 0, scale: 0; (Figura 79).

Figura 79

Tabla de atributos de la Capa Loc_MGto_UTM visualizada en ArcGIS Pro



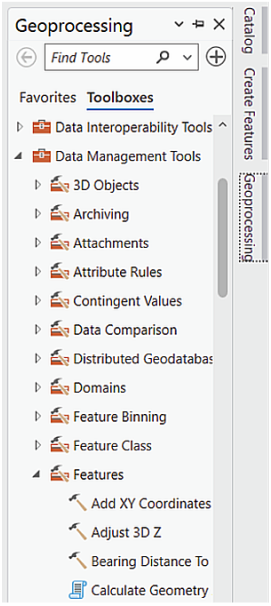
	FID	Shape *	ENTIDAD	NOMBRE_MUN	NUM_LOCAL	NOMBRE_DE	POBLACION	POBFEM	POBMAS	POB_18YMAS	POB_18YM_1	SUMA_P_18Y	Coord_X	Coord_Y
1	0	Point ZM	11	Guanajuato	1	Guanajuato	70068	36526	33542	27982	24873	52855	0	0
2	1	Point ZM	11	Guanajuato	67	Marfil	33184	17262	15922	12795	11328	24123	0	0
3	2	Point ZM	11	Guanajuato	126	Yerbabuena	15476	8062	7414	5594	4934	10528	0	0
4	3	Point ZM	11	Guanajuato	111	Santa Teresa	7785	3961	3824	2790	2594	5384	0	0
5	4	Point ZM	11	Guanajuato	375	Fraccionamiento Villas...	5312	2811	2501	1992	1696	3688	0	0
6	5	Point ZM	11	Guanajuato	102	San José de Llanos	4243	2093	2150	1366	1343	2709	0	0
7	6	Point ZM	11	Guanajuato	91	Puentecillas	4179	1853	2326	1337	1765	3102	0	0
8	7	Point ZM	11	Guanajuato	115	La Sauceda (Santa Fe d...	4028	2113	1915	1243	1052	2295	0	0
9	8	Point ZM	11	Guanajuato	31	Cañada de Bustos	3833	1925	1908	1169	1097	2266	0	0
10	9	Point ZM	11	Guanajuato	34	Capulín de Bustos	2512	1289	1223	773	681	1454	0	0
11	10	Point ZM	11	Guanajuato	39	San José de Cervera	1678	872	806	568	516	1084	0	0
12	11	Point ZM	11	Guanajuato	62	Los Lorenzos	1630	874	756	548	433	981	0	0
13	12	Point ZM	11	Guanajuato	127	Zangarro (Zangarro Nu...	1597	810	787	532	488	1020	0	0
14	13	Point ZM	11	Guanajuato	63	Mineral de la Luz	1422	725	697	454	428	882	0	0
15	14	Point ZM	11	Guanajuato	104	San José del Rodeo	1410	761	649	464	377	841	0	0

Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

Paso 23. Para calcular las coordenadas *X*, *Y* se utilizará el comando **Calculate Geometry Attributes** ubicado en **Geoprocessing | Toolboxes | Data Management Tools | Features | Calculate Geometry Attributes** (Figura 80).

Figura 80

Ubicación del comando Calculate Geometry Attributes en ArcGIS Pro



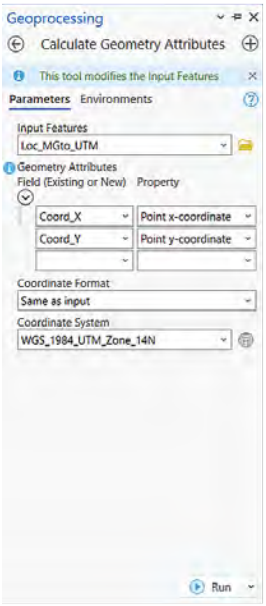
Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

Paso 24. En el cuadro de diálogo del comando **Calculate Geometry Attributes** se llevará a cabo con los siguientes datos (Figura 81):

- Input Features: seleccione el Layer Loc_MGto_UTM.
- Geometry Attributes: seleccione los campos creados (Coord_X y Coord_Y) para que se calcule la geometría. Al campo Coord_X asígnele la instrucción Point x-coordinate y la instrucción Point y-coordinate, para calcular las coordenadas UTM.
- Coordinate Format: seleccione Same as input.
- Coordinate System: Seleccione el formato de las coordenadas, para este caso, WGS_1984_UTM_Zone_14N.

Figura 81

Cuadro de diálogo del comando Calculate Geometry Attributes en ArcGIS Pro



Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

Paso 25. De un *clic* en el botón **Run** y espere a que se realice el proceso. Una vez terminado, debe mostrarse en la tabla de atributos las coordenadas *X* e *Y* de cada localidad del municipio de Guanajuato (Figura 82).

Figura 82

Tabla de atributos del Layer Loc_MGto_UTM con las coordenadas X, Y calculadas en *ArcGIS Pro*

Loc_MGto_UTM

Field: Add Calculate | Selection: Select By Attributes Zoom To Switch Clear Delete Copy

	FID	Shape *	ENTIDAD	NOMBRE_MUN	NUM_LOCAL	NOMBRE_DE	POBLACION	POBFEM	POBMAS	POB_18YMAS	POB_18YM_1	SUMA_P_18Y	Coord_X	Coord_Y
1	0	Point ZM	11	Guanajuato	1	Guanajuato	70068	36526	33542	27982	24873	52855	265763.755193	2325581.85992
2	1	Point ZM	11	Guanajuato	67	Marfil	33184	17262	15922	12795	11328	24123	262624.42613	2324249.57784
3	2	Point ZM	11	Guanajuato	126	Yerbabuena	15476	8062	7414	5594	4934	10528	263380.50638	2320132.28553
4	3	Point ZM	11	Guanajuato	111	Santa Teresa	7785	3961	3824	2790	2594	5384	259420.668537	2319594.66981
5	4	Point ZM	11	Guanajuato	375	Fraccionamiento Villas...	5312	2811	2501	1992	1696	3688	261105.807966	2319490.37205
6	5	Point ZM	11	Guanajuato	102	San José de Llanos	4243	2093	2150	1366	1343	2709	260040.689766	2307986.40565
7	6	Point ZM	11	Guanajuato	91	Puentecillas	4179	1853	2326	1337	1765	3102	263061.096002	2316175.06503
8	7	Point ZM	11	Guanajuato	115	La Sauceda (Santa Fe d...	4028	2113	1915	1243	1052	2295	272026.15217	2312486.33029
9	8	Point ZM	11	Guanajuato	31	Cañada de Bustos	3833	1925	1908	1169	1097	2266	259259.31671	2313061.54159
10	9	Point ZM	11	Guanajuato	34	Capulín de Bustos	2512	1289	1223	773	681	1454	260034.151569	2310678.92034
11	10	Point ZM	11	Guanajuato	39	San José de Cervera	1678	872	806	568	516	1084	260512.659411	2320291.46108
12	11	Point ZM	11	Guanajuato	62	Los Lorenzos	1630	874	756	548	433	981	253132.666338	2332131.63253
13	12	Point ZM	11	Guanajuato	127	Zangarro (Zangarro Nu...	1597	810	787	532	488	1020	263587.573418	2308083.9107
14	13	Point ZM	11	Guanajuato	63	Mineral de la Luz	1422	725	697	454	428	882	257074.97587	2331028.11231
15	14	Point ZM	11	Guanajuato	104	San José del Rodeo	1410	761	649	464	377	841	269634.821734	2315172.83148

Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

NOTA: Este procedimiento se debe de realizar para cada capa que se desee determinar las coordenadas *X*, *Y*, *Z* en cualquier sistema (geográficas o métricas) dependiendo de la necesidad del proyecto que se esté realizando.

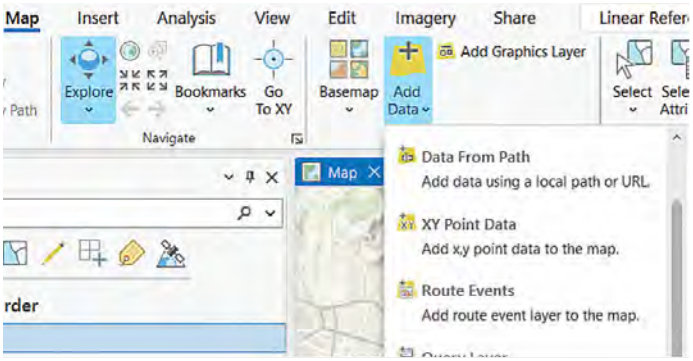
Ingreso de las coordenadas X, Y de un archivo Excel.

Otro procedimiento para ingresar datos de una tabla de atributos se puede realizar por medio de las coordenadas X, Y, lo cual se puede exportar para generar una clase de entidad, Shapefile, archivo .kmz o archivo .csv con valores para todos los formatos de coordenadas de salida actuales. Al importar un archivo Excel (.xls o .xlsx), la primera página del libro de trabajo se utiliza como entrada.

Paso 26. Seleccione del ícono **Add Data** dé un *clic* en la flecha hacia abajo para seleccionar el comando **XY Point Data** ubicado en **Map | Add Data | XY Point Data** (Figura 83).

Figura 83

Ubicación del comando XY Point Data en ArcGIS Pro



Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

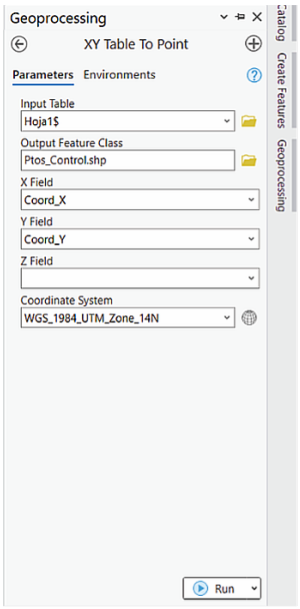
Paso 27. En el cuadro de diálogo del comando **XY Point Data** ingrese los siguientes datos (Figura 84):

- Input Table: Abra el buscador ( ) y seleccione el archivo Excel Prac02.xls ubicado en C:\Curso_ArcGisPro\Prac02.
- Output Feature Class: Abra el buscador ( ) y asígnele el nombre de Ptos_Control a la entidad que se va a crear y ubíquelo en C:\Curso_ArcGisPro\Prac04.

- X Field: Seleccione Coord_X (donde se ubican las coordenadas X del archivo Excel).
- Y Field: Seleccione Coord_Y (donde se ubican las coordenadas X del archivo Excel).
- Z Field: Debe dejarlo sin datos ya que no se cuentan con valores de elevación.
- Coordinate System: abra el buscador de coordenadas ( ) y seleccione WGS_1984_UTM_Zone_14N para georreferenciar los datos en coordenadas UTM.

Figura 84

Ventana del comando XY Point Data en ArcGIS Pro

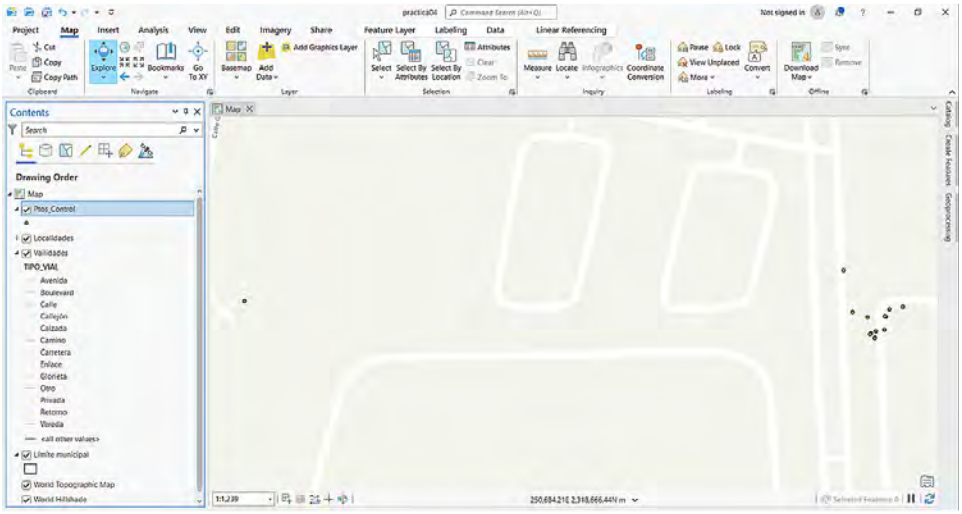


Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

Paso 28. Una vez verificada la información dé un *clic* en el botón Run para que procese los datos y visualice la información (Figura 85).

Figura 85

Visualización de los puntos generados por el comando XY Point Data en ArcGIS Pro



Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

Práctica 4. Diseño y publicación de un mapa

La elaboración de mapas puede ser un proceso arduo, el cual requiere de persistencia y dedicación para obtener un resultado satisfactorio. Analizar e interpretar información geoespacial en un computador es una tarea importante. Sin embargo, imprimir o publicar un mapa que pueda ser utilizado por cualquier persona requiere un proceso diferente, con características específicas según el tipo de usuario al que va dirigido el mapa.

ArcGIS Pro facilita a los usuarios una serie de herramientas para el diseño de mapas que permiten personalizar y ajustar diversos aspectos del mapa antes de su publicación. Es fundamental considerar que, en general, los mapas más simples son los más fáciles de comprender. Por lo tanto, se debe eliminar información innecesaria, seleccionando colores apropiados y utilizando un tamaño de letra conveniente, aparte de priorizar la información según su relevancia. El diseño de mapas no solo consiste en crear un medio visualmente atractivo, sino en comunicar claramente su propósito.

Generalmente, un mapa es la representación parcial del territorio y el grupo de profesionales que lo diseña son quienes determinan los elementos que se deben de incluir. Esta elección se basa en el conocimiento, sensibilidad e intenciones del mapatenciones del mapa (ESRI, 202u.). Por lo tanto, es fundamental que al diseñar

un mapa se tenga una comprensión clara del objetivo de este para poder tomar las decisiones adecuadas sobre qué información incluida y cómo representarla. Por lo cual, la elaboración de mapas es una tarea que requiere habilidad, dedicación y un conocimiento profundo del territorio que se desea representar. A través del uso de herramientas especializadas como *ArcGIS Pro*, los diseñadores pueden personalizar y ajustar diversos aspectos del mapa para crear una representación clara y efectiva del territorio, que transmita el propósito para el cual fue diseñado.

Parte I. Simbología de puntos, líneas y polígonos

La simbología es fundamental para definir la apariencia visual de cada elemento en el mapa, lo que incluye símbolos, colores, tramas y texto. Es importante considerar si se pretende mostrar información desde la tabla de atributos de cada capa.

Paso 1. Abra *ArcGIS Pro* y seleccione el ícono *Map* para proceder colocar el nombre del proyecto (*practica04*) y realizar la ubicación correspondiente (*C:\Curso_ArcGisPro\Prac04*) para posteriormente dé un *clic* en el botón **OK**.

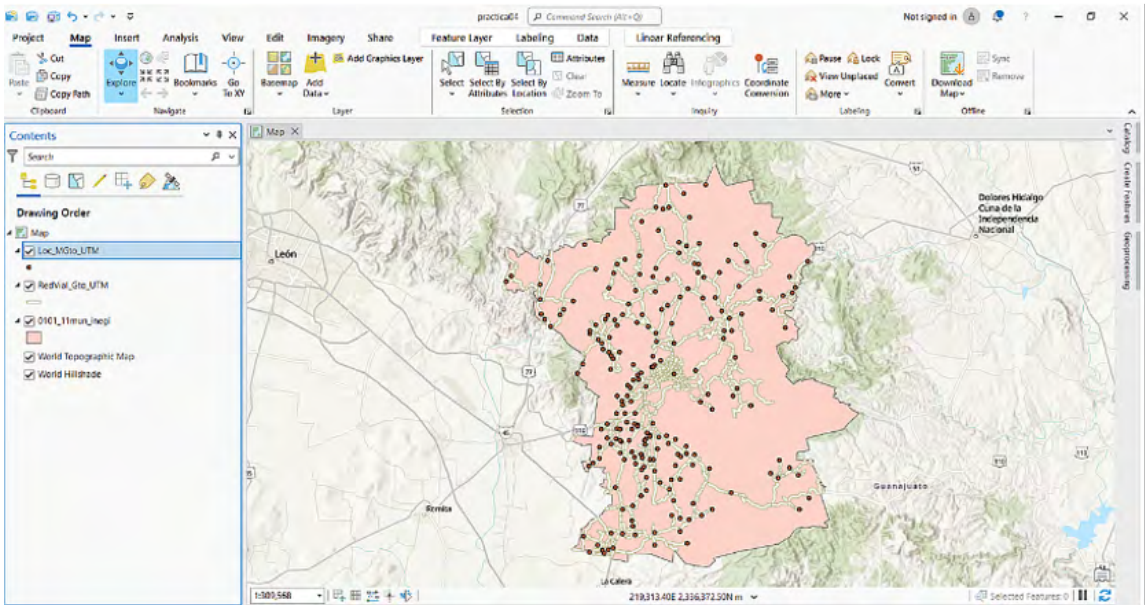
Paso 2. Añada los vectoriales denominados *0101_11mun_inegi.shp.shp*, *RedVial_Gto_UTM.shp*, *Loc_MGto_UTM.shp*, ubicados en *C:\Curso_ArcGisPro\Prac04* dando un *clic* en el ícono **Add Data** (

) ubicado en la pestaña **Map | Add Data**.

Paso 3. Primero, se personalizará la simbología de cada capa que integra el proyecto. Para personalizar la simbología de las capas que se muestran en la Figura 86, se debe hacer *clic* derecho en la capa correspondiente, en este caso el Layer *Loc_MGto_UTM* y seleccione **Symbology**, dando un *clic* con el botón izquierdo del ratón y seleccionando el comando **Symbology** del menú contextual (Figura 86).

Figura 86

Visualización de las capas del Municipio de Guanajuato, Gto. en ArcGIS Pro



Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

Paso 4. En el cuadro de diálogo del comando **Symbology** se configurará la simbología correspondiente a puntos. Antes de esto es necesario tener en cuenta los algunos de los aspectos que se pueden configurar en **Primary Symbology** (ESRI, 202w):

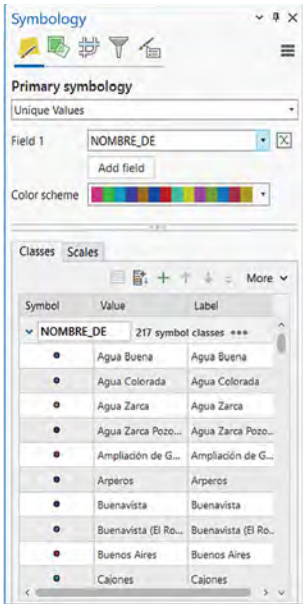
- Single symbol: Permite dibujar las características de una capa con un símbolo común.
- Unique values: Permite aplicar un símbolo diferente a cada categoría de dentro de la capa según uno o más campos.
- Graduated colors: Muestra la cuantía de un atributo numérico mediante una gama de colores.
- Bivariante colors: Permite la relación entre dos atributos numéricos mediante una combinación de dos esquemas de colores.
- Graduated symbols: Visualiza la cantidad de un atributo numérico mediante el tamaño del símbolo.
- Proportional symbols: Permite visualizar la cantidad relativa de un atributo numérico mediante el tamaño del símbolo.

- Charts: Permite visualizar los valores de un campo en forma de gráficos, como diagramas de barras, pastel y líneas.
- Heat map: Permite visualizar la densidad de puntos con colores más oscuros, lo que indica una mayor densidad.

En el cuadro de diálogo del comando **Symbology** seleccione en la sección de *Primary symbology* la acción de *Unique Values*. En la sección *Field 1*, seleccione *NOMBRE_DE* que corresponde al nombre del municipio. En la sección *Color scheme* seleccione la gama de color que le agrade (Figura 87). Cuando realice estos cambios el programa le solicitará que autorice dichos cambios y se mostrará en el área de trabajo y en el panel de contenido los cambios realizados (Figura 88).

Figura 87

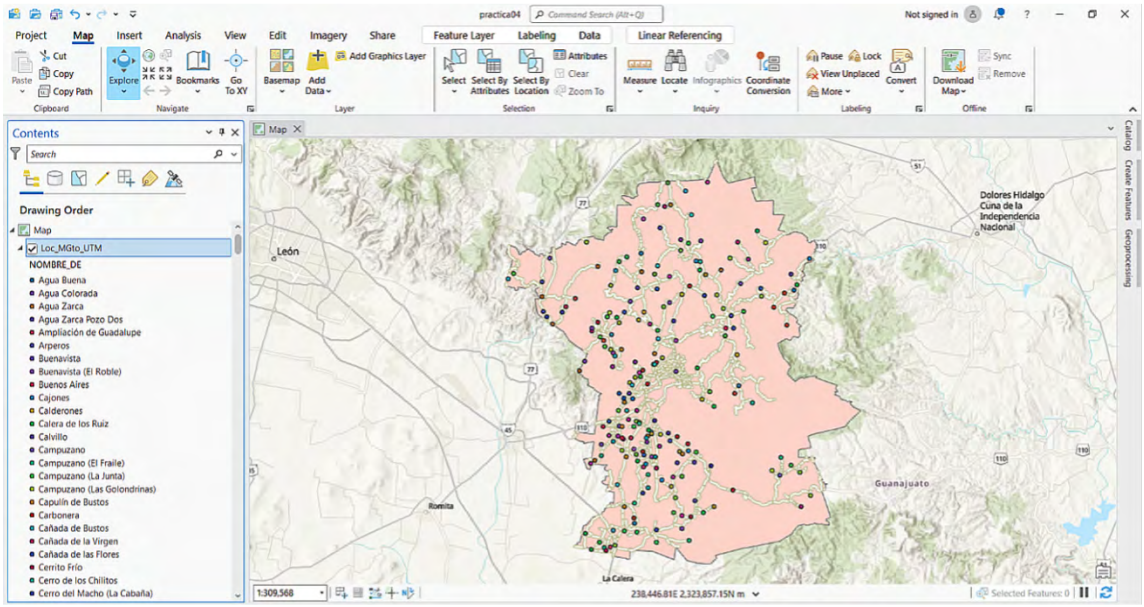
Cuadro de diálogo del comando Symbology en ArcGIS Pro



Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

Figura 88

Visualización de las capas del Municipio de Guanajuato, Gto. en ArcGIS Pro



Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

Ejercicio 10. Para la capa *RedVial_Gto_UTM* realice los siguientes cambios de simbología: seleccione *Unique Values* en la sección *Primary symbology*; seleccione *TIPO_VIAL* en la sección Field 1 y seleccione la gama de color que guste en la sección *Color sheme*.

Ejercicio 11. Para la capa *0101_11mun_inegi* de doble *clic* en el símbolo geométrico y en la ventana de Symbology seleccione la pestaña Gallery donde seleccionará el primer símbolo como se muestra en la Figura 89.

Figura 89

Visualización de la simbología en la ventana Symbology en ArcGIS Pro

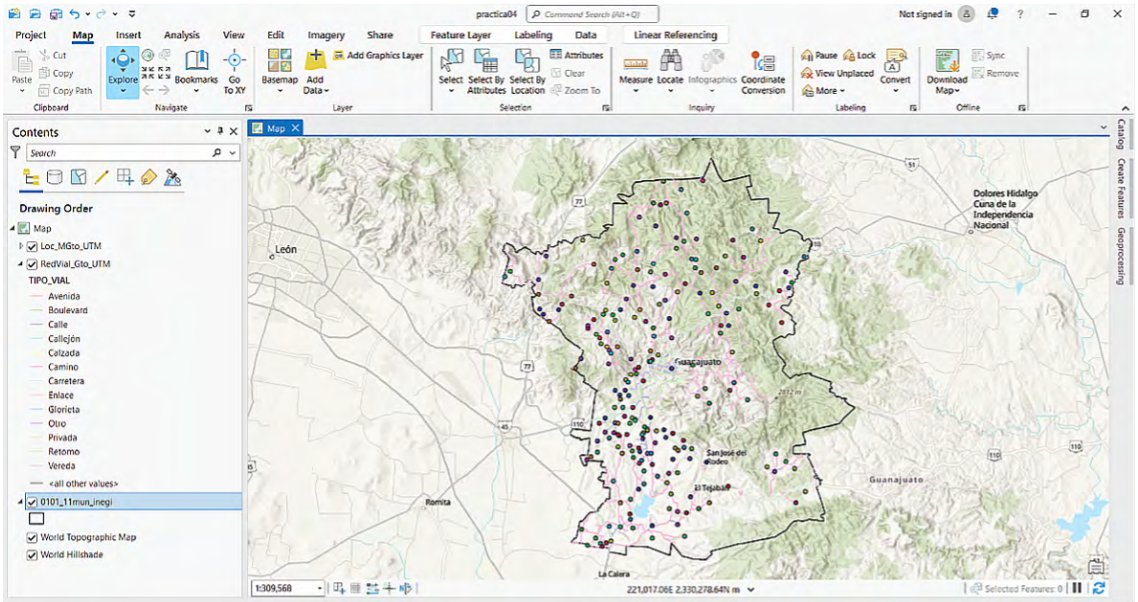


Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

El resultado de los ejercicios deberá ser parecido a lo mostrado en la Figura 90.

Figura 90

Visualización de las capas del Municipio de Guanajuato, Gto. en ArcGIS Pro



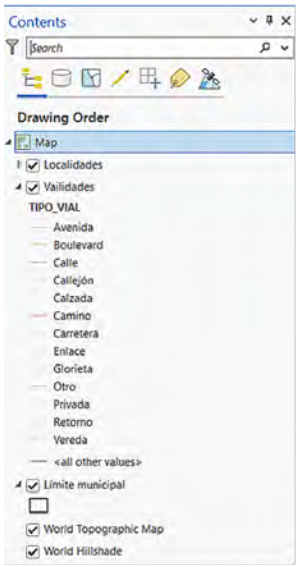
Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

Se debe de considerar la importancia de organizar apropiadamente las capas dentro del panel **Contents**, para lo que es necesario activar la organización con el **List By Drawing Order** (). Esto permite arrastrar y soltar las capas en el orden deseado. Para este ejercicio se recomienda colocar las capas en el siguiente orden: primero capa de puntos, seguida de la capa de líneas y por último la capa de polígono.

Por defecto, las capas se presentan sin formato ni categorización, presentando el nombre que el archivo. Para asignar un nombre en específico se puede realizar dando doble *clic* sobre el nombre de la capa; por ejemplo, de doble *clic* sobre el nombre de *Loc_MGto_UTM* y sustituya por *Localidades*, a la capa *RedVial_Gto_UTM*, sustituya por *Vialidades* y a la capa *0101_11mun_inegi*, sustituya por *Límite municipal* (Figura 91).

Figura 91

Visualización de las capas en el panel de contenido en ArcGIS Pro



Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

NOTA: Es importante revisar la ortografía y gramática de los nombres de las capas y categorías para asegurarse de que estén correctamente escritos.

Cuando se anexa una capa por primera vez en *ArcGIS Pro*, el programa le asigna un símbolo estándar (**Single Symbol**), el cual no siempre es adecuado para representar la información de manera efectiva; por lo tanto, para lograr una representación más precisa y clara de la información, se ha de emplear símbolos adecuados que reflejen la naturaleza de los datos.

En *ArcGIS Pro* se ofrece una extensa biblioteca de símbolos que se pueden utilizar para diferentes propósitos. La importancia estriba en seleccionar el símbolo que mejor se adapte a los datos que se quieren representar. Cada símbolo se puede editar individualmente, pero es importante conocer cuál es la simbología correcta que se debe de especificar para estar acorde a las normas establecidas para mapas en las instituciones mexicanas[7].

Parte II. Etiquetas

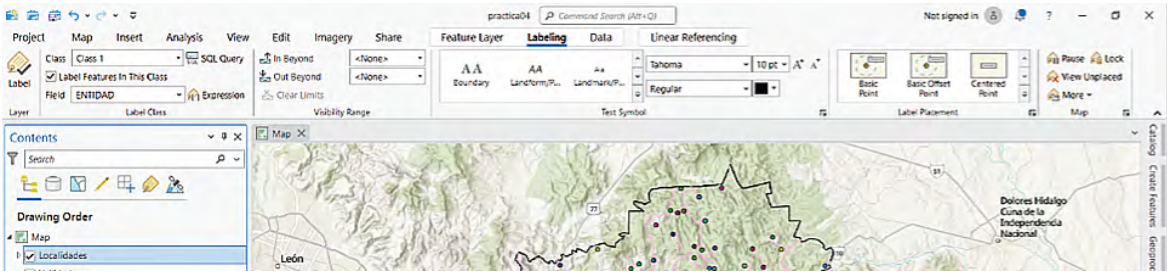
En *ArcGIS Pro*, las etiquetas son textos que se publican en el mapa y están asociados a los elementos de una capa. Es destacar que las etiquetas son un recurso útil para visualizar información importante en los mapas, como nombres de lugares, valores de atributos, entre otros aspectos. Se recomienda conFigurar con esmero las etiquetas para que sean legibles y no obstaculicen la visualización del mapa. Su relevancia es importante para capas con muchos elementos o etiquetas largas, donde es necesario utilizar técnicas de ajuste de posición o eliminación selectiva de etiquetas para mejorar la presentación del mapa.

Parte II.1. Etiquetas simples

Paso 5. Seleccione el Layer *Localidades* en el panel **Contents**, en el menú seleccione la pestaña **Labeling** (Figura 92). En esta pestaña se conFigura la apariencia y el contenido de las etiquetas.

Figura 92

Ubicación de la pestaña Labeling en ArcGIS Pro



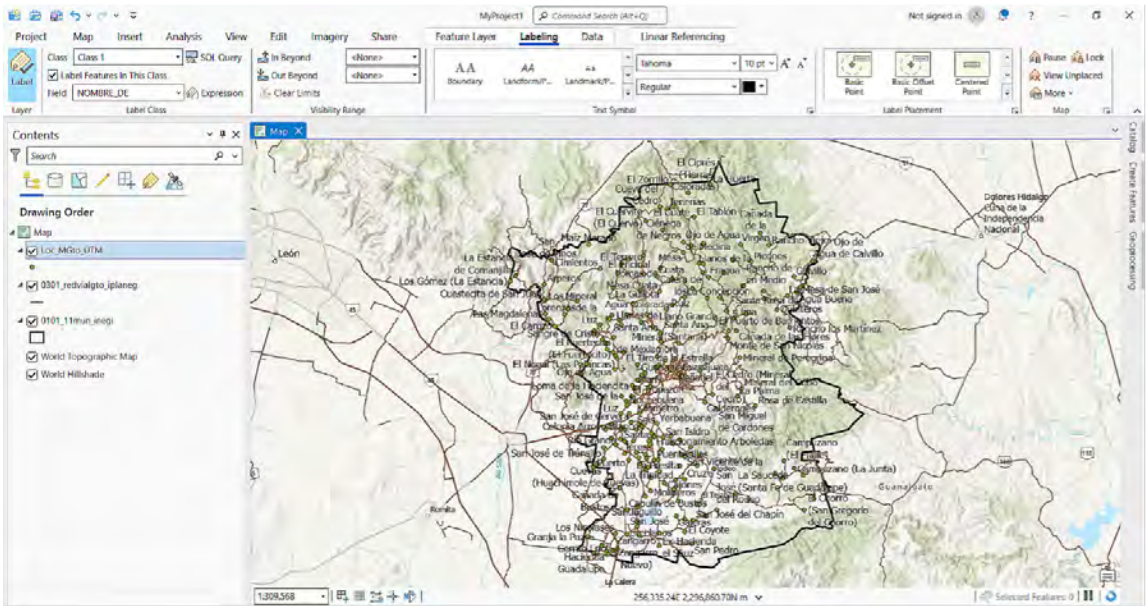
Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

7 Consultar el catálogo de símbolos y sus especificaciones para las cartas topográficas del INEGI https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825199296

Paso 6. Asegúrese que el comando **Label** esté activado en el grupo *Layer*. En el grupo *Label Class* con el comando **Field** se selecciona el campo de la tabla de atributos que se va a mostrar en las etiquetas, seleccione *NOMBRE_DE*. En el grupo *Text Symbol* se ajusta el tamaño y estilo de la etiqueta, para el ejercicio deje los datos como se presentan y solamente indique el tamaño de la letra en 6 pt. En el grupo *Label Placement* se define la posición de la etiqueta en relación con el elemento, seleccione la opción **Basic Point** (Figura 93).

Figura 93

Configuración de etiquetas en ArcGIS Pro



Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

Parte II. 2. Etiquetas combinadas

En ocasiones se necesita usar información de dos o más campos para etiquetar capas; para lo cual, se debe de conFigurar varias clases con el comando **Label Class** para publicar la información de diferentes campos o utilizar una expresión.

Paso 7. Seleccione el Layer *Localidades*. En esta capa se debe de mostrar la población total por localidad y la unidad "*habitantes*".

Paso 8. Asegúrese tener activado el comando **Label**, en caso contrario actívelo. **Labeling | Label**.

Paso 9. En el grupo **Label Class**, seleccione la opción **Field** y elija el campo *POPLACION* que es donde se encuentran los valores de población de cada localidad.

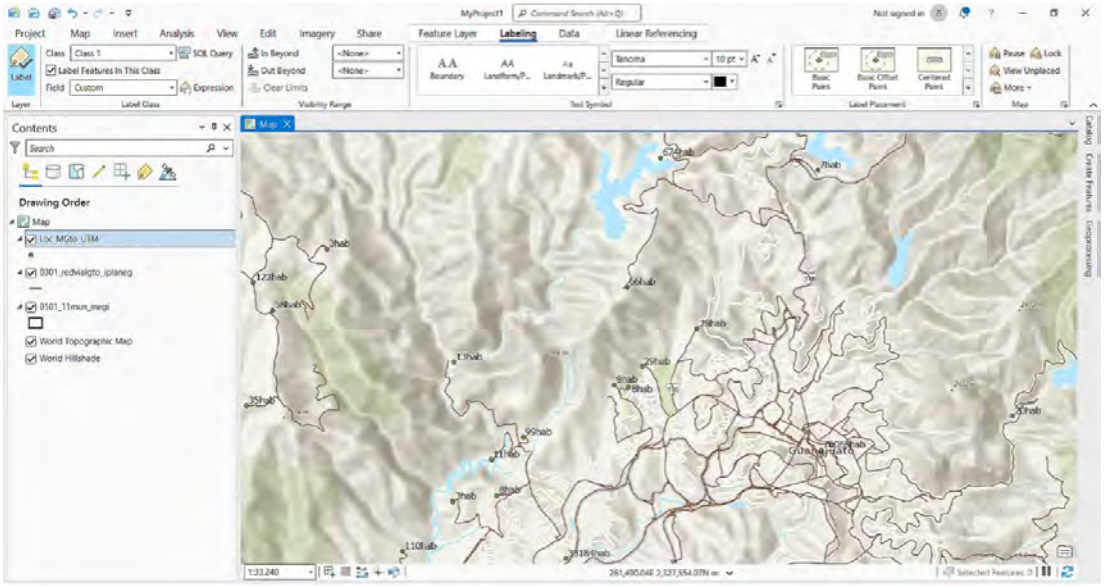
Paso 10. De un *clic* en la función Expression y digite la siguiente expresión:

round(number($feature.POBLACION)) + “hab”

Paso 11. Dé un *clic* en el botón **Apply** y espere a que se realice el proceso (Figura 94).

Figura 94

Visualización de etiquetas combinadas en ArcGIS Pro



Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

3.0.1. *Etiquetas de una clase concreta*

En ocasiones se necesita agregar etiquetas para una categoría específica; para poder hacerlo se realiza de la forma siguiente:

Paso 12. Agregue el Shapefile *cn_mgto.shp* ubicado en *C:\Curso_ArcGisPro\Prac04*,

dando un *clic* en el ícono **Add Data** (

) ubicado en la pestaña **Map | Add Data**. Esta capa contiene la información de las curvas de nivel del municipio de Guanajuato, Gto. a cada 10 metros.

Paso 13. Se mostrará las elevaciones de las curvas de nivel, información que se encuentra en el campo *elevación*. La simbología se categorizará de la forma siguiente:

- Para las curvas DEFINIDA se usará la simbología: Contour, Topographix, Index; grosor 1; RGB:78,78,78.
- Para las curvas INDETERMINADA se usará la simbología: Contour, Topographix, Indermediate; grosor 0.4; RGB:178,178,178.

Paso 14. Seleccione el Layer *cn_mgto* y active las etiquetas utilizando el campo *elevacion*, para mostrar todas las etiquetas de las curvas de nivel. Pestaña **Labeling | Label | Field**.

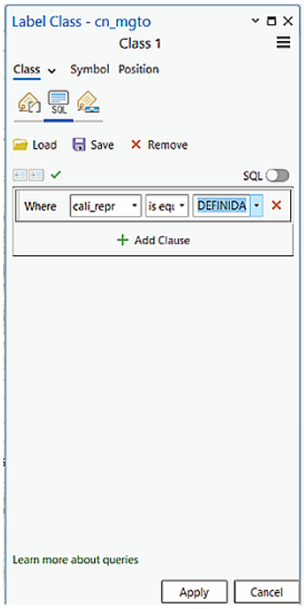
Paso 15. Se va a visualizar las etiquetas de las curvas de elevación primaras, para lo cual se dará un *clic* derecho sobre el Layer *cn_mgto* y seleccione el comando **Labeling Properties** que se encuentra ubicado en el menú contextual desplegado.

Paso 16. En la ventana de **Label Class**, ubique la pestaña **Class**, y dé un *clic* en el botón **SQL** (

), posteriormente seleccione **New expresión** y en la sección **Where**, *cali_repr*, seguido de *is equal to* y seleccione *DEFINIDA* (Figura 95). Posteriormente, dé un *clic* en el botón **Apply** para realizar el proceso donde se mostrarán las etiquetas de las curvas definidas (Figura 96).

Figura 95

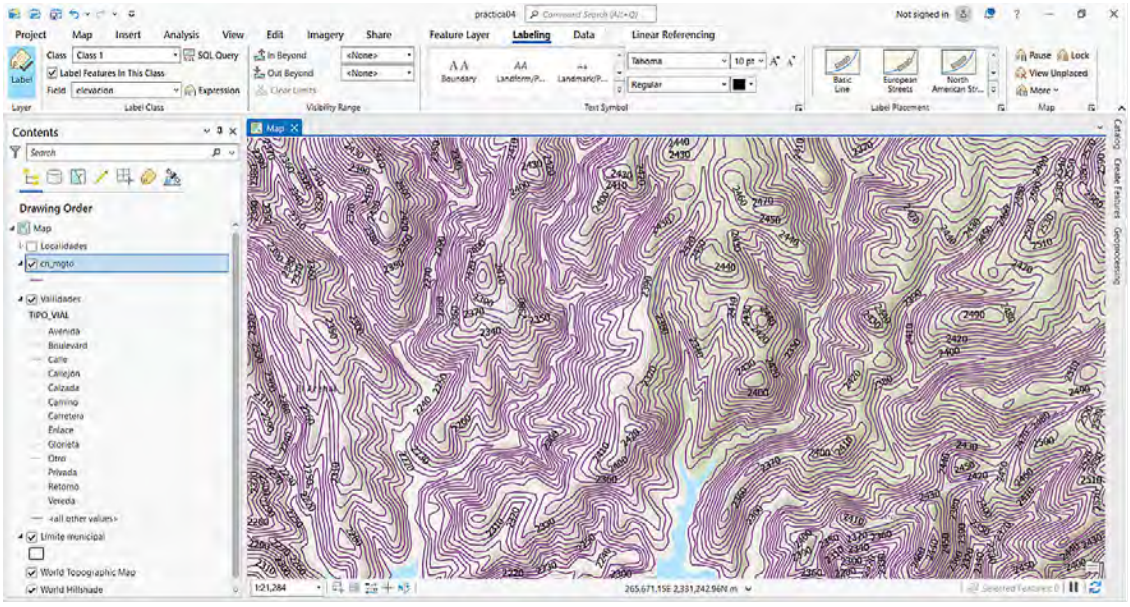
Ventana de Label Class en ArcGIS Pro



Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

Figura 96

Visualización de las etiquetas de las curvas de nivel en ArcGIS Pro



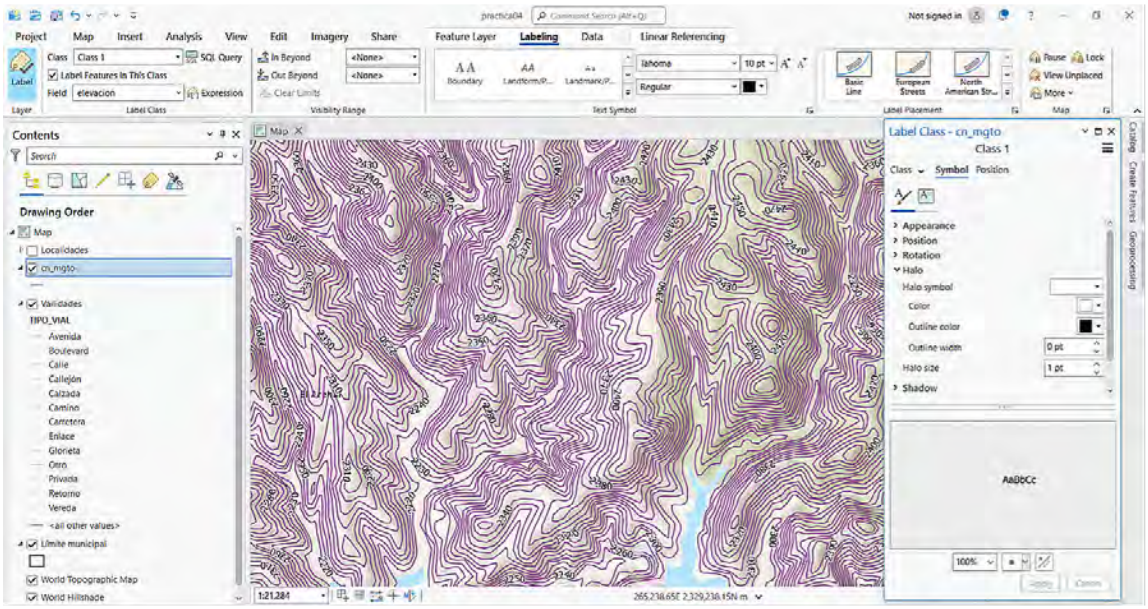
Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

Paso 17. Si se desea tener una mejor presentación de las etiquetas en las curvas de nivel, se recomienda ir a la pestaña **Labelling**, ubicar el grupo **Label Placement**, y en la opción **Field** seleccione *Contours*.

Paso 18. En el panel **Label Class**, dé un *clic* en la pestaña **Symbol**, seleccione *Halo* y coloque un color blanco, con tamaño 1 y posteriormente dé un *clic* en el botón **Apply**. Los resultados deberán ser parecidos a lo mostrado en la Figura 97.

Figura 97

Configuración de etiquetas para las curvas de nivel en ArcGIS Pro



Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

Parte III. Efecto 3D

En una práctica posterior se realizará el procedimiento para generar Modelos Digitales de Elevación (MDE), en esta parte del presente ejercicio se usará este MDE para mejorar la apariencia topográfica del mapa vectorial, por lo que se agregará un sombreado (hillshade) para ser la base en la realización de un efecto 3D.

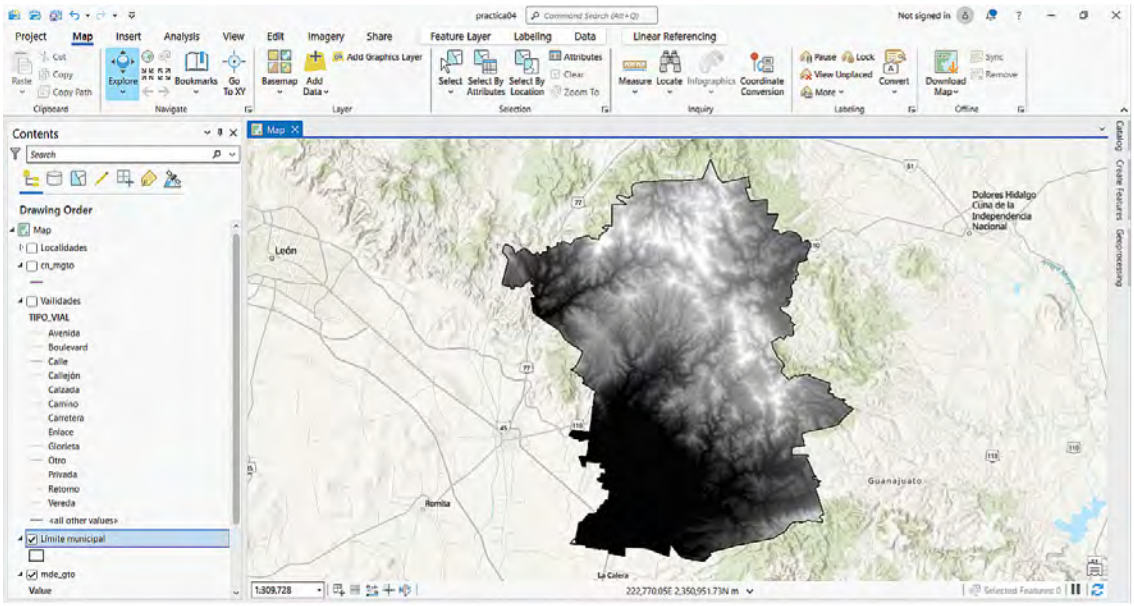
Paso 19. Agregue al proyecto el ráster *mde_gto* ubicado en *C:\Curso_ArcGisPro\Prac04*, dando un *clic* en el ícono **Add Data** (

) ubicado en la pestaña **Map | Add Data**.

Paso 20. Desactive temporalmente los Layers excepto el de Límite municipal (Figura 98).

Figura 98

Visualización del MDE del Mpio. de GuanajuatoMpio. De Guanajuato en ArcGIS Pro



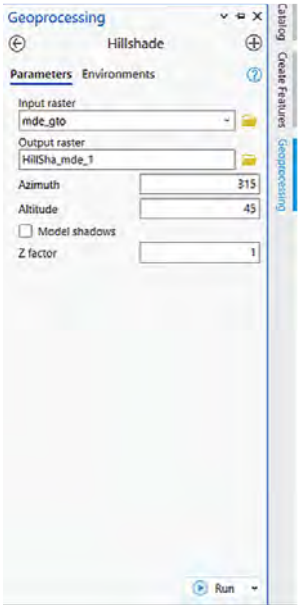
Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

Paso 21. Se realizará el sombrado del *MDE* para lo cual se usará la herramienta **Hillshade** que se encuentra ubicada en la pestaña **Analysis | Geoprocessing | Tools | Toolboxes | Spatial Analyst Tools | Surface | Hillshade**.

Paso 22. Seleccione el comando **Hillshade** y en el cuadro de diálogo desplegado, en la sección de Input raster seleccione la capa *mde_gto*. Deje todos los datos como se muestran por default y dé un *clic* en el botón **Run** para que se realice el proceso (Figura 99).

Figura 99

Ventana desplegada de Hillshade en ArcGIS Pro

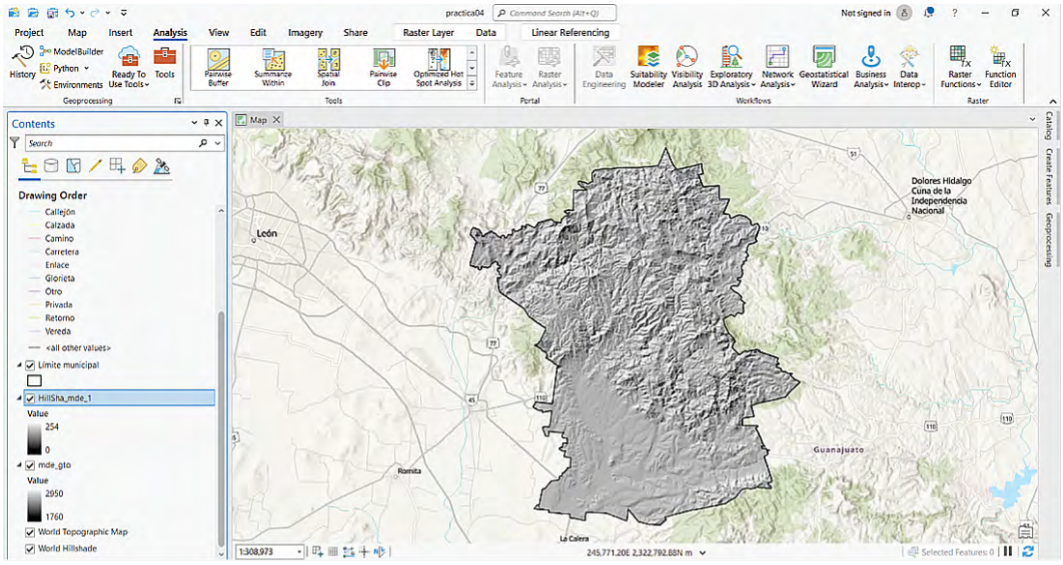


Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

Paso 23. Una vez realizado el proceso de sombreado, se debe de visualizar el ráster como se muestra en la Figura 100.

Figura 100

Visualización del sombreado del Mpio. de Guanajuato en ArcGIS Pro



Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

Paso 24. La capa *HillSha_mde_1* colóquela encima de las demás capas del proyecto.

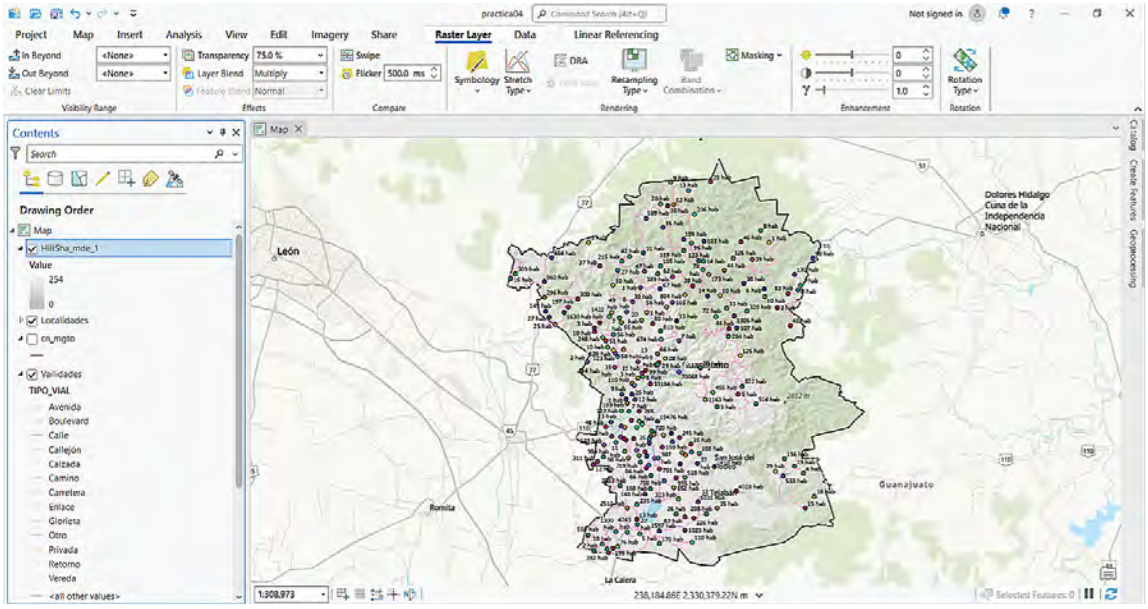
Paso 25. Active nuevamente las capas, excepto el layer *cn_mgto* (curvas de nivel).

Paso 26. Seleccione la capa *HillSha_mde_1* y en la pestaña **Raster Layer** ubique el grupo **Effects**, para que asigne un valor de transparencia con la opción **Transparency**. Para esta práctica use un valor del 75% de transparencia o el porcentaje que mejor le agrade.

Paso 27. En la opción **Layer Blend**, seleccione *Multiply*. El resultado obtenido será como el que se muestra en la Figura 101.

Figura 101

Efecto 3D del Municipio de Guanajuato en ArcGIS Pro



Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

Parte IV. Estructura general de un mapa

Un mapa es una representación aproximada de la realidad, por lo que el realizador como el usuario de dicho mapa es intérprete de lo que se representaes interprete de lo quese representa (UNAM, 2024); por lo cual, al momento de representar la información geoespacial, se debe mantener la honestidad y evitar cualquier tipo de manipulación o sesgo.

La forma en cómo se distribuyen los elementos de un mapa se determina de acuerdo con las necesidades del autor, basado en el tipo de usuario al que va a ir dirigido el mapa para su fácil interpretación. El formato general esencial de disposición para los elementos del mapa, aunque no todos son obligatorios, debe de incluir el título, la cuadrícula, el norte geográfico, la escala y la leyenda (Figura 102).

Figura 102

Elementos mínimos de un mapa



Nota. Fuente: https://cuentame.inegi.org.mx/territorio/mapas

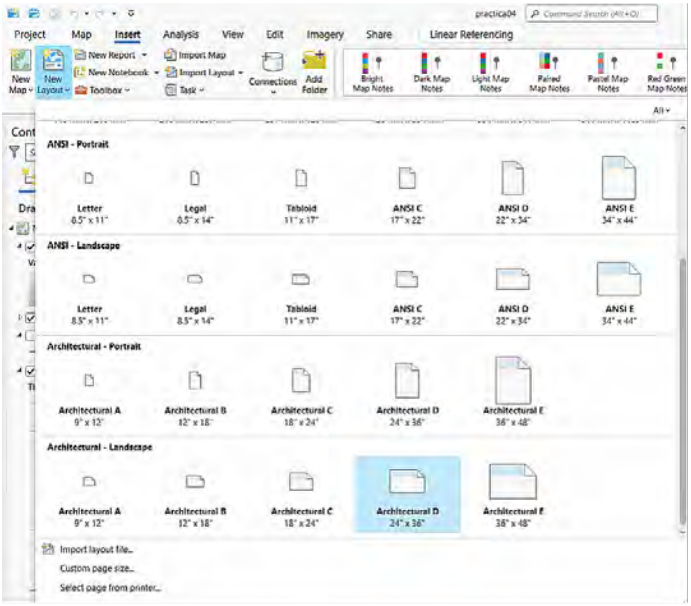
Parte V. Diseño de un "Layout"Diseño de un "Layout"

Toda vez que se ha trabajado y concluido con el diseño del proyecto en *ArcGIS Pro* será necesario realizar los preparativos para la publicación de la información en un mapa ya sea impreso o en formato digital, para lo cual se realiza por medio de un **Layout**.

Paso 28. Para la creación de un nuevo **Layout**, ubique la pestaña **Insert** y haga *clic* en el botón **New Layout** donde seleccionará la orientación que le dará al mapa, ya sea de forma horizontal o de forma vertical, así comoo de forma vertical), así como el tamaño del papel. Para esta práctica se usará el tamaño *Architectural D (18" x 24") – Landscape* (Figura 103).

Figura 103

Creación de un nuevo Layout en ArcGIS Pro



Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

NOTA 1: El tamaño seleccionado corresponde aproximadamente a un tamaño de 90 x 60 cm.

NOTA 2: En *ArcGIS Pro* se puede trabajar en varios **Layouts**, dependiendo de las necesidades del proyecto, los cuales se publicarán en diferentes pestañas, al igual que los mapas disponibles. Es importante resaltar que, si se trabaja dentro de un **Layout**, las herramientas de la cinta de opciones se modificarán para adecuarse a las opciones de diseño de la página en la que se está trabajando.

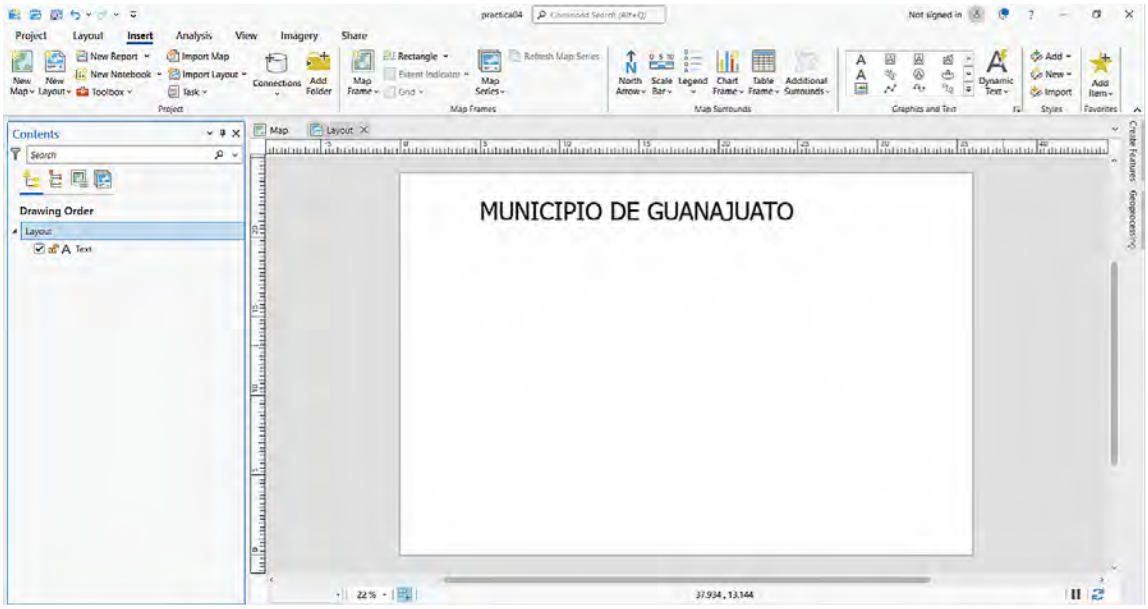
NOTA 3: Se debe tener en cuenta que, lo observado en el **Layout** es lo que se va a imprimir o a publicar, por lo cual, es esencial ser minucioso, prestando atención a los detalles para poder generar un mapa de calidad y que satisfaga las necesidades del usuario que consultará la información del mapa.

Generación del título del mapa

Paso 28. En la pestaña **Insert** ubique el grupo **Graphics and Text** donde se debe de seleccionar el ícono de texto **Straight Text** (A) y dibujar un cuadro de texto en la página, y defina el título del mapa "*MUNICIPIO DE GUANAJUATO*" (Figura 104).

Figura 104

Generación del título del Layout en ArcGIS Pro



Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

Paso 29. En el panel del **Layout** de doble *clic* sobre el nombre del **Text** para darle formato al texto. En la ventana desplegada de **Text** dé un *clic* sobre la pestaña **Text Symbol**, donde se puede realizar diferentes acciones tales como, tipo de letra, formato, etc., según se necesite (Figura 105).

Figura 105

Ventana desplegada de Text en ArcGIS Pro



Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

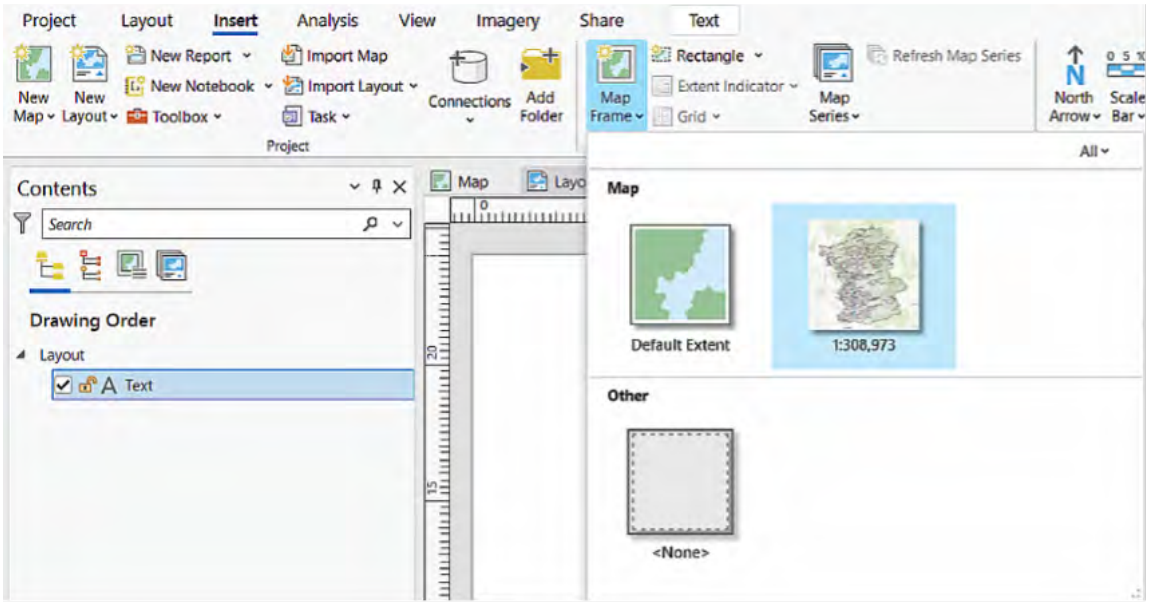
Cuerpo del mapa

El cuerpo del mapa es la parte esencial e importante del mapa, pues contiene todas las capas que se han de representar.

Paso 30. En la pestaña **Insert**, ubique el grupo **Map Frames** y haga un *clic* en el botón **Map Frame**. Esta opción permite seleccionar el mapa en el que se ha estado trabajando (Figura 106).

Figura 106

Insertar el cuerpo del mapa (Map Frame) en ArcGIS Pro

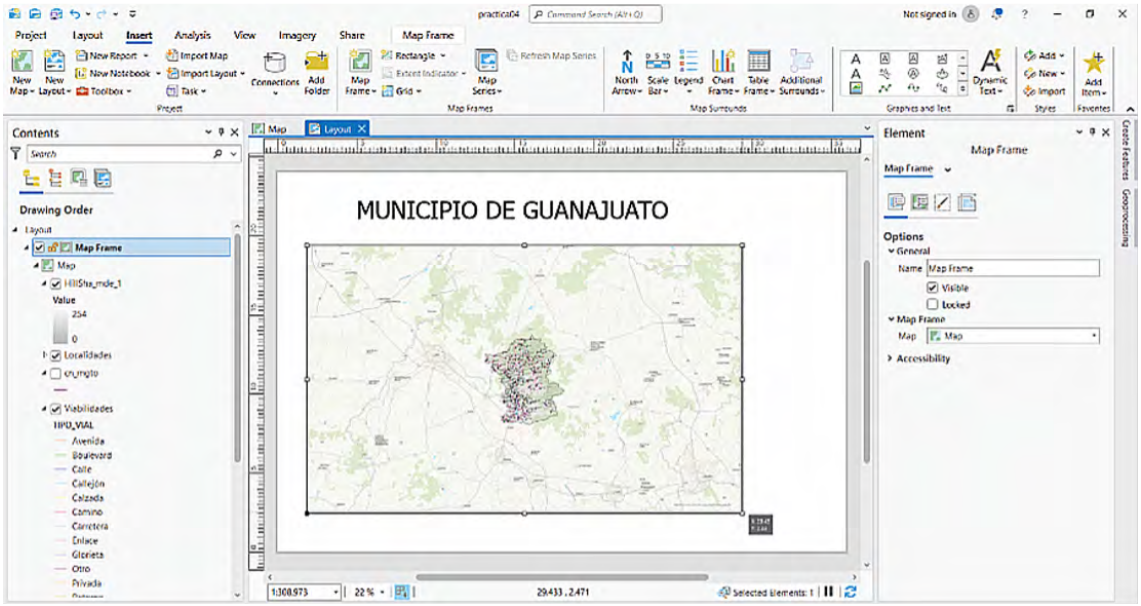


Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

Paso 31. Dibuje un recuadro en la página que contendrá el mapa con las capas activadas (*HillSha_mde_1*, *Localidades*, *ViabilidadesViabilidades*, *Límite municipal* y *World Topographic Map*) (Figura 107).

Figura 107

Cuerpo del mapa en ArcGIS Pro



Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

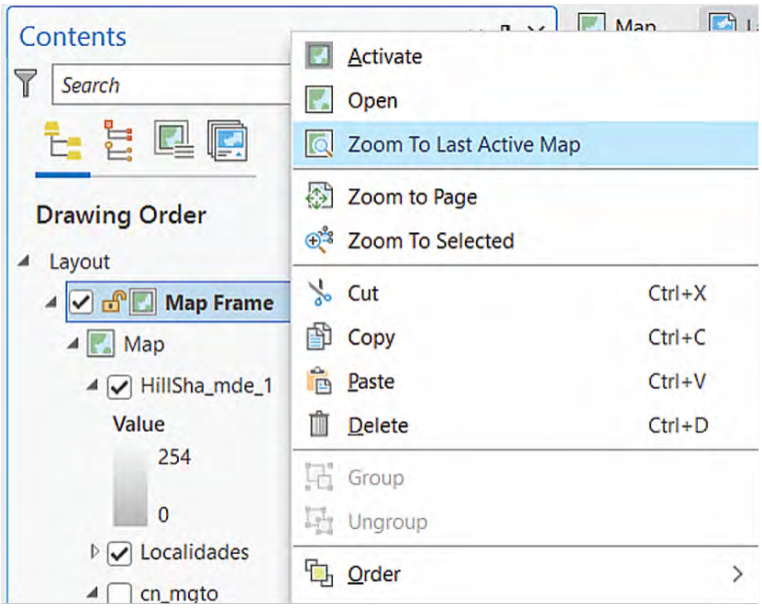
NOTA 1: para reducir o ampliar el tamaño del cuerpo del mapa, se hace un *clic* sobre el rectángulo que lo contiene y se ajustan los bordesy se ajusta los bordes según se requiera. Asimismo, se puede ajustar la posición del mapa dentro del recuadro mediante el botón **Activate**, dando un *clic* derecho sobre el **Map Frame** creado y usando las herramientas en el panel **Layout**. Al hacer *clic* en el mapa, se puede moverlo hasta el lugar deseado.

NOTA 2. Es importante que se defina la escala de impresión, lo cual se puede personalizar desde la barra inferior en el **Layout**. Para esta práctica se dejará con la escala generada automáticamente.

Paso 32. Como puede observarse en la Figura 107 se necesita hacer un zoom para acercar las capas del municipio de Guanajuato para lo cual dé un *clic* derecho sobre el **Map Frame** y en el menú contextual dé un *clic* con el botón izquierdo del ratón sobre el comando *Zoom To Last Active Map* para hacer un acercamiento de las capas del municipio (Figura 108 y 109).

Figura 108

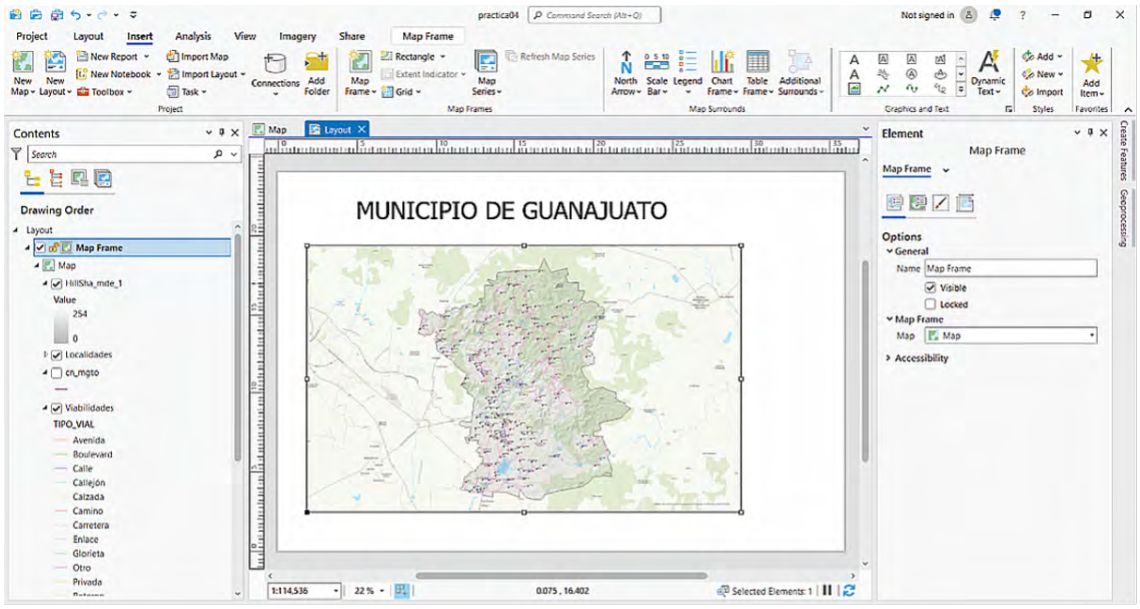
Ubicación del comando Zoom To Last Active Map en ArcGIS Pro



Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

Figura 109

Cuerpo del mapa en ArcGIS Pro



Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

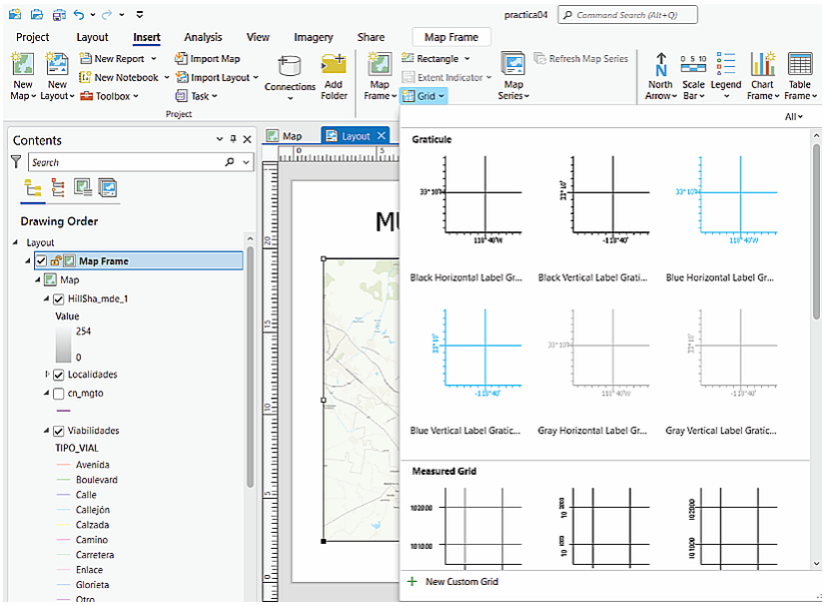
Cuadrícula

En *ArcGIS Pro* se puede agregar una o varias cuadrículas al mapa, dependiendo de las necesidades de representación del proyecto. Para esta práctica se requiere una cuadrícula en coordenadas UTM.

Paso 33. En la pestaña **Insert** ubique el grupo **Map Frames** y seleccione la opción **Grid** para elegir el formato de la cuadrícula del mapa (Figura 110).

Figura 110

Ubicación de la opción Grid en ArcGIS Pro

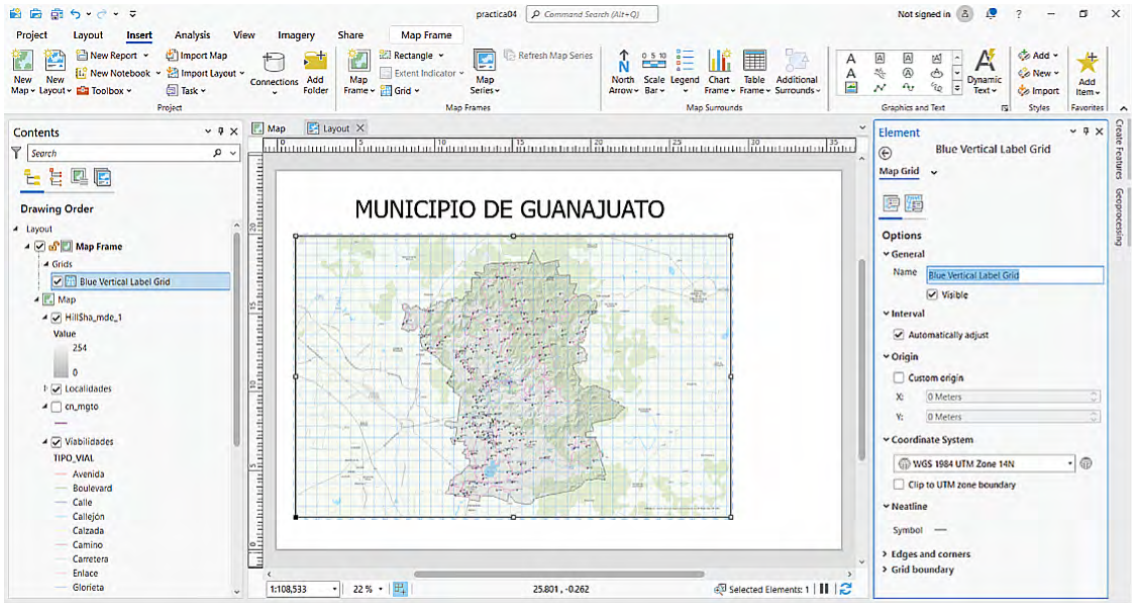


Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

Paso 34. Seleccione *Blue Vertical Label Grid* de la opción **Measured Grid**. Asimismo, se pueden añadir cuadrículas o retículas en coordenadas geográficas, las cuales se encuentran dentro de la opción **Graticule** (Figura 111).

Figura 111

Blue Vertical Label Grid de la opción Measured Grid en ArcGIS Pro



Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

NOTA 1: Existen diversas opciones para personalizar la cuadrícula en el panel **Element**, la cual se puede abrir dando doble *clic* sobre la cuadrícula seleccionada en el panel **Contents**. En el caso de que este no aparezca, haga *clic* derecho sobre la cuadrícula en el panel **Contents** y seleccione **Properties** (para este ejercicio, hacer *clic* derecho sobre *Blue Vertical Label Grid*).

NOTA 2: Los intervalos se colocan automáticamente, pero si se desea personalizarlos se debe desactivar la casilla *Automatically adjust* con el botón **Options**. Al hacer *clic* en el botón *Components* (), se pueden personalizar los intervalos de cada uno de los componentes, así como agregar o eliminar componentes.

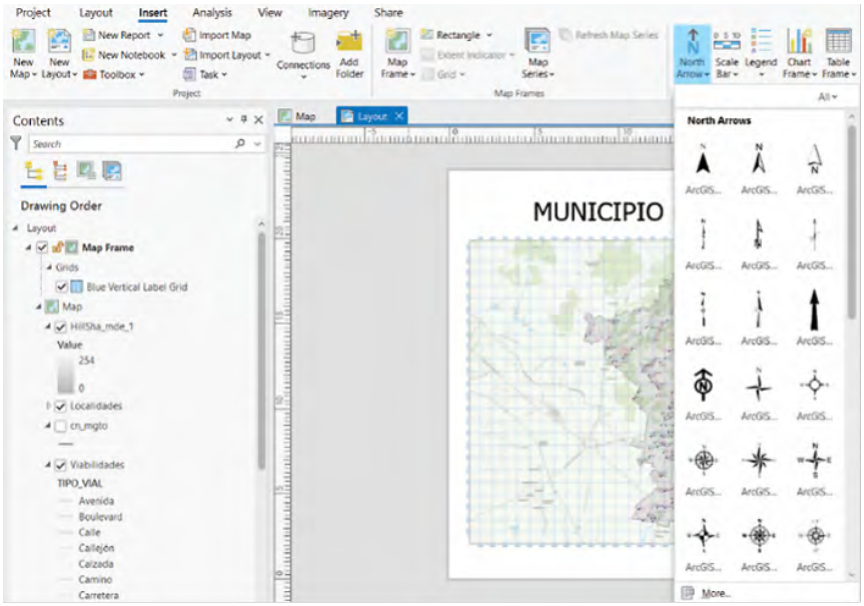
Norte geográfico

Para mostrar la orientación en el mapa, se usa la rosa de los vientos o, como se le conoce también, la flecha del norte.

Paso 39. En la pestaña **Insert**, ubique el grupo **Map Surrounds** y seleccione la opción **North Arrow** (Figura 112).

Figura 112

Ubicación de la opción North Arrow en ArcGIS Pro

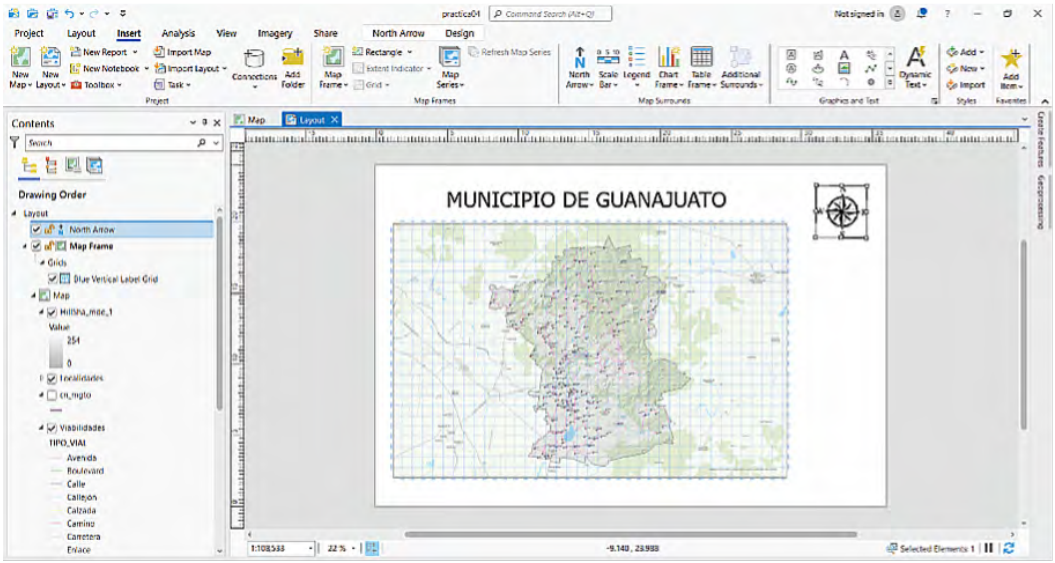


Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

Paso 40. Seleccione el símbolo de la flecha norte que desee y dibuje un cuadro en el **Layout**, se sugiere que sea en la parte superior derecha (Figura 113).

Figura 113

Ubicación del símbolo de la flecha norte en ArcGIS Pro



Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

NOTA: Se puede ajustar el tamaño, color, etc. de la flecha y moverla libremente sobre el mapa hasta que quede en la posición adecuada.

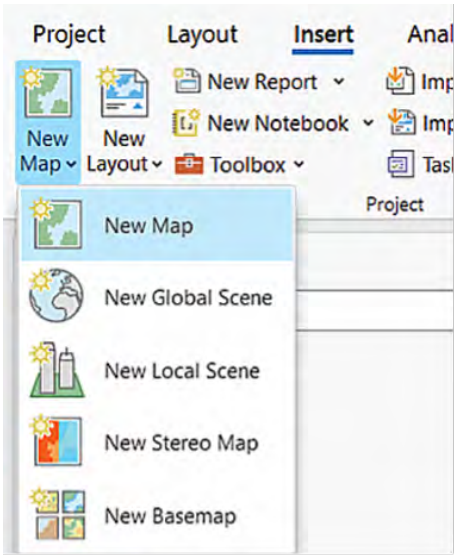
Croquis de localización

Un croquis, también llamado mapa de ubicación, es una ilustración o dibujo que da información para poder llegar a un lugar de manera más fácil, o para conocer cómo están distribuidos los elementos geográficos de una zona (Secretaría de Educación Pública [SEP], 2024). *ArcGIS Pro* permite agregar un croquis de localización, para hacerlo es necesario crear un nuevo **Map**, así como un nuevo **Map Frame** de referencia.

Paso 41. Ubique la pestaña **Insert | New Map | Map** para agregar un nuevo mapa en blanco (Figura 114).

Figura 114

Ubicación del comando New Map en ArcGIS Pro



Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

Paso 42. En el nuevo mapa agregar los Shapefile *div_mpal.shp* (este archivo es el vectorial del estado de Guanajuato, extraído del MGM2025 del INEGI) y *0101_11mun_inegi .shp* ubicados en *C:\Curso_ArcGisPro\Prac04*.

Paso 43. Configure la simbología y diseño de las capas del nuevo mapa utilizando las técnicas cartográficas descritas anteriormente.

Paso 44. Regrese a la pestaña de edición del **Layout** y agregue el nuevo mapa con el botón **Map Frame**; ajuste la posición y el tamaño de acuerdo con el espacio de su hoja (Figura 115).

Figura 115

Ubicación del croquis de localización en ArcGIS Pro

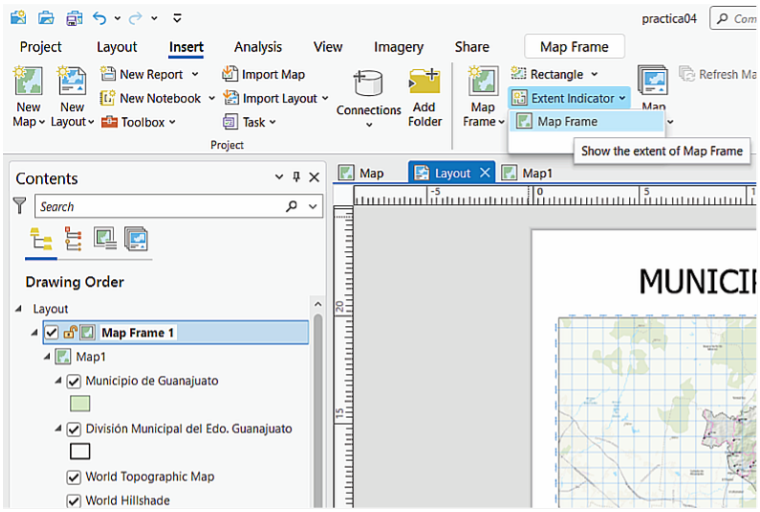


Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

Paso 45. Seleccione el nuevo **Map Frame 1** y, en el grupo **Map Frames**, dé un *clic* en el botón **Extent Indicator** para seleccionar el **Map Frame** (Figura 116).

Figura 116

Ubicación del comando Map Frame en ArcGIS Pro

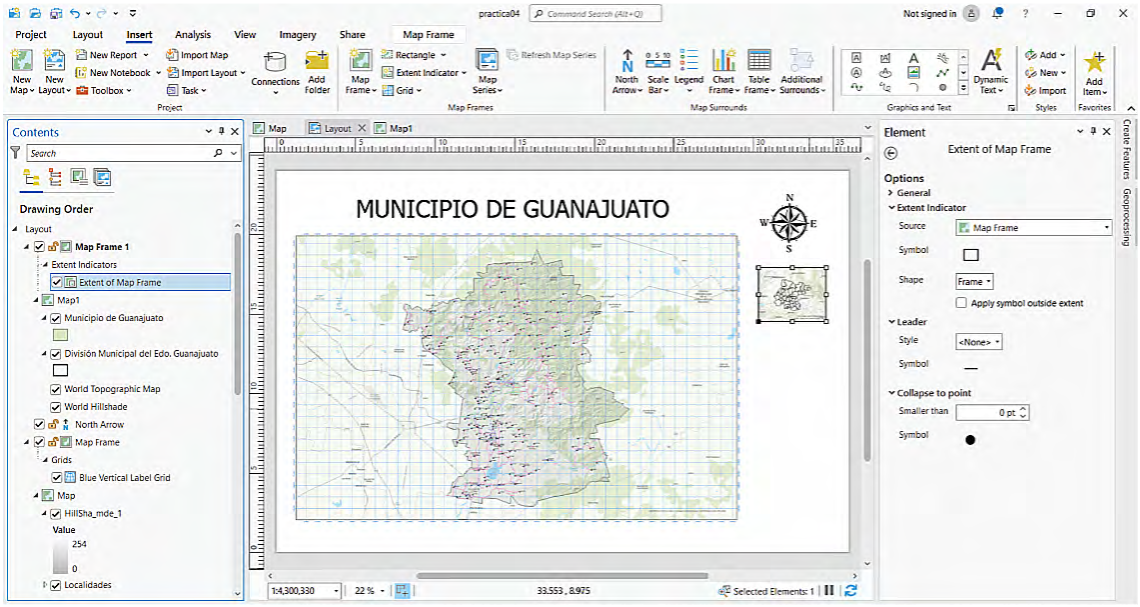


Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

Paso 46. En la ventana de **Element**, que se despliega cuando se le da doble *clic* en **Extent Indicator**, se puede personalizar la simbología y algunas otras opciones (Figura 117).

Figura 117

Ubicación de la ventana de Element en ArcGIS Pro

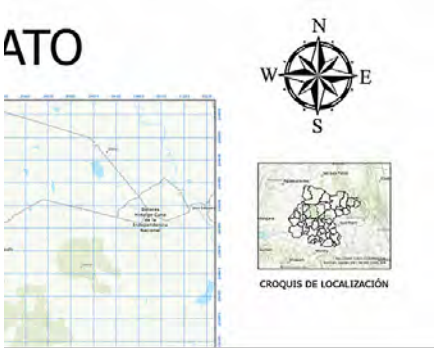


Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

Paso 47. Añada un título e inserte un cuadro de texto desde la pestaña **Insert | Graphics and Text | Straight Text** e ingrese lo siguiente: "*CROQUIS DE LOCALIZACIÓN*" sin las comillas y sin forma itálica (Figura 118).

Figura 118

Ubicación del croquis de localización del Layout en ArcGIS Pro



Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

NOTA 1: Se pueden agregar múltiples **Map Frames** según se requiera, los cuales se pueden conFigurar o personalizar, haciendo *clic* derecho sobre ellos y abrir las propiedades. Esto es especialmente útil cuando se trabaja con una gran cantidad de **Map Frames**. Sin embargo, se debe tener precaución al añadir una gran cantidad de **Map Frames**, ya que el área de estudio debe ser identificada claramente con relación al contexto geográfico, para evitar que la localización del área de estudio resulte difícil de visualizar.

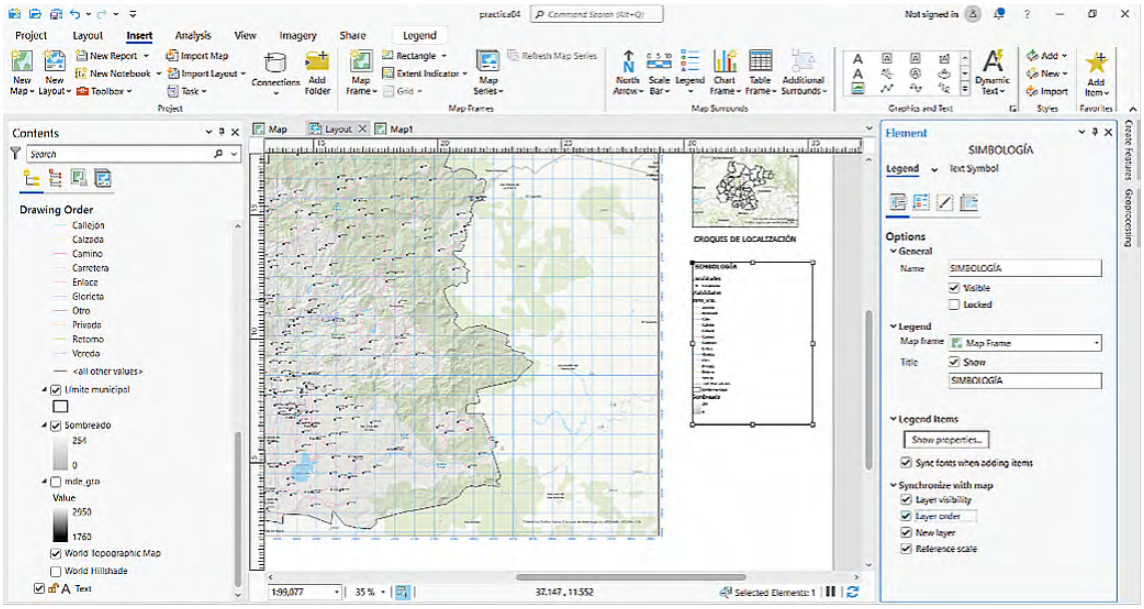
Leyenda

Paso 48. Ingrese a la pestaña **Insert | Map Surrounds | Legend** para dibujar un cuadro donde se ubicará la leyenda.

Paso 49. De doble *clic* sobre **Legend** que se ubica en el panel **Contents** para que abra la ventana **Element**, donde se configura el título de la leyenda. En la sección name y Title teclee "*SIMBOLOGÍA*" sin comillas. Asimismo, se pueden ajustar opciones como el formato de la fuente, columnas, borde y sombreado (Figura 119).

Figura 119

Ubicación de la Leyenda del Layout en ArcGIS Pro



Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

NOTA 1: En el panel **Contents**, se puede activar o desactivar los elementos presentes en la leyenda; por ejemplo, si no es necesario mostrar la capa de sombreado, se puede desactivar o eliminar.

NOTA 2: Para personalizar un elemento específico de la leyenda, se da *clic* derecho sobre el elemento dentro de la leyenda en el panel Contents, y se selecciona **Properties** para acceder al panel **Element**, para desactivar las casillas no requeridas en el panel **Legend Item**.

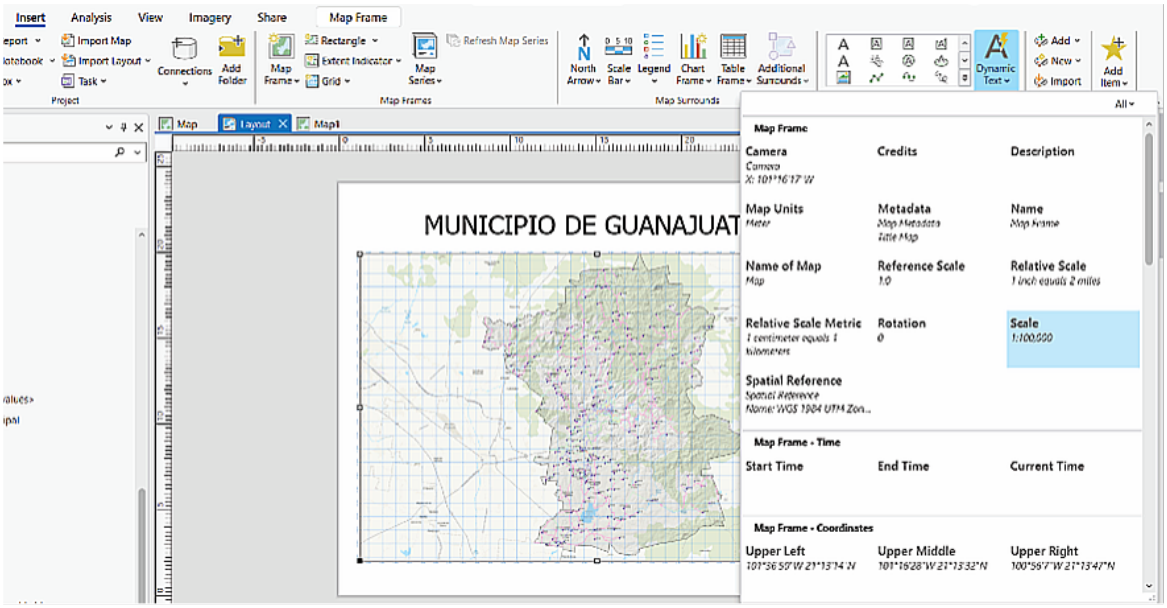
Escala numérica

Para indicar la relación entre los valores de distancia en el mapa y los reales de la superficie se utiliza la escala numéricala ***escala numérica*** (INEGI, 2024). Antes de colocarla en el mapa, es importante asegurarse de que el valor de la escala esté correctamente asignado en la barra inferior de la página (asegúrese que se encuentre a una escala 1:100,000, en caso contrario teclee el valor de la escala).

Paso 50. Ingrese a la pestaña **Insert | Graphics and Text | Dynamic Text** y en la lista de formatos de texto dinámico, seleccione **Scale** (Figura 120).

Figura 120

Ubicación Scale en ArcGIS Pro

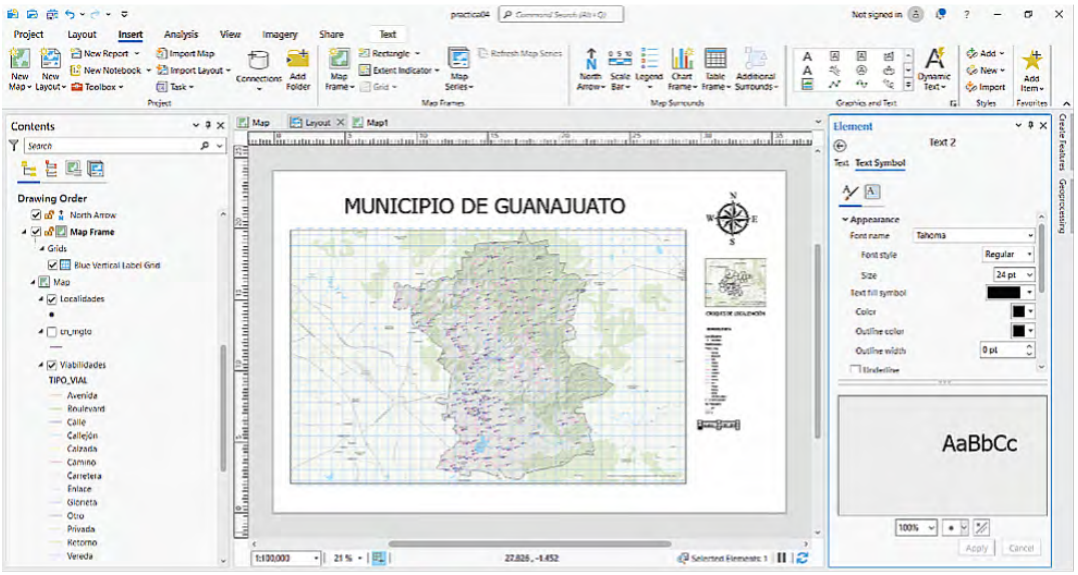


Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

Paso 51. Dibuje un recuadro en el lugar donde desea que aparezca la escala numérica y en seguida puede configurar o personalizar la escala, como puede ser tipo de letra, tamaño de texto, etc. (Figura 121).

Figura 121

Ubicación de la escala numérica en el Layout de ArcGIS Pro



Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

NOTA 1: La escala generada es dinámica, lo que quiere decir que se actualizará automáticamente al modificar la escala del mapa.

NOTA 2: En el panel **Elements** en las opciones de texto se puede reemplazar *Scale:* por *Escala:* o cualquier otro texto que considere pertinente.

Escala gráfica

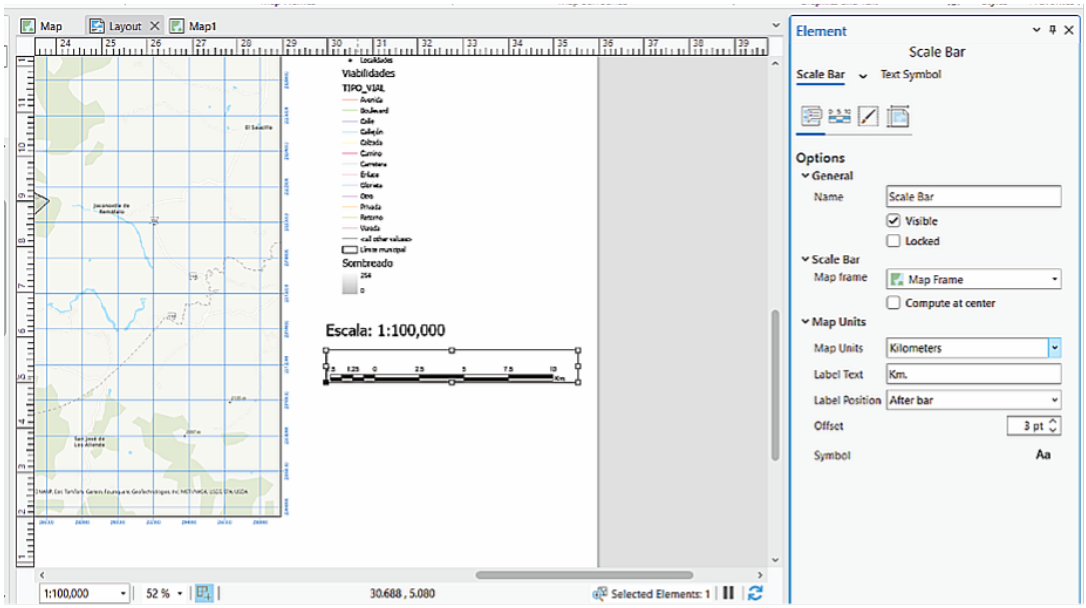
La escala gráfica es una herramienta esencial que representa visualmente las distancias del terreno en un mapaterreno en un mapa (INEGI, 2024). Dependiendo del diseño, la escala puede ubicarse dentro o fuera del mapa.

Paso 52. Ingrese a la pestaña **Insert | Map Surrounds | Scale Bar** para insertar una escala gráfica. En la lista de opciones de barras seleccione la que sea de su agrado y posteriormente, dibuje y ajuste la posición de la escala gráfica en el lugar que desee dentro del Layout.

Paso 53. En el panel **Element**, personalice las opciones, como la unidad de medida (Kilometers) y en la opción **Label Text**, teclee Km (Figura 122).

Figura 122

Ubicación de la escala gráfica en el Layout de ArcGIS Pro



Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

Cuando se requiere configurar las divisiones de la escala gráfica con valores exactos, se debe hacer lo siguiente:

- Haga *clic* en el botón Properties (escala) en el panel Elements.
- Seleccione Fitting Strategy | Adjust width
- Ingresar el valor exacto Division Value y el número de divisiones en Divisions, así como seleccionar el número de subdivisiones en Subdivisions.

La longitud total de la escala gráfica se obtiene multiplicando los valores de *Division Value* y *Divisions*.

Parámetros de referencia geográfica

En todo proyecto generado en *ArcGIS Pro* para su publicación, es esencial indicar el sistema de referencia geográfico usado en la generación del mapa.

Paso 54. En la **pestaña Insert | Graphics and Text | Straight Text**, escriba el siguiente texto (Figura 123):

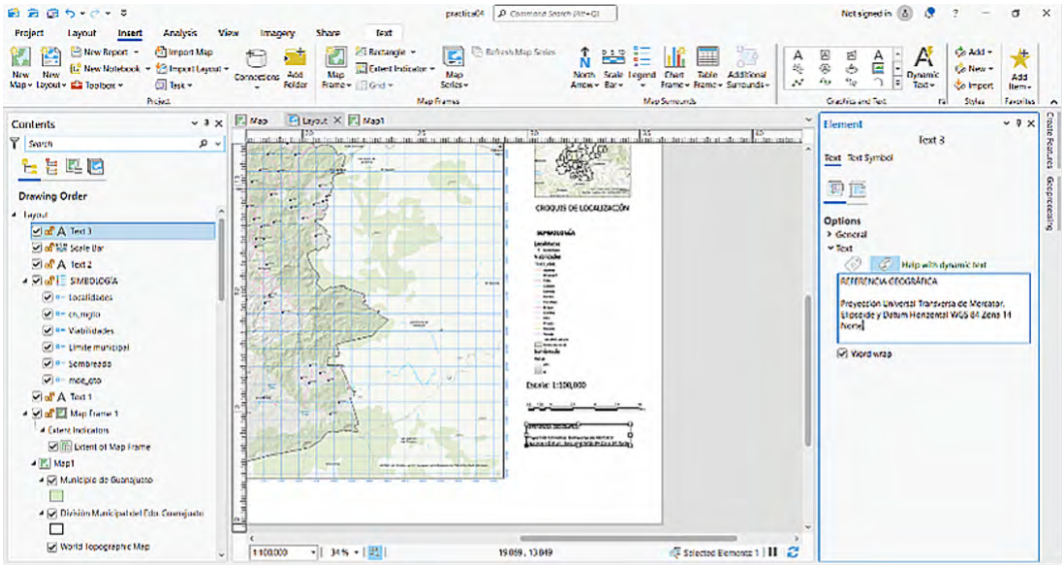
REFERENCIA GEOGRÁFICA

Proyección Universal Transversa de Mercator.

Elipsoide y dátum Horizontal WGS 84 Zona 14 Norte.

Figura 123

Ubicación de la referencia geográfica en el Layout de ArcGIS Pro



Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

Créditos

Los créditos es una forma útil de añadir información adicional al mapa, como el nombre de los responsables de la elaboración, el nombre del proyecto o programa, logotipos, la fuente de los insumos cartográficos, la fecha de elaboración, la escala de trabajo, entre otros datos.

Paso 55. Para insertar la información que contiene una tabla generada en Microsoft Word (Tabla 9), seleccione la tabla del documento, copie con *Ctrl* + *C*, y en el **Layout** de *ArcGIS Pro*, pulse *Ctrl* + *V* para pegar y ajustar la tabla según como se requiera (Figura 124).

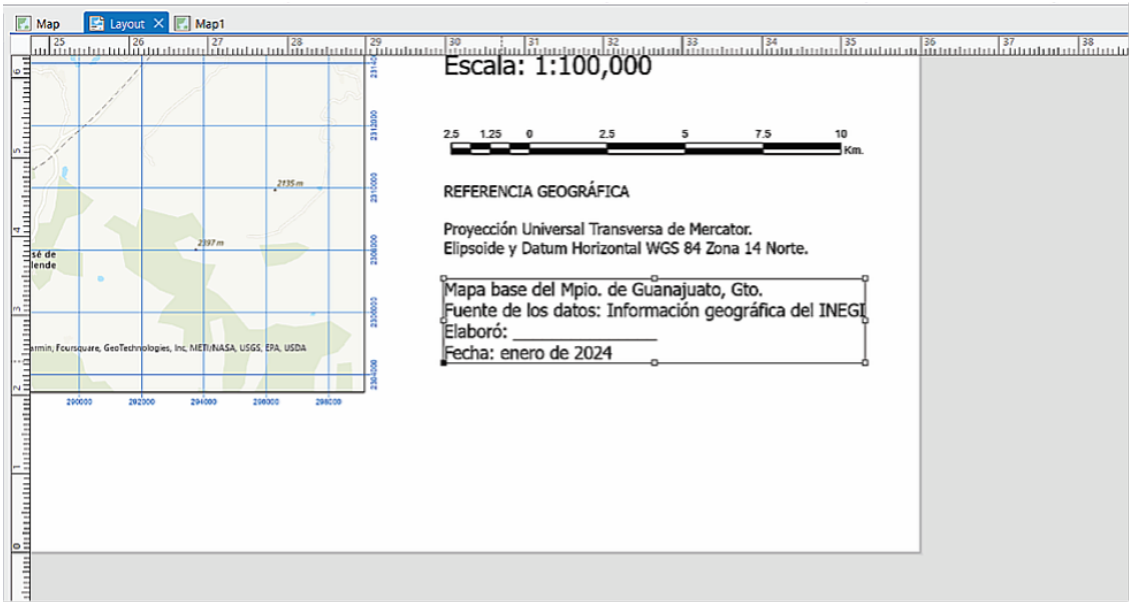
Tabla 9

Información general del mapa

Mapa base del Mpio. de Guanajuato, Gto.
Fuente de los datos: Información geográfica del INEGI
Elaboró: _____
Fecha: enero de 2025

Figura 124

Ubicación de los créditos en el Layout de ArcGIS Pro



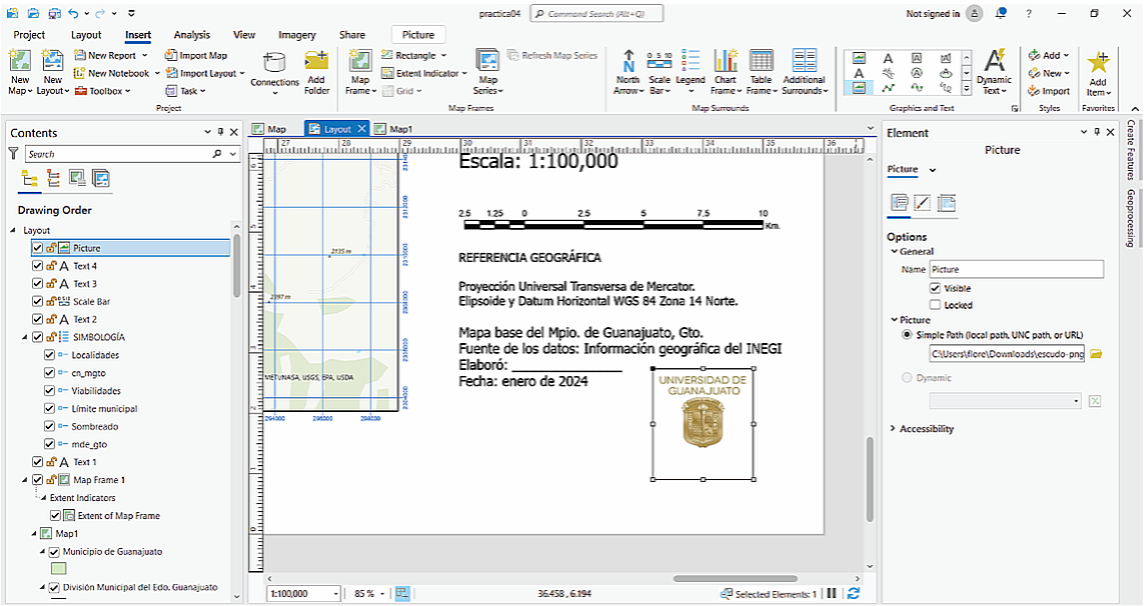
Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

NOTA: El ajuste puede resultar en ocasiones difícil por lo cual se recomienda exportar la tabla como una imagen para insertarla en el **Layout**.

Paso 56. Para agregar un logotipo o imagen, ubíquese en la pestaña **Insert | Graphics and Text | Graphic** para seleccionar la imagen que se desea usar. Posteriormente, ajuste el tamaño y la posición que se requiera (Figura 125).

Figura 125

Ubicación de una imagen en el Layout de ArcGIS Pro



Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

NOTA 1: Para mejorar la presentación visual del mapa, es recomendable organizar cuidadosamente todos los elementos agregados. Para esto, se puede seleccionar varios elementos y hacer *clic* derecho sobre ellos para acceder a opciones como agrupar, alinear y distribuir.

NOTA 2: Para ampliar aún más las posibilidades de diseño, se sugiere explorar las opciones como la incorporación de gráficos, reportes, estilos y MXD. Al experimentar con estas herramientas, se puede desarrollar más habilidades de forma autodidacta.

Parte VI. Exportación e impresión de un mapa

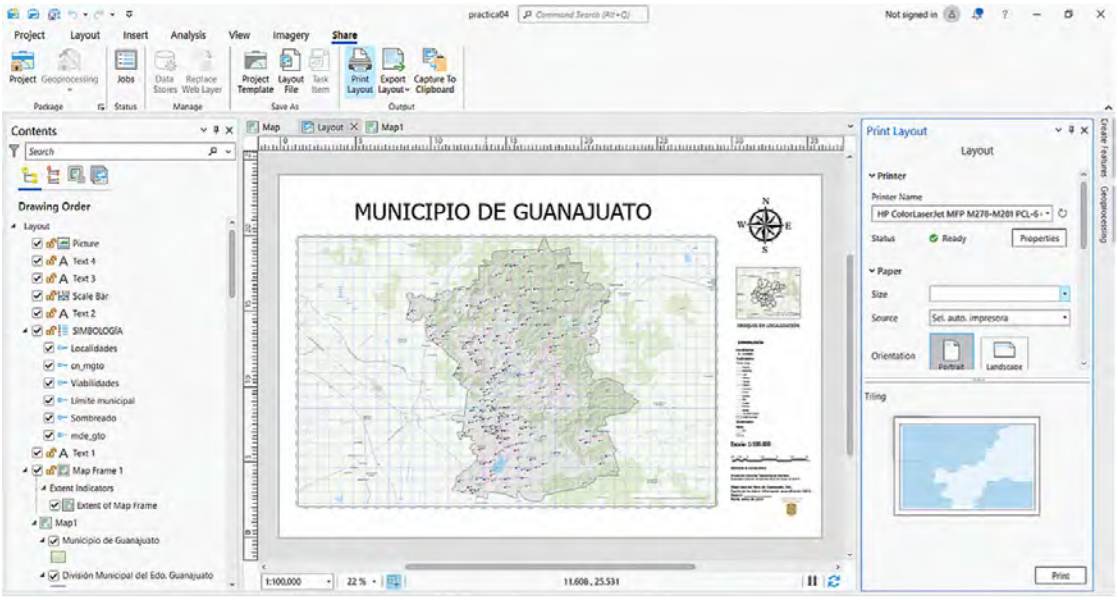
Cuando se haya concluido los procesos de publicación del mapa de un proyecto, se puede enviar para impresión o para su visualización digital en diversos formatos.

Impresión de un mapa

Paso 57. Localice la pestaña **Share | Output | Print Layout** para que configure la impresora de acuerdo con las opciones disponibles (Figura 126).

Figura 126

Ubicación del comando Print Layout en el Layout de ArcGIS Pro



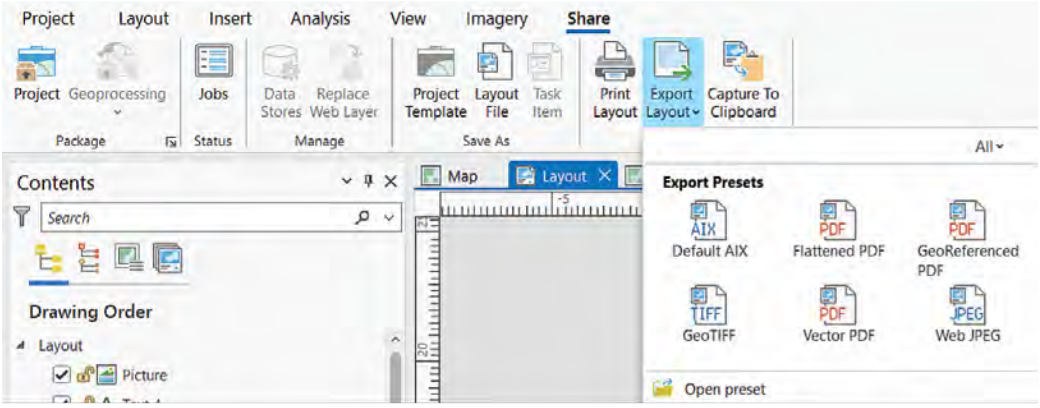
Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

Formato digital de un mapa

Paso 58. Seleccione la pestaña **Share | Output | Export Layout** para que se despliegue el panel **Export Layout**, para que opte entre los diferentes formatos el que mejor le convenga, como EMF, EPS, AI, PDF, SVG, BMP, JPEG, PNG, TIFF y GIF (Figura 127).

Figura 127

Ubicación del comando Export Layout en el Layout de ArcGIS Pro

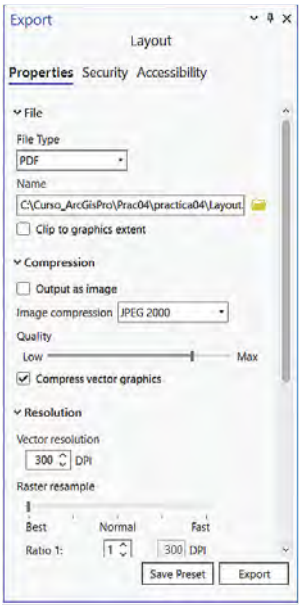


Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

Paso 59. En cada formato, se pueden configurar la resolución, así como los parámetros adicionales, para posteriormente exportar con el botón **Export** (Figura 128).

Figura 128

Panel Export en el Layout de ArcGIS Pro



Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

NOTA 1: Al activar la casilla *Clip to graphics extent*, se recorta el mapa solo del área ocupada dentro del diseño, lo cual es útil cuando el mapa no requiere ocupar la hoja completa. La activación de la casilla *Transparent background* hace que el fondo sea transparente.

NOTA 2: Es importante destacar que las opciones para los PDF permiten activar o desactivar las capas dentro del lector PDF, lo que resulta muy útil si se requiere un **GeoPDF**. En algunos casos, especialmente cuando se usan caracteres especiales en los textos del mapa, no todos los elementos suelen ser legibles al generar un archivo PDF. Se recomienda utilizar una impresora PDF instalada en la computadora.

Capítulo VI
Ejercicios intermedios en *ArcGIS Pro*

Práctica 5. Herramientas de geoprocesamiento

El contar con un software SIG es de gran utilidad, ya que automatiza procesos que permiten ahorrar tiempo y esfuerzo. En *ArcGIS Pro* se cuenta con la función de geoprocesamiento (**Geoprocessing**), los cuales son un conjunto de herramientas que mediante diferentes operaciones apoyan para la creación de nueva información geográfica.

El objetivo primordial del geoprocesamiento es el modelamiento y análisis de datos geográficos, así como automatizar las tareas en un SIGs tareas en un SIG (ESRI, 2025a.). En la presente práctica se usarán los comandos de **Toolboxes** que se encuentran ubicados en **Analysis | Geoprocessing | Tools**. Cada comando presenta una estructura similar en la que se solicitan archivos tanto de entrada como de salida, así como campos configurables, lo cual depende de la naturaleza del comando. Para aquellos usuarios con conocimientos avanzados se sugiere el uso de los comandos de geoprocesamiento **Pairwise Overlay Tools** dentro de la caja de herramientas **Toolboxes**.

Parte I. Áreas de influencia (Buffer)

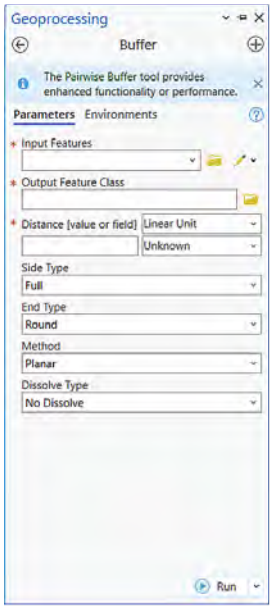
Las zonas de influencia son polígonos generados a partir de una entidad vectorial a una distancia determinada. Este proceso geoespacial permite conocer la superficie afectada por una actividad; por ejemplo, el derecho de vía de una carretera. El comando **Buffer** en *ArcGIS Pro* posibilita la creación de zonas de influencia para puntos, líneas y polígonos. La ruta de acceso es **Geoprocessing | Toolboxes | Analysis Tools | Proximity | Buffer**. Este comando se configura de la manera siguiente (Figura 129):

- Input Features: selecciona la capa de puntos, líneas o polígonos.
- Output Features Class: permite indicar el directorio o geodatabase donde se almacenará la entidad resultante.

- Distance [value or field): se puede elegir entre la opción Linear Unit, con la cual se establece un valor fijo con su respectiva unidad; por ejemplo 20 metros o la opción Field, la cual crea una zona de influencia con base encon base a los valores de un campo seleccionado de la tabla de atributos.
- Method: donde se especifica el método a utilizar para crear la zona de influencia. El método Planar utiliza la distancia euclidiana; es decir, la distancia mediada con una regla en un plano proyectado, mientras que Geodesic toma en cuenta la curvatura de la Tierra, independientemente del sistema de coordenadas de la capa. Asimismo, las zonas de influencia no se ven afectadas por la distorsión de un sistema de coordenadas proyectado.

Figura 129

Panel Buffer en ArcGIS Pro



Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

Paso 1. Abra *ArcGIS Pro* y seleccione el ícono *Map* para proceder colocar el nombre del proyecto (*practica05*) y realizar la ubicación correspondiente (*C:\Curso_ArcGisPro\Prac05*) para posteriormente dar un *clic* en el botón **OK**.

Paso 2. Añada los vectoriales denominados *Carretera_Est_Fed_Gto.shp*, *Gto_UTM.shp*, ubicados en *C:\Curso_ArcGisPro\Prac05\Buffer* dando un *clic* en el ícono **Add**

Data (

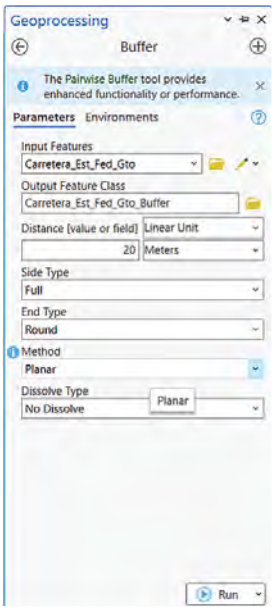
) ubicado en la pestaña **Map | Add Data**.

Paso 3. Seleccione el comando **Buffer** ubicado en **Geoprocessing | Toolboxes | Analysis Tools | Proximity | Buffer**.

Paso 4. En el cuadro de diálogo del comando **Buffer** ingrese los datos como se muestran en la Figura 130.

Figura 130

Panel Buffer en ArcGIS Pro

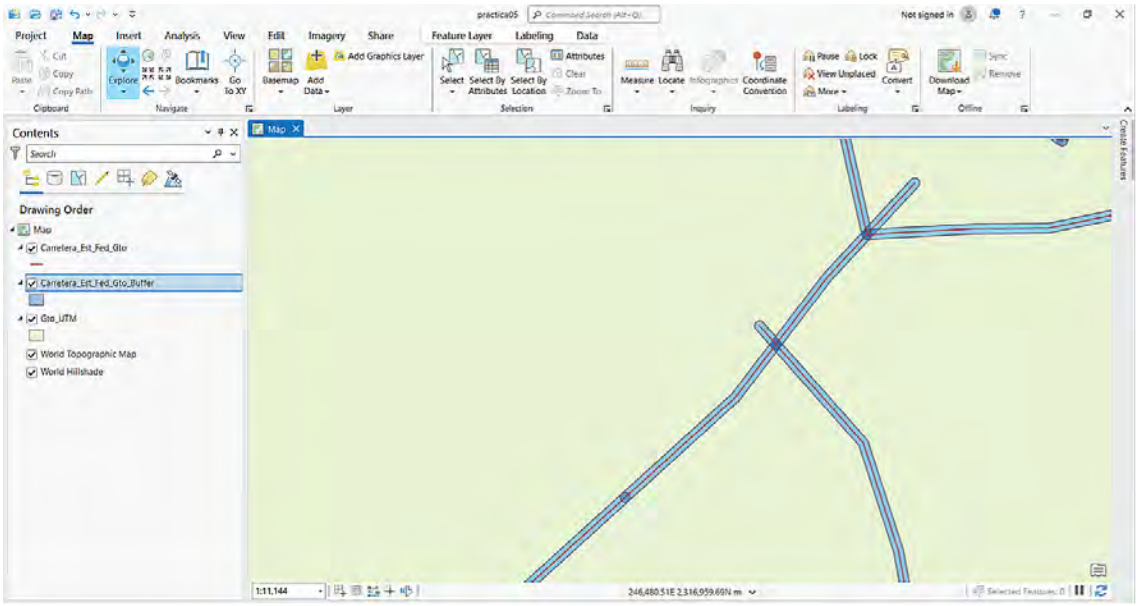


Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

Paso 5. Asegúrese de haber ingresado los datos correctamente y dé un *clic* en el botón **Run** para que inicie el proceso. El resultado debe ser algo parecido a lo que se muestra en la Figura 131.

Figura 131

Buffer de 20 en la capa de carreteras en ArcGIS Pro



Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

Parte II. Fusionar (Merge)

Para unir dos o más entidades en una sola capa del mismo tipo (puntos, líneas o polígonos), se utiliza el comando **Merge**; por lo cual se debe de tener en cuenta que este comando no modifica la geometría de las entidades originales, incluso si existiera un solapamiento. El comando **Merge** se encuentra ubicado en **Geoprocessing | Toolboxes | Data Management Tools | General | Merge**

Paso 6. Elimine los Layer de parte I de esta práctica con el comando **Remove**, dando *clic* derecho sobre el Layer y en el menú contextual dar *clic* en el comando **Remove**.

Paso 7. Añada los vectoriales denominados *F14C42_curva_nivel50_l_utm.shp* y *F14C43_curva_nivel50_l_utm.shp*, ubicados en *C:\Curso_ArcGisPro\Prac05\Merge*

dando un *clic* en el ícono **Add Data** (

) ubicado en la pestaña **Map | Add Data**.

Paso 8. Seleccione el comando **Merge** desde **Geoprocessing | Toolboxes | Data Management Tools | General | Merge**.

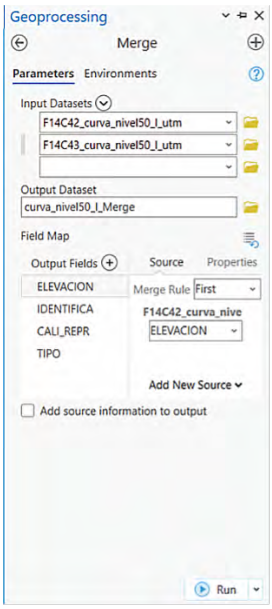
Paso 9. En el cuadro de diálogo del comando **Merge**, ubique la sección *Input Dataset* donde deberá indicar las capas que se van a fusionar, en este caso *F14C42_curva_nivel50_l_utm.shp* y *F14C43_curva_nivel50_l_utm.shp*.

Paso 10. En la sección *Output Dataset*, le va a asignar el nombre de *curva_nivel50_l_Merge* y la ubicación donde se almacenará la capa resultante (*C:\Curso_ArcGisPro\Prac05\practica05\practica05.gdb*).

Paso 11. En la sección *Field Map*, puede realizar modificaciones en los campos de las capas que se fusionarán. Para este caso deje los datos que aparecen por default (Figura 132).

Figura 132

Ventana del comando Merge en ArcGIS Pro

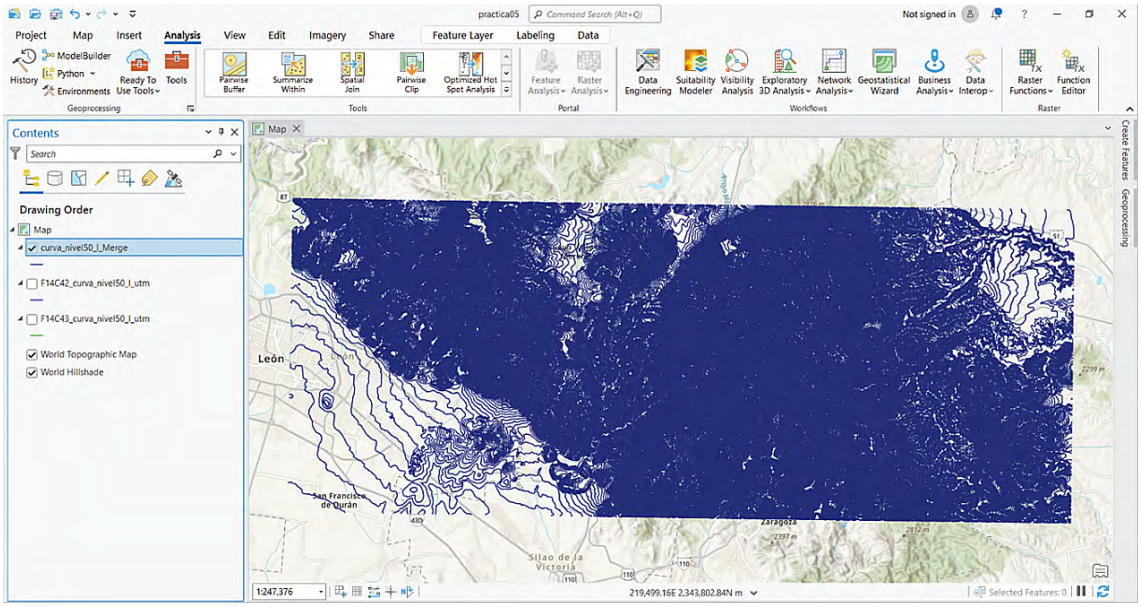


Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

Paso 12. Asegúrese de haber ingresado los datos correctamente y dé un *clic* en el botón **Run** para que inicie el proceso. El resultado debe de ser algo parecido a lo que se muestra en la Figura 133.

Figura 133

Resultado del comando Merge en ArcGIS Pro



Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

Parte III. Intersecciones (Intersect)

La operación de intersección es usada para la búsqueda de un área común entre varias capas; es decir, el comando **Intersect** calcula la intersección entre capas, creando una nueva. Su ubicación se encuentra en **Geoprocessing | Toolboxes | Analysis Tools | Overlay | Intersect**.

Paso 13. Elimine los Layer de parte II de esta práctica con el comando **Remove**, dando *clic* derecho sobre el Layer y en el menú contextual dar *clic* en el comando **Remove**.

Paso 14. Añada los vectoriales denominados *Carretera_Est_Fed_Gto.shp* y *Gto_UTM.shp*, ubicados en *C:\Curso_ArcGisPro\Prac05\ Intersect* dando un *clic* en el ícono **Add Data** (

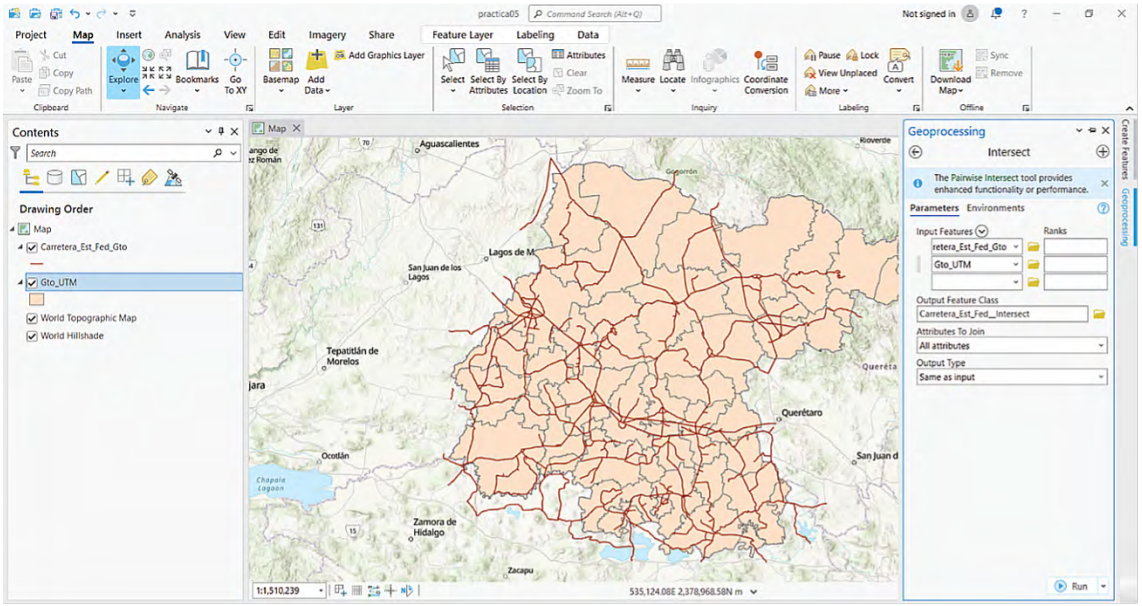
) ubicado en la pestaña **Map | Add Data**.

Paso 15. Seleccione el comando **Intersect** desde **Geoprocessing | Toolboxes | Analysis Tools | Overlay | Intersect**.

Paso 16. En la ventana del comando **Intersect**, ubique la sección *Input Features* donde deberá indicar las capas que se van a intersectar, en este caso *Carretera_Est_Fed_Gto.shp* y *Gto_UTM.shp*. Los campos que se presentan se dejan como por default (Figura 134).

Figura 134

Ventana del comando Intersect en ArcGIS Pro

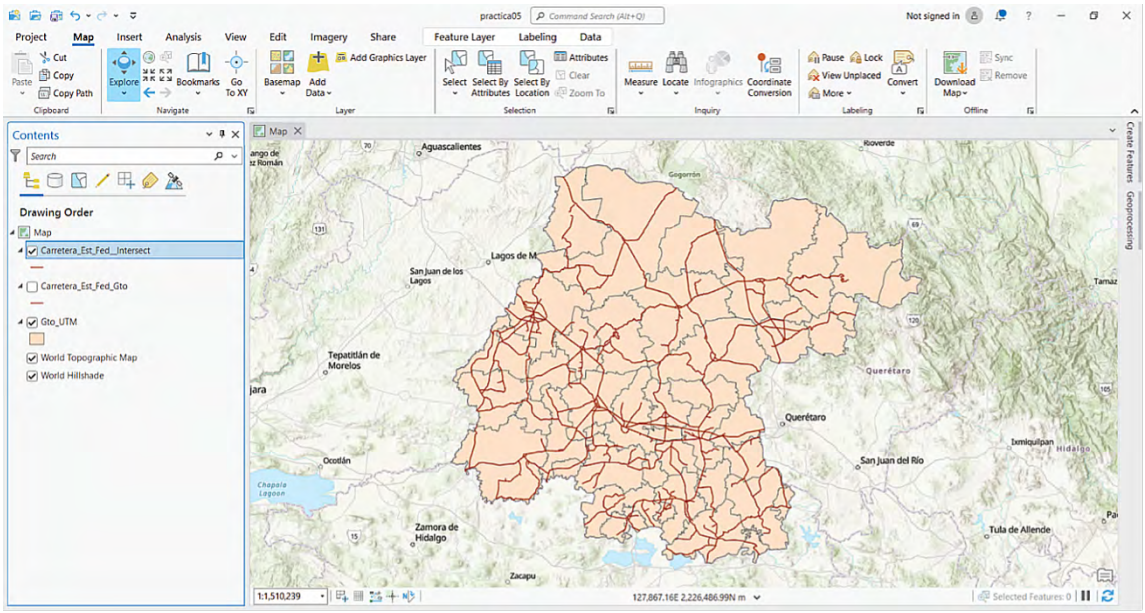


Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

Paso 17. Asegúrese de haber ingresado los datos correctamente y dé un *clic* en el botón **Run** para que inicie el proceso. El resultado debe de ser algo parecido a lo que se muestra en la Figura 135.

Figura 135

Resultado del comando Intersect en ArcGIS Pro

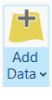


Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

Parte IV. Recortes (Clip)

El comando **Clip** posibilita el recorte de una entidad con base encon base al perímetro de una capa poligonal, la cual se utiliza para limitar la extensión de las capas a un área específica; por ejemplo, si se tiene un Layer que representan curvas de nivel de un estado, se puede recortar para trabajar a nivel municipal. El comando **Clip** se ubica en **Geoprocessing | Toolboxes | Analysis Tools | Extract | Clip**.

Paso 18. Elimine los Layer de parte III de esta práctica con el comando **Remove**, dando *clic* derecho sobre el Layer y en el menú contextual dar *clic* en el comando **Remove**.

Paso 19. Añada los vectoriales denominados *Localidad_Mpio_Gto.shp* y *Influencia.shp*, ubicados en *C:\Curso_ArcGisPro\Prac05\Clip* dando un *clic* en el ícono **Add Data** (

) ubicado en la pestaña **Map | Add Data**.

Paso 20. Seleccione el comando **Clip** desde **Geoprocessing | Toolboxes | Analysis Tools | Extract | Clip**.

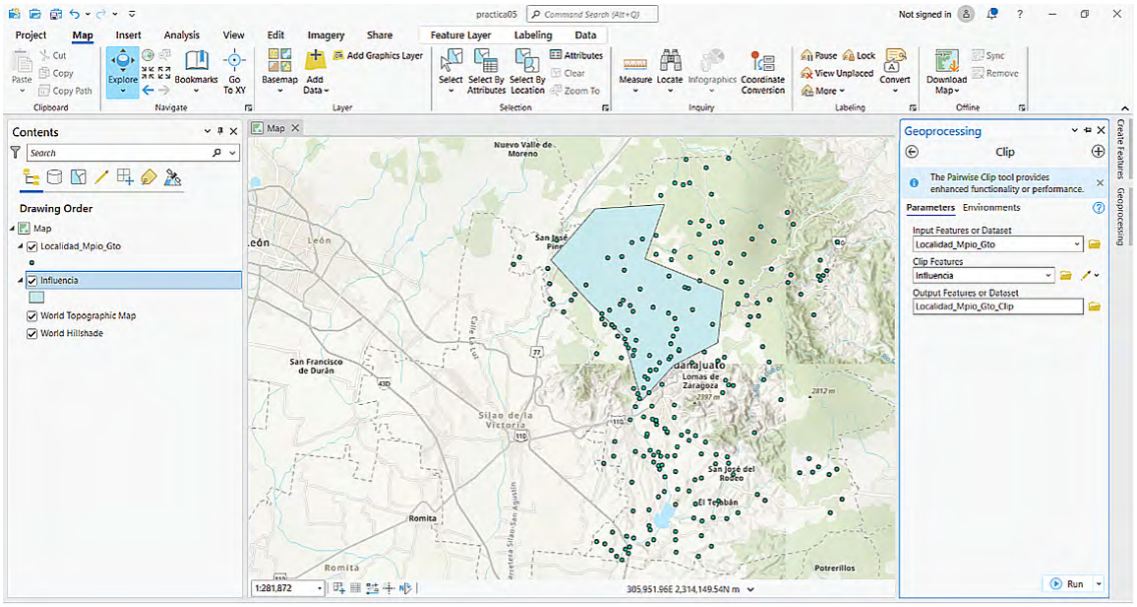
Paso 21. En la ventana del comando **Clip**, ubique la sección *Input Features or Dataset* donde deberá seleccionar el Layer de puntos (*Localidad_Mpio_Gto*), el cual se va a recortar.

Paso 22. En la sección *Clip Features* seleccione el Layer poligonal (*Influencia*) el cual será la base para realizar el recorte.

Paso 23. En la sección *Output Features Class or Dataset* se seleccionará el directorio o el geodatabase donde se guardará la nueva capa recortada (Figura 136).

Figura 136

Ventana del comando Clip en ArcGIS Pro

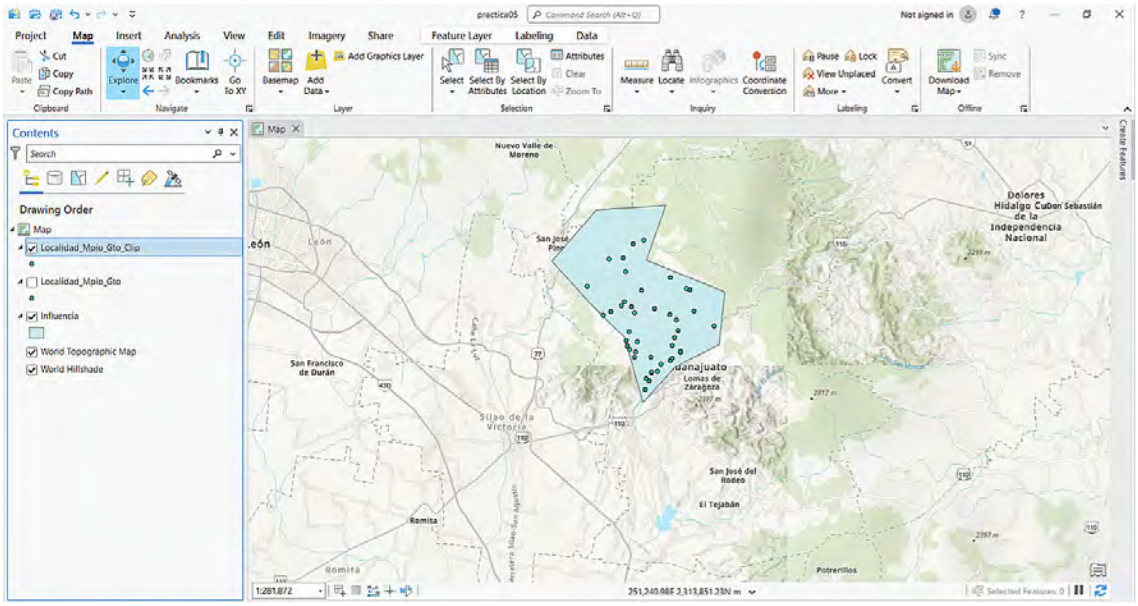


Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

Paso 24. Asegúrese de haber ingresado los datos correctamente y dé un *clic* en el botón **Run** para que inicie el proceso. El resultado debe de ser algo parecido a lo que se muestra en la Figura 137.

Figura 137

Resultado del comando Clip en ArcGIS Pro



Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

Parte V. Disolver (Dissolve)

El comando **Dissolve** realiza la combinación de la información geográfica que se basa en un atributo común; es decir, realiza una fusión contigua de la información que comparte un valor idéntico dentro de la tabla de atributos de un Layer. La ubicación del comando **Dissolve** es **Geoprocessing | Toolboxes | Data Management Tools | Generalization | Dissolve**.

Paso 25. Elimine los Layer de parte IV de esta práctica con el comando **Remove**, dando *clic* derecho sobre el Layer y en el menú contextual dar *clic* en el comando **Remove**.

Paso 26. Añada el vectorial denominado *mgm2005_conteo_05.shp* ubicado en *C:\Curso_ArcGisPro\Prac05\Dissolve* dando un *clic* en el ícono **Add Data** (

) ubicado en la pestaña **Map | Add Data**.

Paso 27. Seleccione el comando **Dissolve** desde **Geoprocessing | Toolboxes | Data Management Tools | Generalization | Dissolve**.

Paso 28. En el cuadro de diálogo del comando **Dissolve**, ubique la sección *Input Features* donde deberá seleccionar el Layer *mgm2005_conteo_05*.

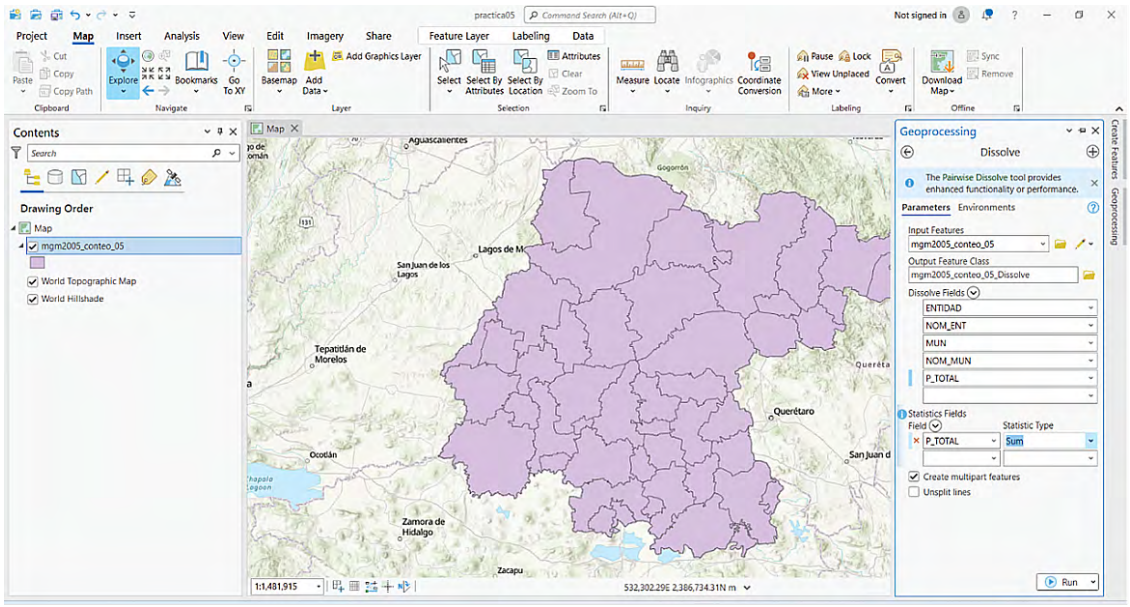
Paso 29. En la sección *Output Features Class* seleccione el directorio o el geodatabase donde se va a almacenar el resultado (deje el directorio que aparece por default).

Paso 30. En la sección *Dissolve Fields* el campo que contiene los atributos en función de los cuales se fusionarán las entidades, para esta práctica seleccione los campos *ENTIDAD*, *NOM_ENT*, *MUN*, *NOM_MUN* y *P_TOTAL*.

Paso 31. En la sección puede realizar cálculos estadísticos de los campos a disolver (Figura 138).

Figura 138

Cuadro de diálogo del comando Dissolve en ArcGIS Pro

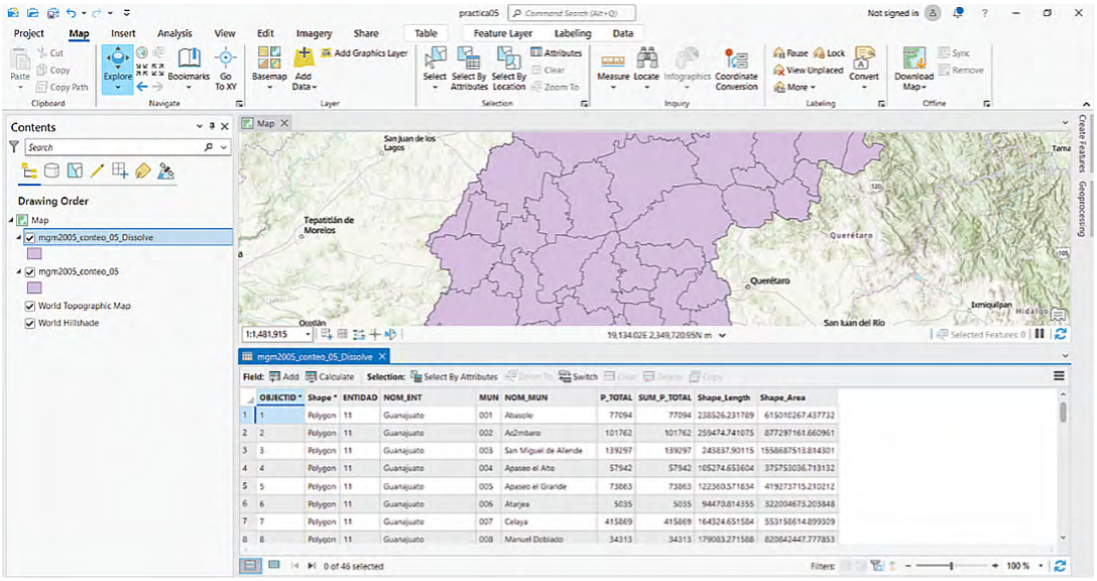


Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

Paso 32. Asegúrese de haber ingresado los datos correctamente y dé un *clic* en el botón **Run** para que inicie el proceso. El resultado debe de ser algo parecido a lo que se muestra en la Figura 139.

Figura 139

Resultado del comando Dissolve en ArcGIS Pro



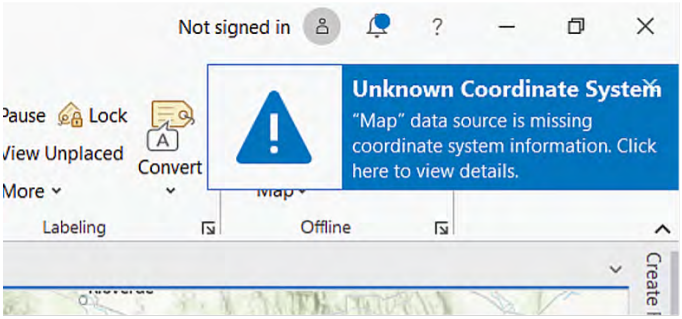
Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

Parte VI. Definir la proyección de una capa

En ocasiones, cuando se añade un vectorial en *ArcGIS Pro* y no cuenta con una referencia espacial, se recibir un mensaje de advertencia: "*Unknown Coordinate System Map2 data source is missing coordinate system information. Click here to view details*". Esto se debe a que las capas añadidas no tienen un sistema de coordenadas definido. Probablemente, al crear las capas se omitió definir el sistema de referencia espacial (Figura 140).

Figura 140

Mensaje de advertencia que no existe un sistema de coordendas en ArcGIS Pro



Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

No se recomienda definir un sistema de coordenadas si no se cuenta con la seguridad de cuál es el sistema de coordenadas en la que se ha de trabajar. Para definir el sistema de coordenadas de una capa (vectorial o raster), se usa el comando **Define Projection** el cual se ubica en **Geoprocessing | Toolboxes | Data Management Tools | Projections and Transformations | Define Projection**.

Paso 33. Elimine los Layer de parte V de esta práctica con el comando **Remove**, dando *clic* derecho sobre el Layer y en el menú contextual dar *clic* en el comando **Remove**.

Paso 34. Añada el vectorial denominado *gto.shp* ubicado en *C:\Curso_ArcGisPro\Prac05\ Proyeccion* dando un *clic* en el ícono **Add Data** (

) ubicado en la pestaña **Map | Add Data**.

Paso 35. Seleccione el comando **Define Projection** ubicado en **Geoprocessing | Toolboxes | Data Management Tools | Projections and Transformations | Define Projection**.

Paso 36. En el cuadro de diálogo del comando **Define Projection** se debe configurar los siguientes parámetros (Figura 141).

- Input Dataset or Feature Class. Seleccione el Layer gto.
- Coordinate System. Seleccione sistema de coordenadas UTM (Projected Coordinate Systems | UTM | WGS 1984 | Northern Hemisphere | WGS 1984 UTM Zone 14N).

Figura 141

Ventana del comando Define Projection en ArcGIS Pro

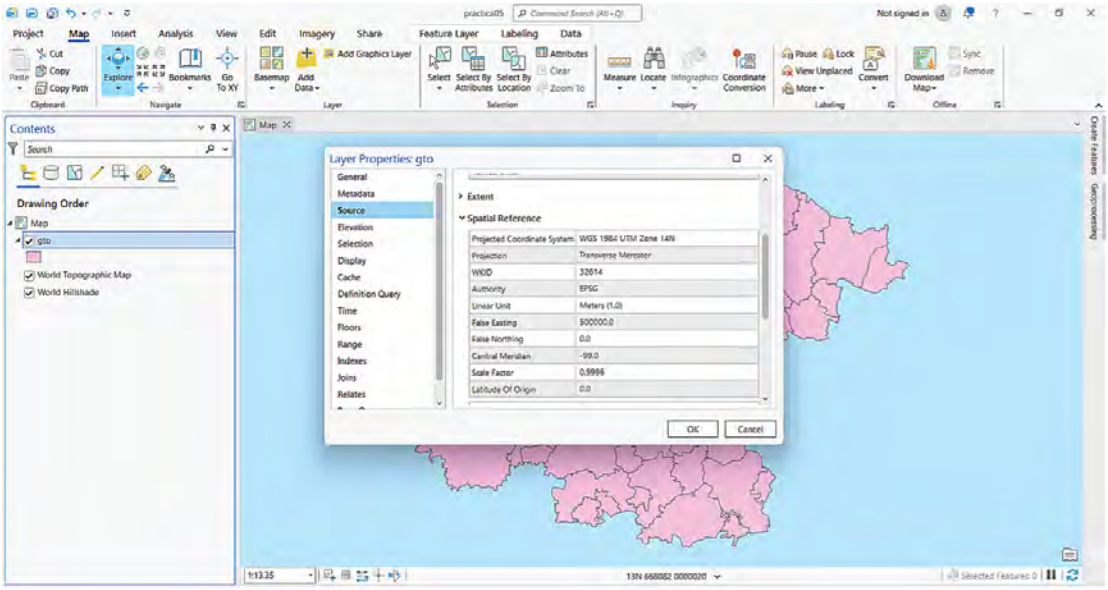


Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

Paso 37. Asegúrese de haber ingresado los datos correctamente y dé un *clic* en el botón **Run** para que inicie el proceso. El resultado debe de ser algo parecido a lo que se muestra en la Figura 142.

Figura 142

Resultado de la definición de la proyección en ArcGIS Pro



Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

Parte VII. Reproyección de un sistema de referencia

El comando **Project** ejecuta la función de transformación de datos espaciales de un sistema de coordenadas a otro diferente. En esta práctica, se realizará la transformación de la proyección de una capa con el sistema de coordenadas Cónica Conforme de Lambert (CCL) a coordenadas UTM. Cabe resaltar que al realizar cambio de sistema de coordenadas en un Shapefile involucra aplicar transformaciones correspondientes para cada ubicación. La lista de transformaciones necesarias se encuentra en un archivo PDF disponible en la página web de ayuda de *ArcGIS Pro*[8].

El comando **Project** se encuentra ubicado en **Geoprocessing | Toolboxes | Data Management Tools | Projections and Transformations | Project**.

Paso 38. Elimine el Layer de parte VI de esta práctica con el comando **Remove**, dando *clic* derecho sobre el Layer y en el menú contextual dar *clic* en el comando **Remove**.

Paso 39. Añada el vectorial denominado *gto_ccl.shp* ubicado en *C:\Curso_ArcGisPro\Prac05\ Reproyeccion* dando un *clic* en el ícono **Add Data** (

) ubicado en la pestaña **Map | Add Data**.

Paso 40. Seleccione el comando **Project** desde **Geoprocessing | Toolboxes | Data Management Tools | Projections and Transformations | Project**.

Paso 41. En el cuadro de diálogo del comando **Project** se debe configurar los siguientes parámetros (Figura 143).

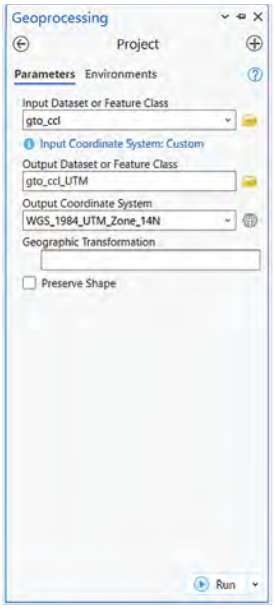
- Input Dataset or Feature Class. Seleccione el Layer gto_ccl el cual se va a reproyectar. El sistema de coordenadas actual de la capa se mostrará por defecto.
- Output Dataset or Feature Class. Se selecciona el directorio o la geodatabase donde va a almacenar el archivo resultante. Nombre el archivo como gto_UTM.
- Output Coordinate System. Seleccione el sistema de coordenadas que se va a reproyectar. En este caso es UTM (Projected Coordinate Systems | UTM | WGS 1984 | Northern Hemisphere | WGS 1984 UTM Zone 14N).

8 https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/help/mapping/properties/pdf/geographic_transformations.pdf

- Geographic Transformation. En esta sección se selecciona la transformación correspondiente de la lista de transformaciones del documento PDF Geographic and Vertical Transformation Tables en la página web de *ArcGIS Pro*. Para esta práctica no se requiere realizar una transformación adicional por lo cual se deja vacío el espacio.

Figura 143

Ventana del comando Project en ArcGIS Pro

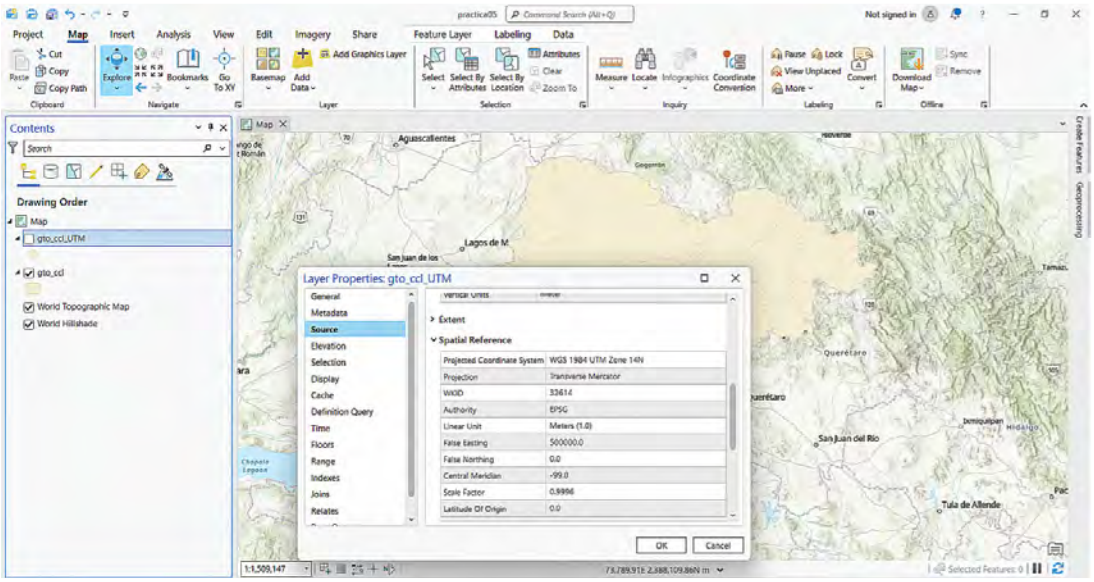


Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

Paso 43. Asegúrese de haber ingresado los datos correctamente y dé un *clic* en el botón **Run** para que inicie el proceso. El resultado debe de ser algo parecido a lo que se muestra en la Figura 144.

Figura 144

Resultado de la reproyección en ArcGIS Pro



Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

Práctica 6. Georreferenciación de un ráster

La georreferenciación es un proceso que permite asignar un sistema de referencia basado en coordenadas conocidas a un ráster. Los ráster, muchas veces no se encuentran asociados con un sistema de referencia, por lo que requieren la georreferenciación (ESRI, 2025n.). Para georreferenciar un punto, es fundamental conocer sus coordenadas reales y poder identificarlo en el ráster. Esto significa que, al localizar las coordenadas de un punto dentro del ráster, se puede vincular este punto conocido con la imagen. De esta manera se logra una georreferenciación efectiva y precisa.

Para georreferenciar un ráster se requiere contar con puntos de control, los cuales se ubican sobre el terreno y que son ligados a la Red Geodésica Nacional Activa por medio del Sistema Global de Navegación por Satélite (GNSS) (INEGI, 2024) para después vincular esos puntos con su correspondencia en la imagen.

Parte I. Georreferenciación de un ráster con puntos de control

Paso 1. Abra *ArcGIS Pro* y seleccione el ícono *Map* para proceder colocar el nombre del proyecto (*practica06*) y realizar la ubicación correspondiente (*C:\Curso_ArcGisPro\Prac06*) para posteriormente dar un *clic* en el botón **OK**.

Paso 2. Añada el ráster denominado *Imagen_Sin-Referencia.jpg* ubicado en *C:\Curso_ArcGisPro\Prac06* dando un *clic* en el ícono **Add Data** (

) ubicado en la pestaña **Map | Add Data**.

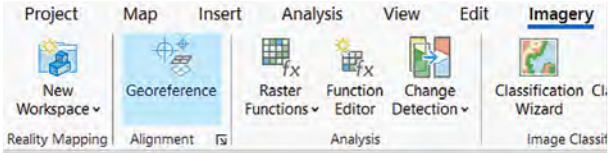
Paso 3. Al ingresar el ráster le solicitará realizar las estadísticas del ráster sin referencia. De un *clic* en el botón **Yes** para que realice el proceso.

Paso 4. En el panel de **Contents** aparecerá el nombre del ráster. De un *clic* con el botón derecho del ratón y cuando se muestre el menú contextual seleccione el comando **Zoom To Layer** para que se visualice en el área de trabajo el ráster.

Paso 5. Para acceder a los comandos de georreferenciación, seleccione en el panel de **Contents** el ráster *Imagen_Sin-Referencia.jpg* el cual se va a georreferenciar. El comando se encuentra en la pestaña **Imagery | Alignment | Georeference** (Figura 145).

Figura 145

Ubicación del comando Georeference en ArcGIS Pro

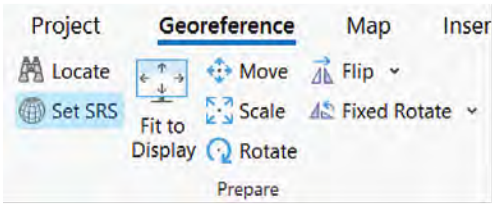


Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

Paso 6. Antes de realizar la georreferenciación del ráster se debe de definir el sistema de coordenadas. Para está práctica se usará la proyección **WGS 1984 UTM Zone 14N**. Active el comando **Georeference | Prepare | Set SRS** (Figura 146).

Figura 146

Ubicación del comando Set SRS en ArcGIS Pro

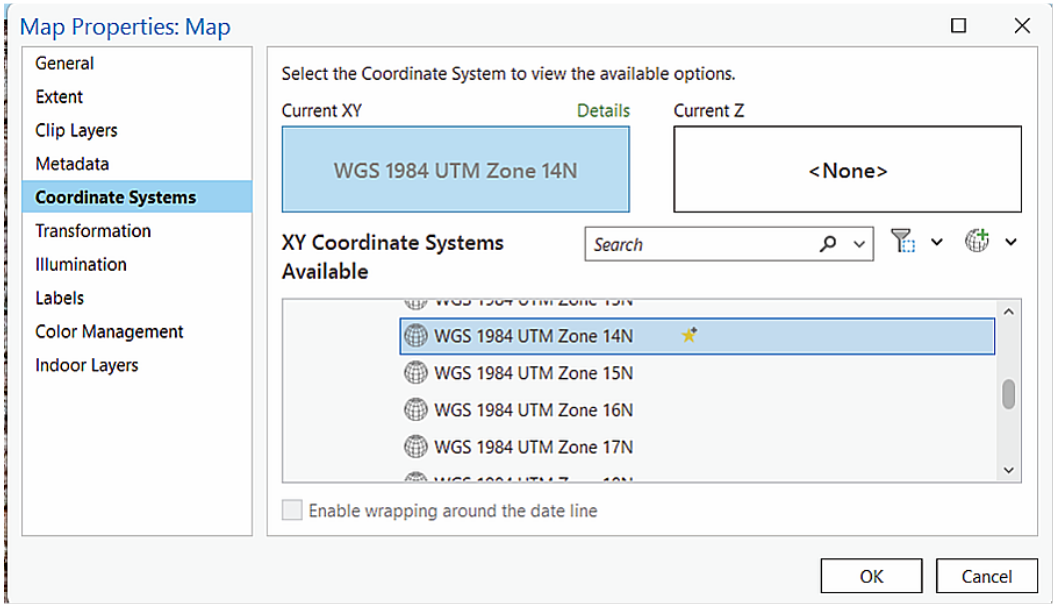


Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

Paso 7. En el cuadro de diálogo de **Map Properties** ubicado en **Map | Coordinate Systems**, seleccione el sistema de proyección de coordenadas **WGS 1984 UTM Zone 14N** el cual está ubicado en **Projected Coordinate Systems**. La ruta de la proyección de coordenadas es: *Projected Coordinate Systems | UTM | WGS 1984 | Northern Hemisphere | WGS 1984 UTM Zone 14N* y posteriormente dé un *clic* en el botón **OK** (Figura 147).

Figura 147

Ventana Map Properties: Map en ArcGIS Pro



Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

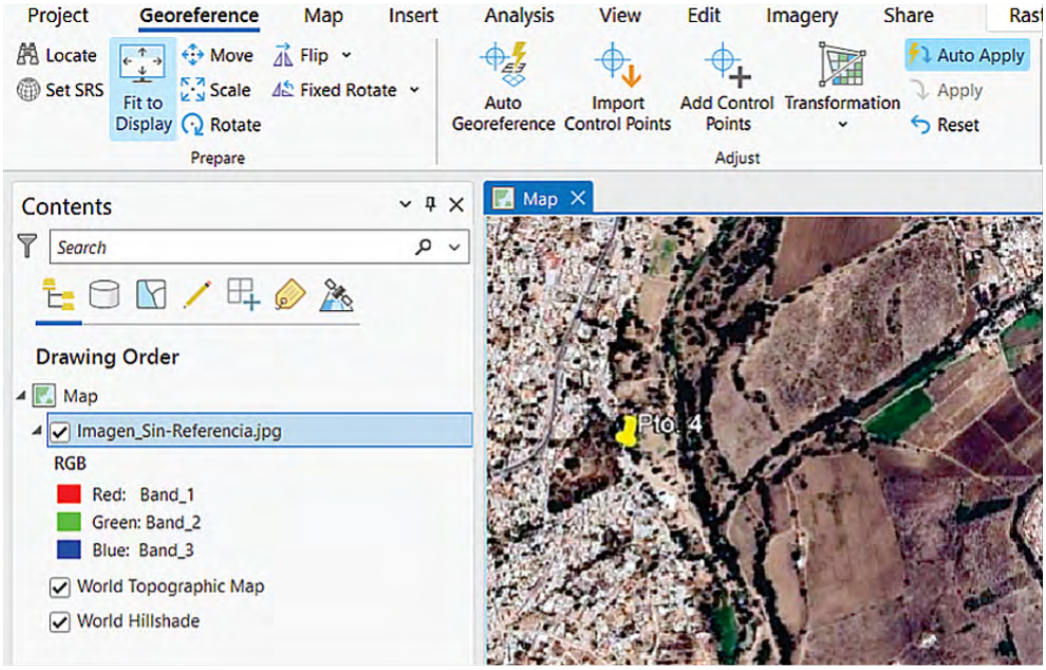
Los puntos de control son la clave para la georreferenciación, pues con ellos se establece la relación entre las coordenadas X, Y del ráster y las coordenadas en el mundo real; es decir, es el vínculo que permite ubicar espacialmente un ráster.

Es importante que se comprenda claramente el proceso de la georreferenciación. En general, el origen del ráster no es un aspecto crucial. Lo más importante es identificar los objetos geográficos tanto en la imagen como en el mundo real. Esto permite asignar las coordenadas adecuadas a los puntos de control.

Paso 9. Si el ráster *Imagen_Sin-Referencia.jpg* no se visualiza en el área de trabajo del *ArcGIS Pro*, puede dar un *clic* en el comando **Fit To Display** ubicado en **Georeference | Prepare | Fit To Display** (Figura 148).

Figura 148

Ubicación del comando Fit To Display en ArcGIS Pro

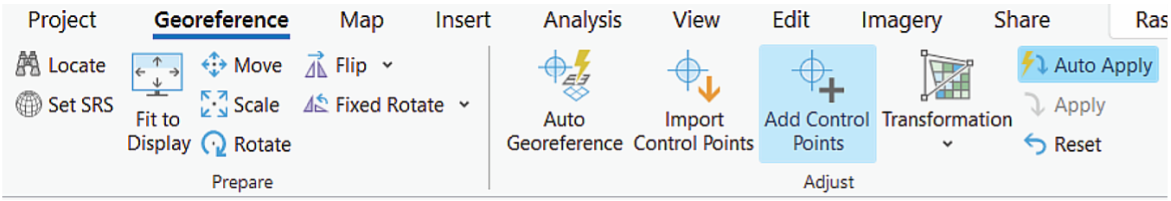


Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

Paso 10. De un *clic* en el comando **Add Control Points** ubicado en **Georeference | Adjust | Add Control Points** (Figura 149). El cursor tomará la forma de "cruz" y se desplegará el texto *From point (source)* debajo de él.

Figura 149

Ubicación del comando Add Control Points en ArcGIS Pro



Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

Paso 11. Coloque el cursor en el punto de control 1 (*Pto. 1*) en el ráster donde aparecerá el texto *To point (target)*. Para agregar las coordenadas, haga un *clic* derecho sobre el punto seleccionado donde se abre la ventana **Target**

Coordinates donde se ingresará las coordenadas conocidas. Para este punto son: X = 262017.07; Y = 2319836.84 y, una vez tecleados los valores de las coordenadas dar un *clic* en el botón **OK** para agregarlos.

Paso 12. El ráster "desaparecerá" del área de trabajo después de que se agregue el primer punto. Para visualizar nuevamente el ráster se debe de dar un *clic* derecho en el nombre del ráster que se encuentra en el panel **Contents** y del menú contextual seleccione el comando **Zoom To Layer**.

Paso 13. Para ingresar los valores de las coordenadas de los puntos de control 2, 3 y 4 realice el mismo procedimiento descritos en los pasos 11 y 12. Tome los valores que se encuentran en la Tabla 10.

Tabla 10
Coordenadas de los puntos de control

Pto.	Este (X)	Norte (Y)
1	262017.07	2319836.84
2	262066.57	2318421.76
3	259977.68	2318623.45
4	259431.68	2319644.11

Coordenadas UTM Zona 14N

NOTA: con una mayor cantidad de puntos de control es más exacta la georreferenciación. Asimismo, es posible insertar coordenadas geográficas; es decir, en formato de grados, minutos y segundos, solamente se requiere activar la casilla **Show Coordinates in DMS**.

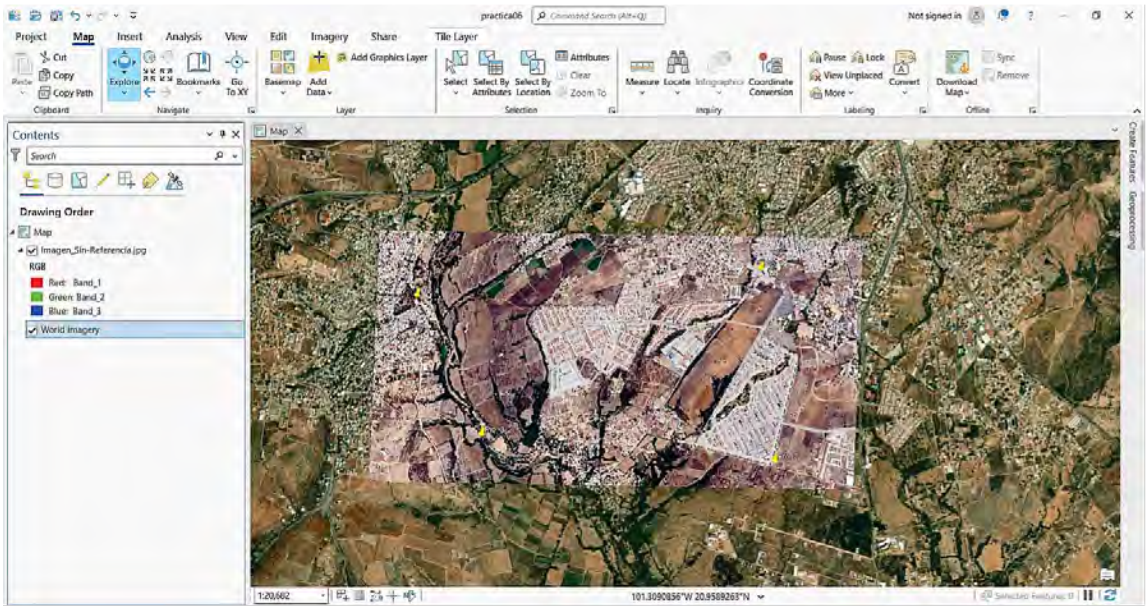
Paso 14. Para concluir el proceso de georreferenciación guarde los cambios realizados con el comando **Save** ubicado en la pestaña **Georeference | Save | Save** lo cual generará una serie de archivos auxiliares relacionados con la imagen actual y que contienen las transformaciones realizadas.

NOTA: Si desea guardar los cambios en un nuevo ráster, seleccione el comando **Save as New** para que el ráster original no sufra modificaciones.

Paso 15. Para cerrar la pestaña **Georeference**, pulse el botón **Close Georeference** en la parte derecha de la pestaña. El resultado del proceso debe ser algo parecido a lo que se muestra en la Figura 150.

Figura 150

Resultado de georreferenciación de un ráster en *ArcGIS Pro*



Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

Parte II. Georreferenciar una imagen sin puntos de control

Ocasionalmente no existe la posibilidad de adquirir las coordenadas de los puntos de control colocados en la superficie, pero se cuenta con vectoriales que permiten georreferenciar los elementos presentes en un ráster; por ejemplo, vías de comunicación, construcciones, árboles, etc. Es decir, se puede realizar la georreferenciación en un ráster con base encon base a una capa vectorial de líneas (vías de comunicación) donde se identifican los puntos concordantes del vectorial en el ráster, donde coincidan las intersecciones para establecer puntos de control.

En el proceso de georreferenciación, es crucial seleccionar puntos de control precisos que correspondan a los mismos elementos de referencia en el ráster y en el vectorial. Esto garantiza una georreferenciación exacta en el ráster, lo cual es fundamental para cualquier aplicación posterior que requiera información espacial.

Paso 16. Elimine el Layer *Imagen_Sin-Referencia.jpg* con el comando **Remove**, dando *clic* derecho sobre el Layer y en el menú contextual dar *clic* en el comando **Remove**.

Paso 17. Añada el vectorial denominado *0301_11e_inegi.shp* ubicado en *C:\Curso_ArcGisPro\Prac06\Red_Vial* dando un *clic* en el ícono **Add Data** (

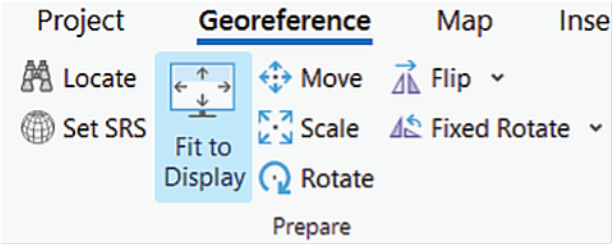
) ubicado en la pestaña **Map | Add Data** y el ráster *Imagen_Sin-Referencia_02.jpg* ubicado en *C:\Curso_ArcGisPro\Prac06* dando un *clic* en el ícono **Add Data** (

) ubicado en la pestaña **Map | Add Data**.

Paso 18. Seleccione la capa *0301_11e_inegi* y dé un *clic*de un *clic* derecho y en el menú contextual dé un *clic* en el comando **Zoom To Layer**. Posteriormente, seleccione el ráster *Imagen_Sin-Referencia_02.jpg* en el panel **Contents** y dé un *clic*de un *clic* el comando **Fit To Display** en la pestaña **Georeference | Prepare | Fit To Display** para ubicar las vías sobre la imagen (Figuras 151 y 152).

Figura 151

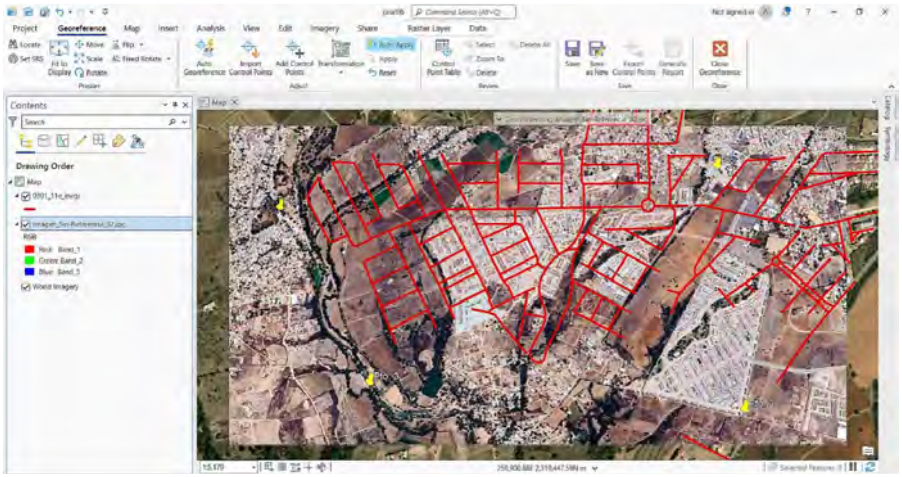
Ubicación del comando Fit To Display en ArcGIS Pro



Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

Figura 152

Visualización del raster y vectorial en ArcGIS Pro



Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

Paso 19. Para establecer los puntos de control, se debe dar un **Add Control Points** en la ruta **Georeference | Adjust | Add Control Points**. El puntero del ratón mostrará el texto *From point (source)*, esto quiere decir que debe de hacer *clic* en la imagen para marcar el punto inicial y después dé un *clic* en la intersección correspondiente en la capa vectorial (**To point, target**) (Figura 153). Este procedimiento se realiza para cada intersección o punto de control necesarios hasta que se ajusten las capas, tanto ráster como vectorial, de forma adecuada.

Figura 153

Ingreso de puntos de control para georreferenciar a partir de una capa vectorial en ArcGIS Pro



Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

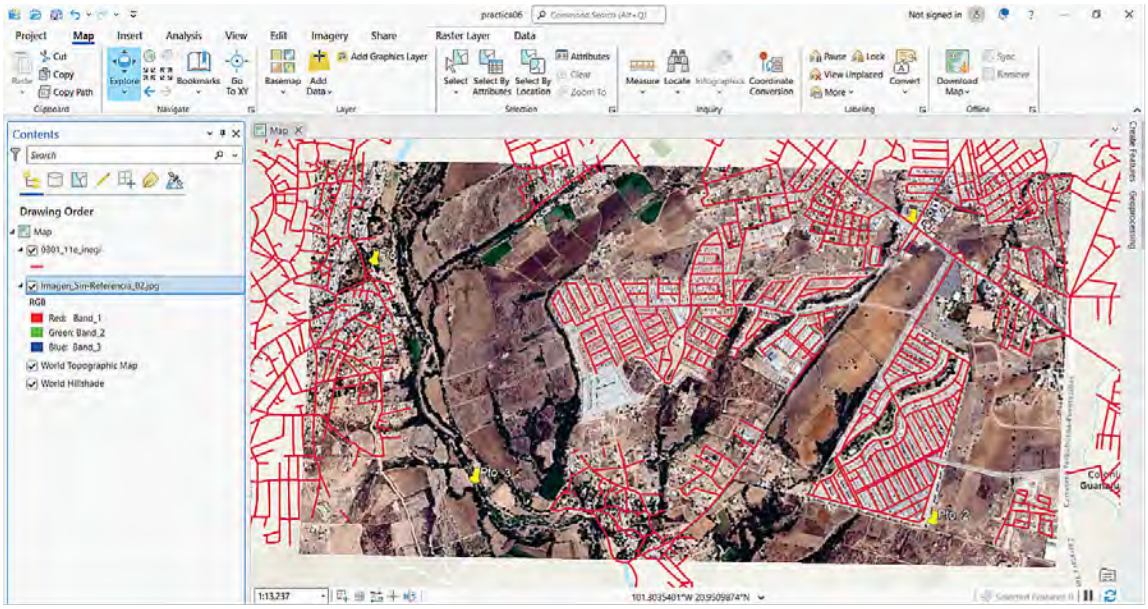
NOTA 1: El ajuste de las capas es automático después de cada asociación de puntos. La cantidad de puntos de control que se utilicen no garantiza automáticamente la calidad de la georreferenciación. Por otra parte, es esencial colocar los puntos de control de manera equilibrada en el ráster; es decir, no enfocarse en una sola área. Es importante distribuir los puntos de control de manera uniforme en toda la imagen para obtener los mejores resultados.

NOTA 2: Este procedimiento se puede realizar con transformaciones más complejas, como polinomios, splines, ajustes o proyectivas, para determinar la ubicación precisa de las coordenadas para cada celda de la imagen.

Paso 20. Realice el procedimiento descrito en el paso 19 tantas veces como considere necesario para ajustar la imagen. El resultado debe ser algo parecido a lo que se muestra en la Figura 154.

Figura 154

Resultado de la georreferenciación de una imagen con base encon base a una capa vectorial en ArcGIS Pro



Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

NOTA: Se recomienda evitar el uso de imágenes de Google Earth para trabajos técnicos debido a que no son precisas, pues la topografía mostrada no es plana. Por otra parte, las imágenes no están disponibles en alta resolución, por lo que es preferible utilizarlas

solo como referencias para los estudios. La finalidad es minimizar las distorsiones en el relieve y mejorar la calidad de la imagen a través del uso adecuado de puntos de control.

Capítulo VII
Ejercicios de análisis espacial en *ArcGIS Pro*

El análisis espacial permite la resolución de problemas complejos encauzados a la ubicación, explorar y entender los datos desde una perspectiva geográfica, determinando relaciones, detectar, así como cuantificar patrones, evaluar tendencias, y realizar tanto predicciones como tomar decisiones. El análisis espacial va más allá de la representación cartográfica pues permite estudiar las características de los lugares y las relaciones entre ellos aportando nuevas perspectivas a su toma de decisiones (ESRI, 2026c.).

Además, el análisis espacial permite combinar información de diversas fuentes y generar nuevos conocimientos mediante la aplicación de operadores espaciales. Este conjunto de herramientas de análisis espacial permite responder a preguntas espaciales complejas. El análisis estadístico puede determinar si los patrones que se ven son significativos. Puede analizar varias capas para calcular la adecuación de un lugar para una actividad en particular y, mediante el análisis de imágenes, puede detectar cambios a lo largo del tiempo. Estas herramientas permiten abordar cuestiones y tomar decisiones cruciales que van más allá del alcance del simple análisis visual (ESRI, 2026c).

Uno de los análisis espaciales más comunes es la ***interpolación***, que predice los valores de las celdas de un ráster a partir de un número limitado de puntos de datos de muestra. Puede utilizarse para predecir valores desconocidos de cualquier dato de un punto geográfico, tales como: elevación, precipitaciones, concentraciones químicas, niveles de ruido, etc. (ESRI,2026h).

En definitiva, el análisis espacial es una técnica eficaz y útil para abordar problemas geoespaciales complejos obteniendo información nueva de los datos. La disponibilidad de herramientas avanzadas, como la extensión **Spatial Analyst** de *ArcGIS Pro*, es clave para aprovechar todo el potencial del análisis espacial con la finalidad de obtener resultados precisos y significativos.

Práctica 7. Análisis espacial

Parte I. Interpolación Kriging

Existen varias opciones de interpolación en *ArcGIS Pro*, el método que se va a utilizar en esta práctica para interpolar datos meteorológicos es el método *Kriging* el cual se encuentra en **Geoprocessing | Toolboxes | Spatial Analyst Tools | Interpolation | Kriging**.

Paso 1. Abra *ArcGIS Pro* y seleccione el ícono *Map* para proceder colocar el nombre del proyecto (*practica07*) y realizar la ubicación correspondiente (*C:\Curso_ArcGisPro\Prac07*) para posteriormente dar un *clic* en el botón **OK**.

Paso 2. Añada el ráster *mde_gto y el vectorial Est_Met_Mpio_Gto.shp* ubicados en *C:\Curso_ArcGisPro\Prac07\interpolacion* dando un *clic* en el ícono **Add Data** (

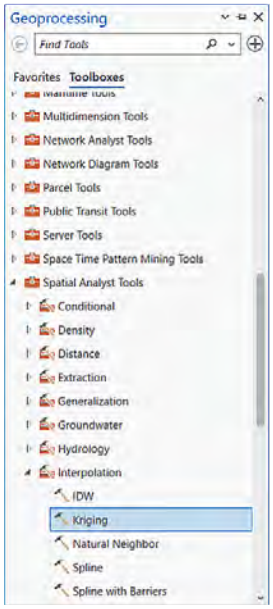
) ubicado en la pestaña **Map | Add Data**.

Es importante tener en cuenta que la velocidad de ejecución del proceso depende de la cantidad de puntos a procesar, así como de los recursos del sistema. La función de interpolación **Kriging** tiene una apariencia similar a otras funciones de interpolación disponibles en *ArcGIS Pro*.

Paso 3. Active el comando **Kriging** ubicado en **Geoprocessing | Toolboxes | Spatial Analyst Tools | Interpolation | Kriging** (Figura 155).

Figura 155

Ubicación de la función Kriging en ArcGIS Pro



Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

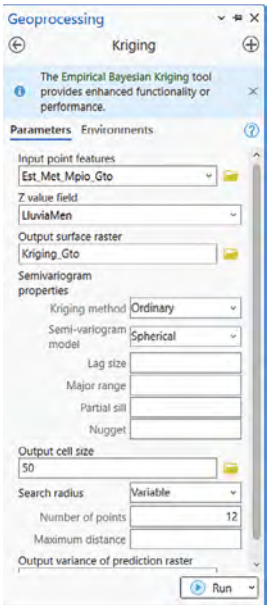
Paso 4. En el cuadro de diálogo de la función **Kriging** ingrese los siguientes datos en la pestaña *Parameters* (Figura 156):

- Input point features: Seleccione el Layer Est_Met_Mpio_Gto la cual contiene los datos de precipitación (lluvia promedio mensual) y de temperatura (temperatura promedio mensual).
- Z value field: Seleccione el campo LluviaMen que es donde se almacena los valores de precipitación.
- Output surface raster: Seleccione el ráster de un directorio o geodatabase para almacenar el archivo ráster de salida (coloque el nombre de Kriging_Gto).
- Semivariogram properties: Este parámetro permite seleccionar el método de interpolación de Kriging con su respectivo semivariograma (deje los datos que se presentan por default).
- Output cell size: Introduzca el valor de 50 pixeles por celda (resolución del ráster resultante).
- Search radius: Este parámetro establece los puntos de entrada para interpolar cada celda (deje los datos que se presentan por default).

- Output variance of prediction raster: Es un ráster opcional que contiene los valores de semivarianza (deje los datos que se presentan por default).

Figura 156

Datos en la pestaña Parameters en *ArcGIS Pro*



Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

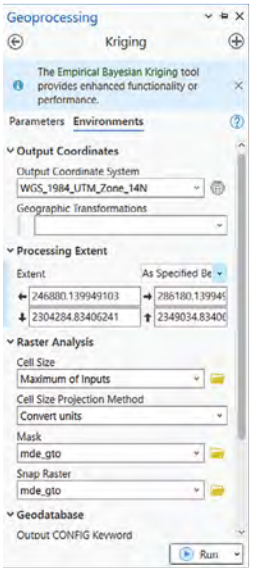
Paso 5. En la pestaña **Environments** ingrese los datos siguientes (Figura 157):

- Output Coordinate System: Seleccione sistema de coordenadas UTM (Projected Coordinate Systems | UTM | WGS 1984 | Northern Hemisphere | WGS 1984 UTM Zone 14N).
- Processing Extent: Seleccione el ráster mde_gto que es la base para el análisis.
- Mask: Seleccione el ráster mde_gto.
- Snap Raster: Seleccione el ráster mde_gto.

Los demás parámetros déjelos con los valores que se especifican por default.

Figura 157

Datos en la pestaña Environments en ArcGIS Pro

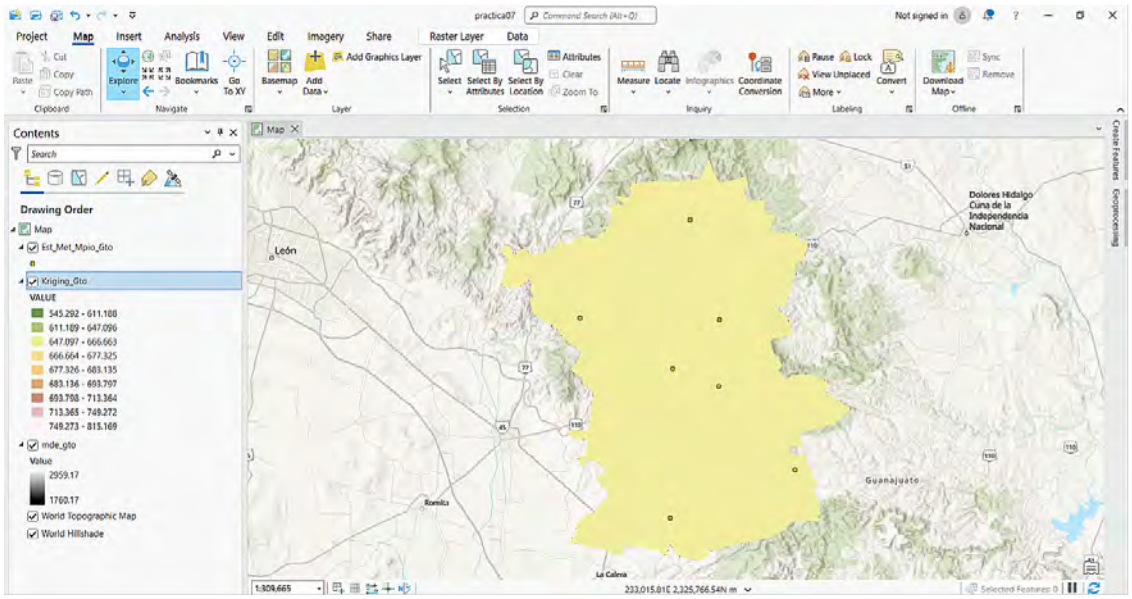


Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

Paso 6. De un *Clic* en el botón **Run** para que realice el proceso. El resultado debe ser parecido a lo mostrado en la Figura 158.

Figura 158

Resultado de la función Kriging en ArcGIS Pro



Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

Ejercicio 12. Con los datos del campo temperatura (TempMen) del Layer *Est_Met_Mpio_Gto* realice el procedimiento descrito anteriormente para obtener los valores de la función **Kriging** respecto a las temperaturas promedio.

Ejercicio 13. Realice el procedimiento para los campos de lluvia y temperatura del Layer *Est_Met_Mpio_Gto* realice el procedimiento descrito anteriormente para obtener los valores de la función **IDW**.

Ejercicio 14. Realice el procedimiento para los campos de lluvia y temperatura del Layer *Est_Met_Mpio_Gto* realice el procedimiento descrito anteriormente para obtener los valores de la función **Spline**.

Ejercicio 15. Observe las diferencias de cada proceso de interpolación y haga un análisis de dichas diferencias.

Parte II. Modelos Digitales de Elevación (MDE)

Un modelo digital de elevación es una representación visual y matemática de los valores de altura con respecto al nivel medio del mar, que permite caracterizar las formas del relieve y los elementos u objetos presentes en el mismo. Estos valores están contenidos en un archivo de tipo raster con estructura regular, el cual se genera utilizando equipo de cómputo y software especializadosare especializados (INEGI, 2024).

En un SIG se representan representa tanto entidades (vectoriales) como superficies (ráster). Las entidades son objetos geográficos con formas geométricas bien definidas (líneas, puntos y polígonos). Las superficies son fenómenos geográficos con valores en todos los puntos de su extensión, representados por un ráster; por ejemplo, la elevación. Asimismo, las superficies también pueden representar la temperatura, concentraciones químicas, entre otras. Las superficies se modelan con un datasets ráster (ESRI, 2026m).

Un ráster es una matriz de celdas, también denominadas píxeles, organizadas en filas y columnas las cuales cubren alguna región del mundo (o incluso el mundo entero). Cada celda de una matriz representa una unidad de área cuadrada y contiene un valor numérico que es una medida o una estimación correspondiente a esa ubicación (ESRI, 2026bb).

En esencia, un MDE es una matriz que almacena la información de la elevación de la superficie terrestre en cada una de sus celdas. La información que se puede obtener a partir de un MDE es valiosa debido a su aplicabilidad en diferentes campos, como la hidrología, el análisis de riesgos, la planificación urbana, entre otros. Los productos principales que se pueden derivar de un MDE incluyen mapas de pendientes, curvas de nivel, mapas de relieve, mapas de visibilidad, mapas de aspecto, cuencas hidrográficas, cuencas visuales, etc.

Concisamente, los MDE son una herramienta valiosa para comprender la topografía terrestre para generar información útil en varias áreas del conocimiento, lo que los convierte en una herramienta esencial para la toma de decisiones en diversos campos de investigación.

Paso 7. Elimine los Layer de parte I de esta práctica con el comando **Remove**, dando *clic* derecho sobre el Layer y en el menú contextual dar *clic* en el comando **Remove**.

Paso 8. Añada el Shapefile denominado *f14c43_continuo_curva_l_utm.shp* ubicado en

C:\Curso_ArcGisPro\Prac07\MDE dando un *clic* en el ícono **Add Data** (

) ubicado en la pestaña **Map | Add Data**.

Paso 9. Con base enCon base al Layer *f14c43_continuo_curva_l_utm* se debe de generar un TIN para generar un MDE usando el comando **Create TIN** ubicado en **Geoprocessing | Toolboxes | 3D Analyst Tools | Data Management | TIN | Create TIN**.

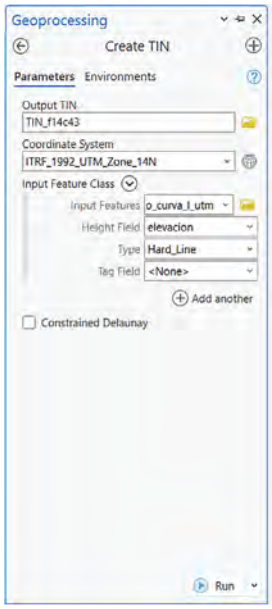
Paso 10. En el cuadro de diálogo de **Create TIN** llene los campos con la información siguiente (Figura 159):

- Output TIN: digite TIN_f14c43 como nombre de salida del TIN que se va a generar.
- Coordinate System: Seleccione sistema de coordenadas del Layer f14c43_continuo_curva_l_utm.
- Input Features: Seleccione el Layer f14c43_continuo_curva_l_utm.
- Height_Field: Seleccione el campo elevation.

- Type: Seleccione masspoints.
- Tag Field: Deje los datos que se presentan por default.

Figura 159

Cuadro de diálogo del comando Create TIN en ArcGIS Pro

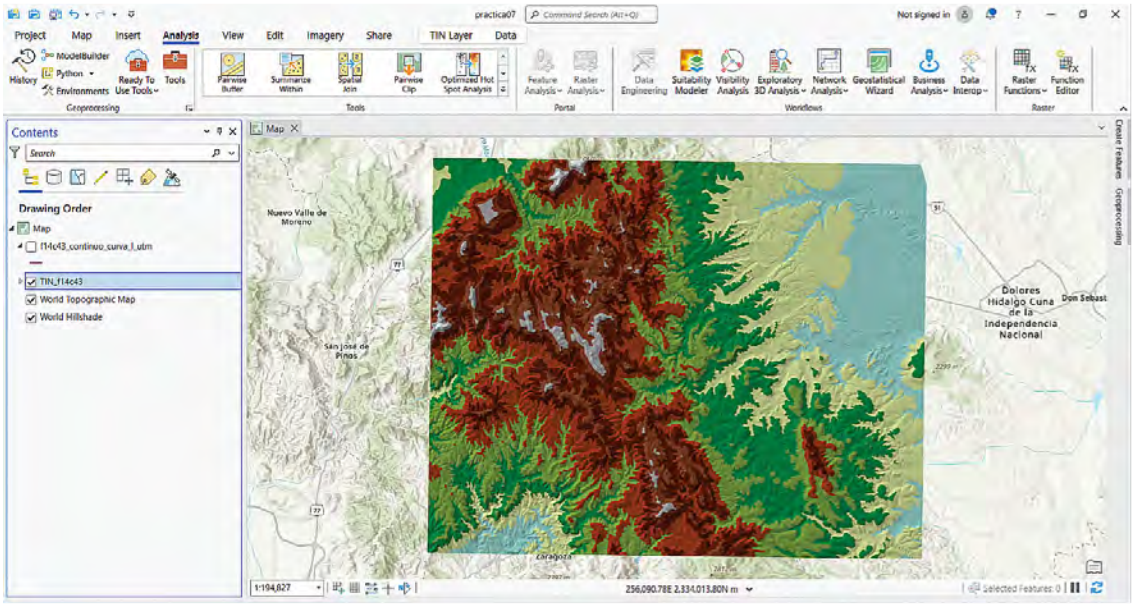


Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

Paso 11. De un *clic* en el botón **Run** para iniciar el proceso. El resultado debe ser parecido a lo que se muestra en la Figura 160.

Figura 160

TIN generado con base encon base al Layer f14c43_continuo_curva_l_utm en ArcGIS Pro



Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

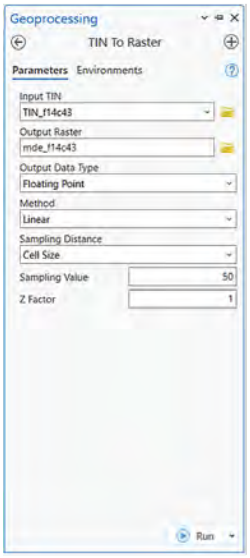
Paso 12. Ya teniendo el TIN se procede a generar el ráster del MDE con el comando **TIN To Raster** ubicado en **Geoprocessing | Toolboxes | 3D Analyst Tools | Conversion | From TIN | TIN To Raster**.

Paso 13. En el cuadro de diálogo de **TIN To Raster** llene los campos con la información siguiente (Figura 161):

- Input TIN: Seleccione TIN_f14c43.
- Output Raster: Abra el campo y digite el nombre del MDE que en este caso será mde_f14c43.
- Output Data Type: Seleccione Floating Point.
- Method: Seleccione Linear.
- Sampling Distance: Seleccione Cell Size.
- Sampling Value: Digite el valor del tamaño de pixcel que para este caso es de 50.
- Z Factor: Digite el valor de 1.

Figura 161

Cuadro de diálogo del comando TIN To Raster en ArcGIS Pro

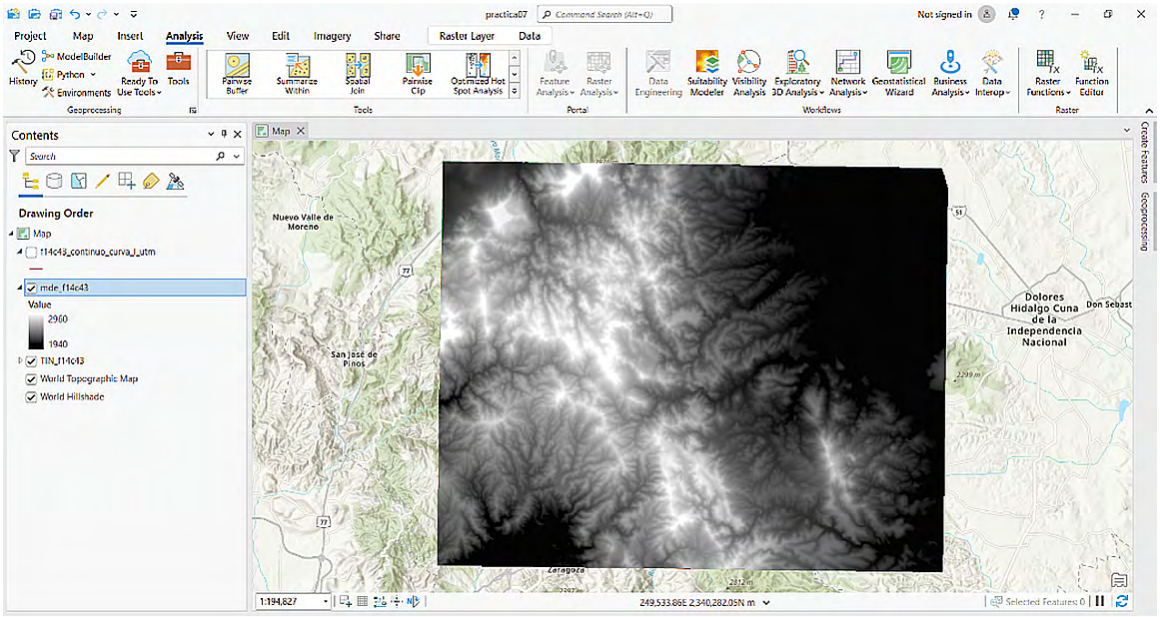


Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

Paso 14. De un *clic* en el botón **Run** para iniciar el proceso y espere a que se realice. El resultado debe ser parecido a lo que se muestra en la Figura 162.

Figura 162

MDE generado con base encon base al Layer f14c43_continuo_curva_l_utm en ArcGIS Pro



Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

Parte III. Generación de pendientes

En todo proyecto SIG, la pendiente influye en la configuración del relieve, convirtiéndose un factor primordial para la elaboración de cualquier actividad realizada por las diferentes disciplinas como lo es la geomorfología, la hidrología, la cartografía, la planificación territorial, entre muchas otras. La pendiente se define como "un punto dado como el ángulo que forma el plano horizontal con el plano tangente a la superficie del terreno en ese punto. Es, en definitiva, la inclinación o desnivel del suelo" (Junta de Andalucia, 2024, p. 218).

La pendiente se mide tanto en porcentaje como en grados sexagesimales. En *ArcGIS Pro* se genera un mapa de pendiente a partir del MDE con el comando **Slope** ubicado en **Geoprocessing | Toolboxes | Spatial Analyst Tools | Surface | Slope**.

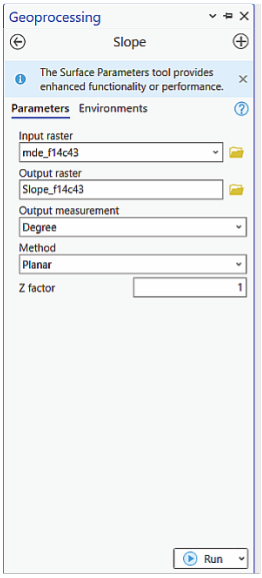
Paso 15. De un *clic* en el comando **Slope** ubicado en **Geoprocessing | Toolboxes | Spatial Analyst Tools | Surface | Slope**.

Paso 16. En el cuadro de diálogo de **Slope** llene los campos con la información siguiente (Figura 163):

- Input raster: Seleccione el MDE mde_f14c43.
- Output raster: seleccione el directorio o geodatabase donde se almacenará el archivo ráster de pendientes resultante y nómbrelo como Slope_f14c43.
- Output measurement: Seleccione la función Degree para obtener la pendiente en grados decimales. Con la función Percent rise se obtiene el porcentaje de la pendiente.
- Method: Seleccione la función Planar ya que la pendiente se generará en 2D. La función Geodesic se utiliza cuando se realiza un cálculo geodésico.
- Z factor: Factor opcional que se utiliza para asegurar que las unidades lineales Z coincidan con las unidades lineales X, Y.

Figura 163

Cuadro de diálogo del comando Slope en ArcGIS Pro

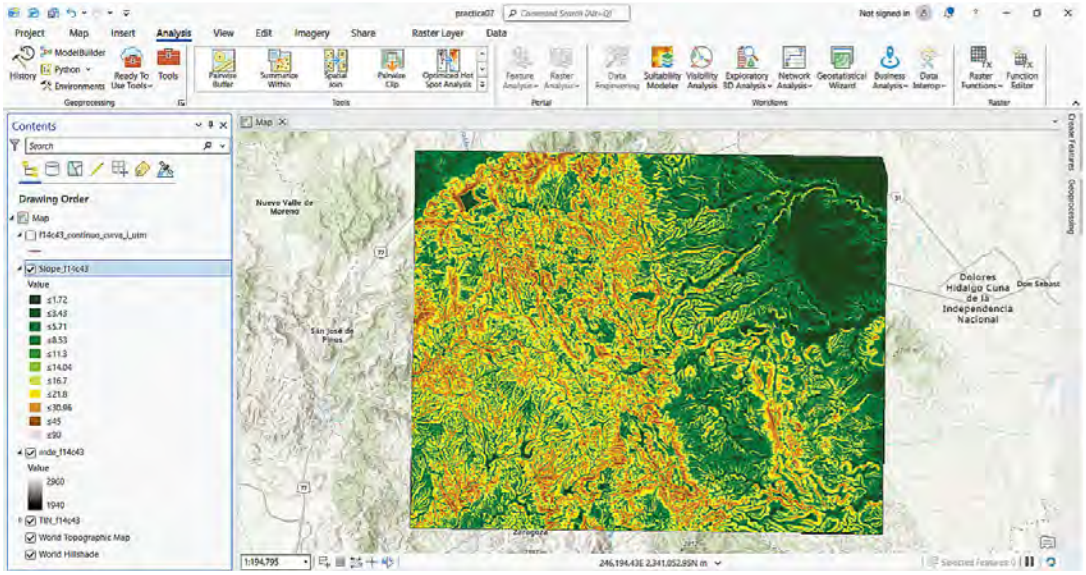


Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

Paso 14. De un *clic* en el botón **Run** para iniciar el proceso. El resultado debe ser parecido a lo que se muestra en la Figura 164.

Figura 164

Pendiente generado con base encon base al mde_ f14c43 en ArcGIS Pro



Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

Este resultado de la generación de pendientes representa las diferentes inclinaciones del terreno en forma de gradiente de colores, siendo las zonas más planas de menor pendiente (verde oscuro) y las zonas más empinadas de mayor pendiente (rojo marrón). La pendiente es un producto esencial para el análisis topográfico, así como para la caracterización de la superficie terrestre en diferentes espacios.

Parte IV. Reclasificaciones

La función del comando **Reclassify** (reclasificación) es modificar los valores de un ráster mediante la sustitución de la información existente por nuevos valores. Esto se aplica a cualquier variable almacenada en formato ráster, como pendiente, elevación, precipitación, temperatura, etc. Para realizar esta parte de la práctica se usará como base la pendiente creada en la parte III, así como la clasificación propuesta por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación ([FAO], 2009), lo que implica la reagrupación de los valores del ráster de pendientes en clases. La Tabla 11 especifica ocho clases diferentes; cada una contiene los valores de pendiente expresados en porcentaje y grados decimales.

Tabla 11
Clases de gradiente de la pendiente

Clase	Descripción	Porcentaje (%)	Grados (°)
01	Plano	0 – 0.2	0.0 – 0.57
02	Nivel	0.2 – 0.5	
03	Cercano al nivel	0.5 – 1.0	
04	Muy ligeramente inclinado	1.0 – 2.0	0.57 – 1.15
05	Ligeramente inclinado	2.0 – 5.0	1.15 – 2.86
06	Inclinado	5.0 – 10.0	2.86 – 5.71
07	Fuertemente inclinado	10.0 – 15.0	5.71 – 8.53
08	Moderadamente escarpado	15.0 – 30.0	8.53 – 16.70
09	Escarpado	30.0 – 60.0	16.70 – 30.96
10	Muy escarpado	> 60.0	> 30.96

Nota. Adaptada de FAO (2009, p. 12).

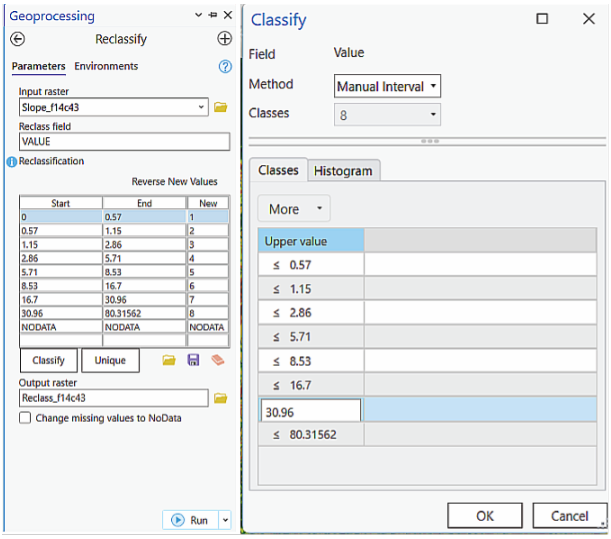
Para ejecutar la reclasificación con el comando **Reclassify** seleccione dicho comando desde **Geoprocessing | Toolboxes | Spatial Analyst Tools | Reclass | Reclassify**.

Paso 15. Configure el comando **Reclassify** con los siguientes parámetros (Figura 165):

- Input raster: seleccione la capa de pendientes Slope_f14c43.
- Reclass field: seleccione el campo que contiene los valores de pendiente, que por defecto suele ser VALUE.
- Reclassification: En esta sección haga *clic* en el botón Classify, el cual abrirá una ventana emergente de clasificación donde ajustará los valores de las clases. Por defecto, en Method aparece Natural Breaks (Jenks). Seleccione el método de clasificación de su preferencia; en Classes, defina el número de clases (8). Después, se opta por el método manual, para permitir ingresar manualmente los límites de cada clase (Tabla 11).
- Output raster: seleccione el directorio o geodatabase para almacenar el archivo ráster reclasificado de pendiente y nómbrelo Reclass_f14c43.

Figura 165

Cuadro de diálogo del comando Reclassify en ArcGIS Pro

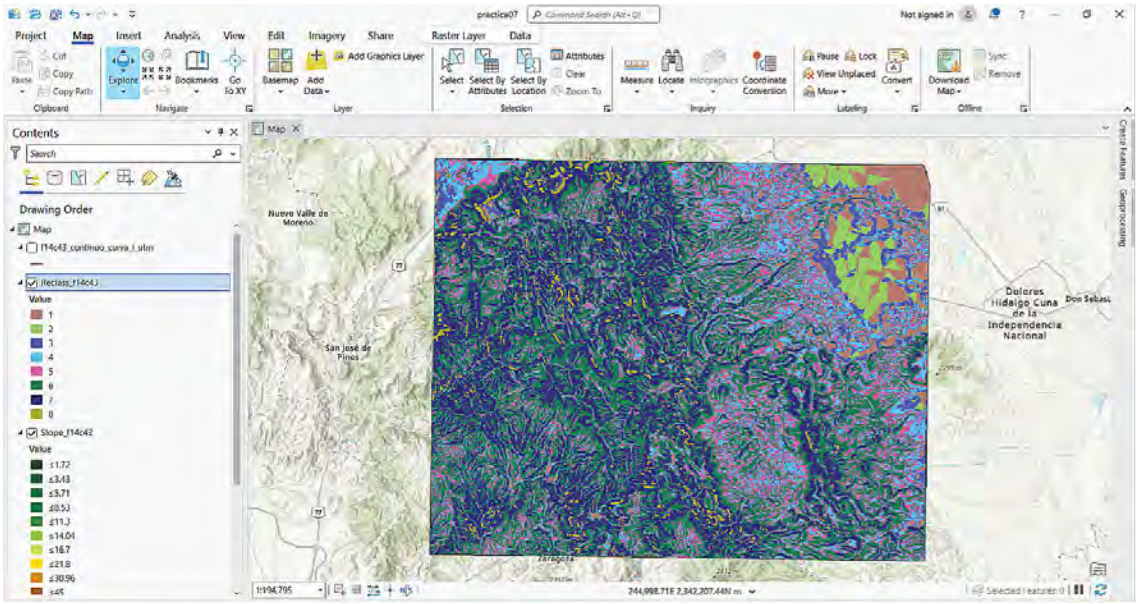


Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

Paso 16. De un *clic* en el botón **Run** para iniciar el proceso y espere a que se realice. El resultado debe ser parecido a lo que se muestra en la Figura 166.

Figura 166

Reclasificación generada con base encon base al Reclass_f14c43 en ArcGIS Pro



Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

El resultado es un nuevo ráster que contiene los valores reclasificados, según los rangos o límites establecidos para cada clase. Este nuevo ráster puede ser utilizado para crear mapas temáticos que muestren la distribución espacial de la variable reclasificada de pendiente en un área determinada.

Parte V. Generación de contornos

Los contornos o isolíneas son líneas que unen puntos de igual valor y son utilizados para representar fenómenos continuos (ESRI, 2026o.). Las isolíneas pueden tener términos específicos según el fenómeno que representan. Por ejemplo, cuando se las usan para representar la elevación, denominadas *curvas de nivel*, mientras que para la presión atmosférica se llaman *isobaras*. Las isolíneas para la precipitación son *isoyetas* y las *isotermas* son las líneas que conectan puntos con valores iguales de temperatura. Además, existen las *isócronas*, que son las líneas que indican la igualdad de tiempo en un mapa (Olaya, 2020).

Los contornos son herramientas valiosas para visualizar y comprender la topografía de una región. En un mapa topográfico, las curvas de nivel representan la altitud de la superficie terrestre, lo que permite identificar montañas, valles, mesetas y otras formas

de relieve. Además, los contornos se pueden utilizar para analizar la distribución de fenómenos como la precipitación, la temperatura y la presión atmosférica. En resumen, los contornos son una herramienta fundamental para la visualización y análisis de datos geográficos en un mapa.

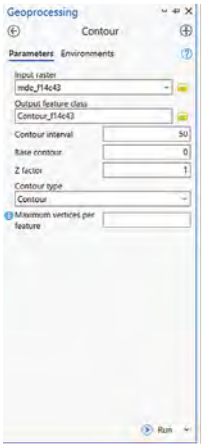
El proceso para generar isolíneas es similar. En esta práctica se va a crear curvas de nivel con base encon base a un MDE como información de entrada. Las isolíneas se generan Con el comando *Contour*, ubicada en **Geoprocessing | Toolboxes | Spatial Analyst Tools | Surface | Contour**.

Paso 17. En el cuadro de diálogo de **Contour** configure los siguientes parámetros (Figura 167):

- Input raster: Seleccione el ráster mde_f14c43 el cual contiene los valores a partir de los cuales se generarán las curvas de nivel.
- Output features class: Seleccione el directorio o geodatabase donde se almacenará la capa de líneas resultante. Asegúrese de colocar el nombre del ráster a generar Contour_f14c43.
- Contour interval: Define el intervalo entre isolíneas. Es fundamental no crear contornos (curvas de nivel) con una resolución inferior a la del Modelo Digital de Elevación (MDE). En este caso, el ráster mde_f14c43 tiene una resolución de 50 metros, por lo que se utilizará esta cifra como mínimo para generar las curvas de nivel.
- Base contour: Es una alternativa opcional donde se puede asignar un valor de nivel base. Deje el valor que se proporciona por default.
- Z factor: Es una alternativa opcional y es donde se asigna un factor de conversión para generar las líneas de contorno en una unidad diferente a la del ráster original. Deje el valor que se proporciona por default.
- Contour type: Permite definir el tipo de contornos, así como el número máximo de vértices por línea. Deje el valor que se proporciona por default.
- Maximum vértices per feature: Deje el valor que se proporciona por default.

Figura 167

Cuadro de diálogo del comando Contour en ArcGIS Pro

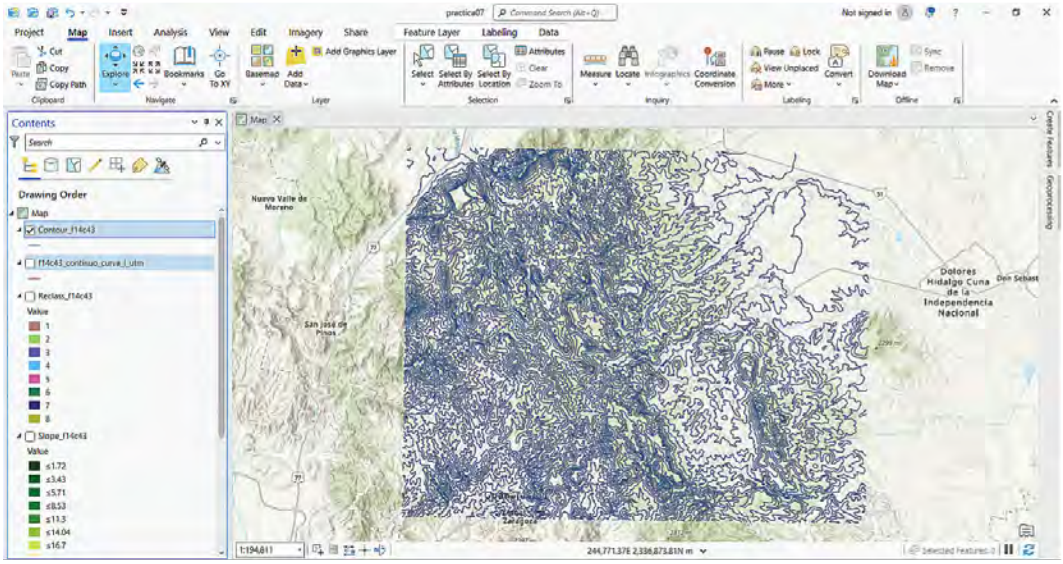


Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

Paso 18. De un *clic* en el botón **Run** para iniciar el proceso. El resultado debe ser parecido a lo que se muestra en la Figura 168.

Figura 168

Contornos generados con base encon base al mde_f14c43 en ArcGIS Pro



Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

Parte VI. Generación de sombras (Hillshade)

Cuando se genera la función **Hillshade** (sombras) realiza el sombreado para resaltar la topografía de una superficie determinada. Esta técnica simula la posición y la intensidad de la luz solar sobre el terreno, lo que permite crear una imagen en la que se distinguen las áreas iluminadas y oscuras, lo que mejora la visualización de las características topográficas en una imagen ráster. Es muy útil para identificar detalles topográficos como crestas, valles y pendientes. Además, puede ayudar en la interpretación de la forma del terreno, que es especialmente útil en la planificación urbana, la gestión ambiental, los estudios geológicos, entre otros (ESRI, 2026p.).

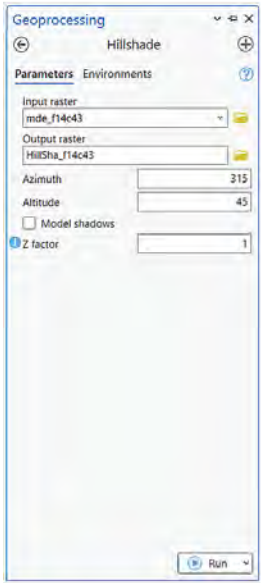
La función **Hillshade** se genera a partir de un MDE, la cual se encuentra en **Geoprocessing | Toolboxes | Spatial Analyst Tools | Surface | Hillshade**.

Paso 19. En el cuadro de diálogo de **Hillshade** configure los siguientes parámetros (Figura 169):

- Input raster: Seleccione el ráster mde_f14c43 el cual contiene los valores a partir de los cuales se generarán el sombreado.
- Output raster: Seleccione el directorio o geodatabase donde se almacenará la capa de líneas resultante. Asegúrese de colocar el nombre del ráster a generar HillSha_f14c43.
- Azimut: Define los grados en la que se coloca la posición del Sol. Deje el valor que se proporciona por default.
- Altitude: Define los grados de altitud de la vista a la posición del Sol. Deje el valor que se proporciona por default.
- Model shadows: Define el modelo del sombreado. Deje sin selección la casilla.
- Z factor: Es una alternativa opcional y es donde se asigna un factor de conversión para generar las líneas de contorno en una unidad diferente a la del ráster original. Deje el valor que se proporciona por default.

Figura 169

Cuadro de diálogo del comando Hillshade en ArcGIS Pro

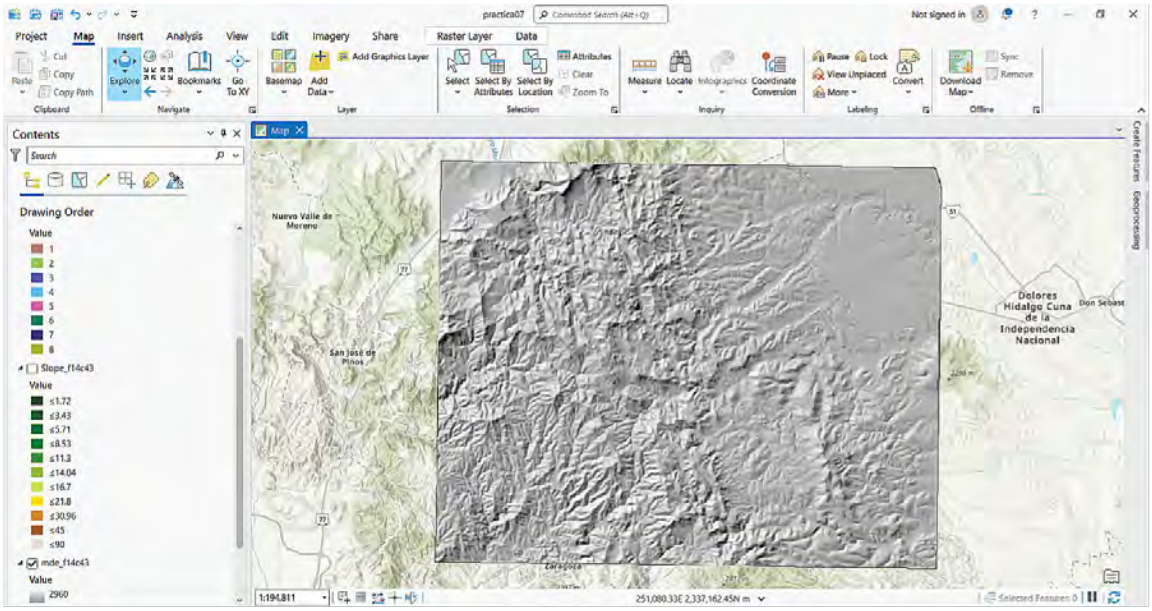


Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

Paso 20. De un *clic* en el botón **Run** para iniciar el proceso y espere a que se realice. El resultado debe ser parecido a lo que se muestra en la Figura 170.

Figura 170

Sombreado generado con base encon base al mde_f14c43 en ArcGIS Pro



Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

Parte VII. Determinación de una cuenca visual

Las cuencas visuales son áreas de terreno que pueden ser vistas desde una determinada posición, como una montaña, un edificio o punto de observación. Se utilizan comúnmente en análisis de paisajes y planificación urbana para determinar qué áreas son visibles o no visibles desde un punto de vista determinado (ESRI, 2026k). Este procedimiento se aplica en diversas áreas, incluyendo la evaluación de recursos naturales, la identificación de áreas con alta calidad visual para el ecoturismo o la determinación de áreas críticas de hábitat visual para especies en peligro de extinción. Asimismo, se usa para el análisis de visibilidad de un punto de interés o de un objeto en un área geográfica determinada, lo que permite tomar decisiones sobre la ubicación de proyectos específicos, como antenas de telecomunicaciones, puestos de control militar y miradores urbanos. Además, se aplican para el avistamiento de aves y otras actividades que requieren un análisis detallado de la visibilidad en un espacio geográfico (ESRI, 2026aa).

Existen varios comandos disponibles para el análisis de cuencas visuales, sin embargo, en esta práctica se utiliza el comando **Geodesic Viewshed**, ubicado en **Geoprocessing | Toolboxes | Spatial Analyst Tools | Surface | Geodesic Viewshed**.

Paso 21. Añada el Shapefile *pto_obs.shp* ubicado en *C:\Curso_ArcGisPro\Prac07* dando un *clic* en el ícono **Add Data** () ubicado en la pestaña **Map | Add Data**.

Paso 22. En el cuadro de diálogo **Geodesic Viewshed** configure los siguientes parámetros (Figura 171):

- Input raster: Seleccione el MDE mde_f14c43 como ráster de entrada.
- Input point or polyline observer features: Seleccione el Layer pto_obs que sirve como base para crear la cuenca visual. Este punto también se puede dibujar directamente, haciendo *clic* en el ícono del lápiz.
- Output raster: Seleccione el directorio o geodatabase donde se almacenará la capa resultante de líneas. Nómbrela como Viewshe_f14c43.

- Para una configuración avanzada, es posible personalizar los parámetros Viewshed parameters el cual determina las condiciones para calcular las áreas visibles y Observer parameters el cual especifica las propiedades del punto de observación; por ejemplo, la altura. Deje el valor que se proporciona por default.

Figura 171

Cuadro de diálogo del comando Geodesic Viewshed en ArcGIS Pro

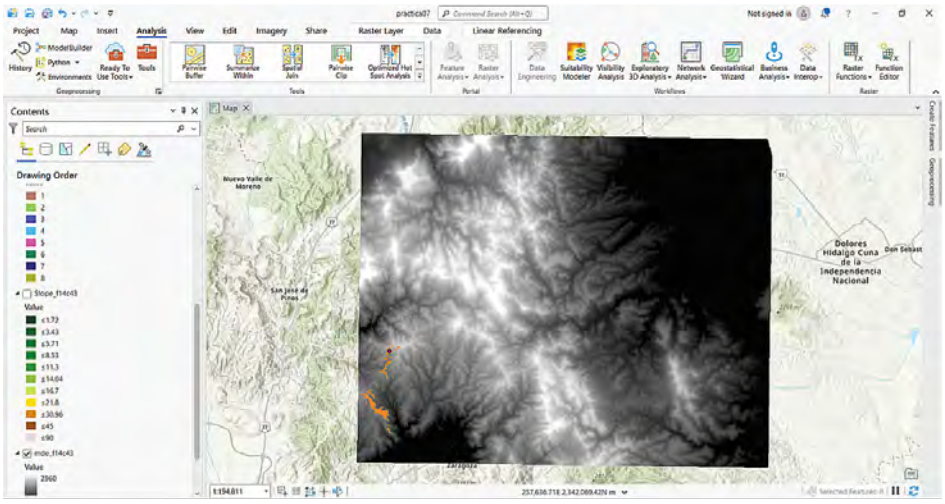


Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

Paso 23. De un *clic* en el botón **Run** para iniciar el proceso. El resultado debe ser parecido a lo que se muestra en la Figura 172.

Figura 172

Cuencas visibles con base encon base a un punto de observación en ArcGIS Pro



Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

El resultado de la cuenca visual muestra que el punto marrón representa la ubicación del observador, mientras que el área resaltada en naranja indica las zonas visibles desde ese punto.

Parte VIII. Álgebra de mapas

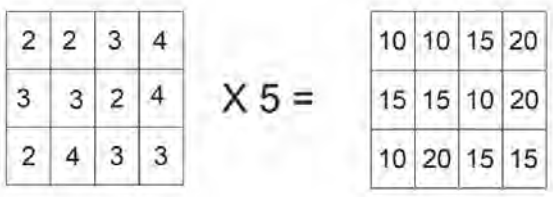
La calculadora de capas, o calculadora ráster, es una herramienta que permite realizar operaciones y expresiones algebraicas utilizando diversos comandos, así como operadores a través de una interfaz similar a la de una calculadora básica. La función **Raster Calculator** es muy versátil y potente, lo que la hace ideal para realizar análisis geográficos complejos en la elaboración de mapas. Sin embargo, el rendimiento de las ecuaciones dependerá de los operadores o herramientas que se utilicen en una expresión. En general, es más rápido procesar los datos si se ejecutan los operadores o herramientas de manera individual (ESRI, 2026d).

La función **Raster Calculator** se encuentra ubicada en **Geoprocessing | Toolboxes | Spatial Analyst Tools | Map Algebra | Raster Calculator** o en **Geoprocessing | Toolboxes | Image Analyst Tools | Map Algebra | Raster Calculator**.

Con esta función se puede crear una capa ráster a partir de un algoritmo de asignación de valores numéricos a los píxeles que la componen, o se puede derivar de una o varias capas ráster preexistentes. Por ejemplo, es multiplicar todos los píxeles de una capa ráster por un factor determinado (Figura 173). A la izquierda se encuentra el ráster inicial. Mediante una operación simple, se multiplica cada píxel de la capa por un factor de 5, lo que genera una nueva capa ráster a la derecha. Este proceso permite crear diferentes capas ráster que contienen información relevante para el análisis geográfico.

Figura 173

Funcionamiento básico del algebra de mapas



En esta parte de la práctica, tiene como objetivo familiarizarse con el uso de expresiones algebraicas mediante la función **Raster Calculator** (calculadora ráster) por lo cual se realizará la transformación de la capa de temperatura en grados Celsius en grados Fahrenheit de la capa *Kriging_Gto*. Para lograr esta conversión se debe utilizar la siguiente ecuación dentro de la calculadora ráster

$$F = \left(c * \frac{9}{5}\right) + 32 \qquad \text{Ec. 1}$$

dónde:

F = Temperatura en grados Fahrenheit.

C = Temperatura en grados Celsius.

Paso 24. Agregue el ráster *Kriging_Gto* ubicado en *C:\Curso_ArcGisPro\Prac07\practica07\practica07.gdb* dando un *clic* en el ícono **Add Data** (

) ubicado en la pestaña **Map | Add Data**.

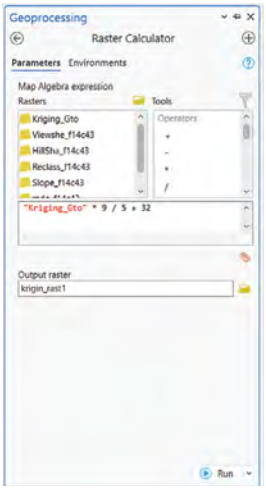
Paso 25. En el cuadro de diálogo **Raster Calculator** configure los siguientes parámetros (Figura 174):

- Rasters: Se muestra la lista de capas ráster disponibles para usar en la expresión algebraica de mapas. Agregue la capa Kriging_Gto.
- Tools: Permite agregar operaciones matemáticas y lógicas en la expresión. Se pueden introducir números u operadores dentro de la expresión. También se muestra una lista de herramientas, como seno, coseno y tangente, para usar en cualquier parte de la expresión.
- Expresión: Permite crear un conjunto de reglas para ejecutar una expresión válida. No es necesario colocar el signo igual (=) al inicio de la expresión. Para convertir grados Celsius a Fahrenheit se debe reemplazar C de la fórmula por el nombre de la imagen ráster: (Kriging_Gto * 9 / 5 + 32) y agrupar las expresiones algebraicas con paréntesis.

- Output raster: Permite seleccionar un directorio o geodatabase para almacenar el archivo ráster generado por la expresión resultante. Deje el nombre que da por default.

Figura 174

Cuadro de diálogo del comando Raster Calculator en ArcGIS Pro

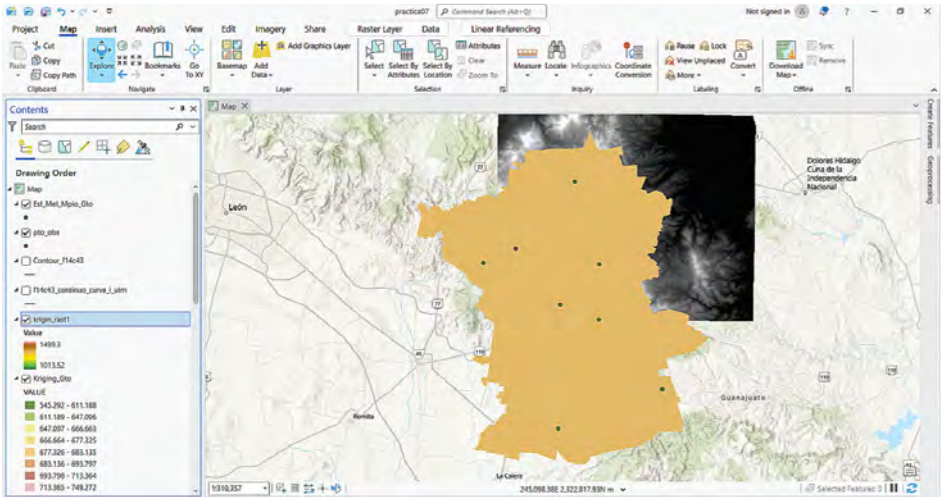


Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

Paso 26. De un *clic* en el botón **Run** para iniciar el proceso y espere a que se realice. El resultado debe ser parecido a lo que se muestra en la Figura 175.

Figura 175

Ráster de temperatura en °F obtenido a través de una expresión de algebra de mapas en ArcGIS Pro



Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

El resultado obtenido es el proceso realizado con la función *Raster Calculator* el cual convirtió la temperatura de grados Celsius a grados Fahrenheit con lo cual se crea un nuevo ráster que contiene los valores convertidos.

Parte IX. Localización de una cuenca hidrográfica

La delimitación de una cuenca hidrográfica ya sea mediante el análisis de curvas de nivel o a partir de un mapa topográfico es un proceso bastante laborioso, lento por lo cual requiere de conocimientos avanzados en hidrología y topografía. En este procedimiento se debe identificar las líneas de cresta de una cuenca y trazar a partir de ellas el perímetro de estaperímetro de esta (Instituto Mexicano de Tecnología del Agua [IMTA], 2024).

En general, la delimitación de una cuenca manualmente lleva solo a resultados aproximados, dependiendo de las habilidades y la experiencia del analista. En *ArcGIS Pro* se dispone de diversas funciones que permiten delimitar cuencas hidrográficas de forma automática y eficiente. Estas funciones emplean datos ráster de elevación, como un MDE, lo cual permite calcular otros parámetros hidrológicos, como la dirección y acumulación del flujo de agua. A partir de esta información, se puede crear una red de drenaje y delimitar cuencas hidrográficas de forma casi infaliblerma casi infalible (ESRI, 2024).

Por lo tanto, las funciones de hidrología de *ArcGIS Pro* ofrecen la ventaja de delimitar cuencas hidrográficas con rapidez y precisión, a diferencia del método manual. Asimismo, estas funciones permiten analizar y visualizar la red de drenaje y las características hidrológicas de la cuenca, lo que resulta de gran utilidad en la gestión de recursos hídricos y la planificación territorial.

En esta parte de la práctica se realizará el procedimiento para delimitar una cuenca hidrográfica usando las funciones de hidrología se encuentran en **Geoprocessing | Toolboxes | Spatial Analyst Tools | Hydrology**.

Primeramente, se usará el comando **Fill** para corregir los errores o celdas que estén sin datos en el MDE. Con esta función se eliminan los vacíos o depresiones en el terreno que pueden afectar el flujo de agua al crear una superficie continua y más precisa. La función identifica las áreas de depresión y rellena los agujeros automáticamente.

Paso 27. Elimine los Layer que se ha generado en esta práctica con el comando **Remove**, dando *clic* derecho sobre cada Layer y en el menú contextual dar *clic* en el comando **Remove**.

Paso 28. Añada el vectorial denominado *mde_f14c43.shp*, ubicado en *C:\Curso_ArcGisPro\Prac07\interpolacion* dando un *clic* en el ícono **Add Data** (

) ubicado en la **pestaña Map | Add Data**.

Paso 29. Seleccione el comando **Fill** ubicado en **Geoprocessing | Toolboxes | Spatial Analyst Tools | Hydrology | Fill**.

Paso 30. En el cuadro de diálogo **Fill** configure los siguientes parámetros (Figura 176):

- Input surface raster: Se muestra la lista de capas ráster disponibles para usar en la expresión algebraica de mapas. Agregue la capa mde_Gto.
- Output surface raster: Permite seleccionar un directorio o geodatabase para almacenar el archivo ráster generado por la expresión resultante. Deje el directorio que da por default y al ráster resultante nómbrelo Fill_mde_gto.

- Z limit: Permite colocar un valor de altura límite de cálculo. Deje el espacio como se presenta por Default.

Figura 176

Cuadro de diálogo del comando Fill en ArcGIS Pro

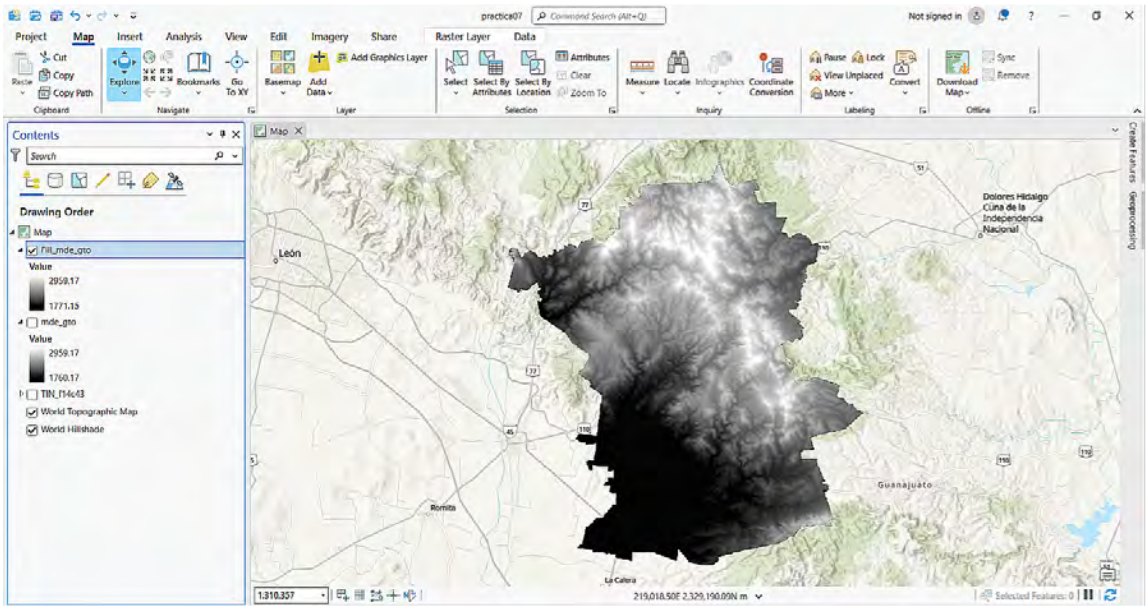


Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

Paso 31. De un *clic* en el botón **Run** para iniciar el proceso ce. El resultado debe ser parecido a lo que se muestra en la Figura 177.

Figura 177

Ráster resultante del comando Fill en ArcGIS Pro



Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

A continuación, se debe de establecer la dirección del flujo hidrológico según la pendiente mediante el comando **Flow Direction**. Con este comando se define la dirección del flujo de agua en cada celda del terreno a partir del MDE corregido previamente con el comando **Fill**. El tipo de dirección más comúnmente utilizado es *D8*, que indica que el flujo puede ocurrir en ocho direcciones diferentes a partir de cada celda. El comando **Flow Direction** se ubica en **Geoprocessing | Toolboxes | Spatial Analyst Tools | Hydrology | Flow Direction**.

Paso 32. Seleccione el comando **Flow Direction** ubicado en **Geoprocessing | Toolboxes | Spatial Analyst Tools | Hydrology | Flow Direction**.

Paso 33. En el cuadro de diálogo **Flow Direction** configure los siguientes parámetros (Figura 178):

- Input surface raster: Se muestra la lista de capas ráster disponibles para usar en la expresión algebraica de mapas. Agregue la capa Fill_mde_gto.
- Output Flow direction raster: Permite seleccionar un directorio o geodatabase para almacenar el archivo ráster generado por la expresión resultante. Deje el directorio que da por default y al ráster resultante nómbrelo Flow-Dir_mde_gto.
- Force all Edge cells tu Flow outward: Asegúrese de que no esté seleccionada. Deje el espacio como se presenta por Default.
- Output drop raster: Deje el espacio como se presenta por Default.
- Flow direction type: Asegúrese de seleccionar D8.

Figura 178

Cuadro de diálogo del comando Flow Direction en ArcGIS Pro

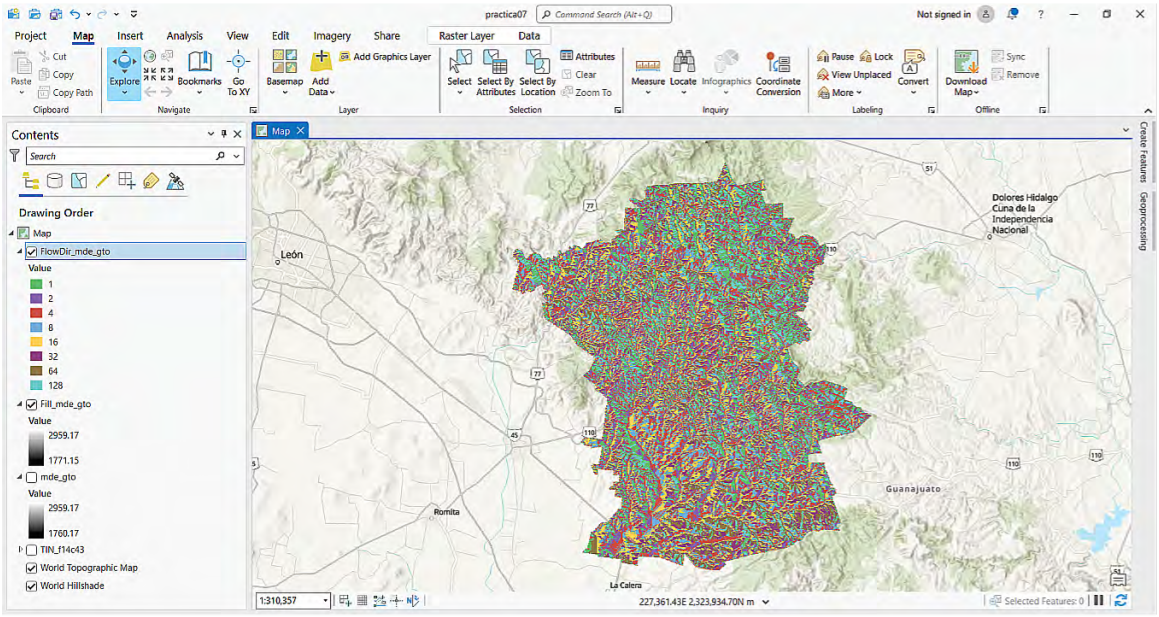


Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

Paso 34. De un *clic* en el botón **Run** para iniciar el proceso y espere a que se realice. El resultado debe ser parecido a lo que se muestra en la Figura 179.

Figura 179

Ráster resultante del comando Flow Direction en ArcGIS Pro



Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

Ahora bien, para determinar la acumulación del flujo en las celdas; es decir, la corriente que fluye hacia cada celda descendiendo por la pendiente, se utiliza el comando **Flow Accumulation** el cual usa el ráster de dirección de flujo (**Flow Direction**) como entrada para calcular la cantidad de flujo que llega a cada celda, para determinar las áreas de mayor acumulación de agua en la cuenca.

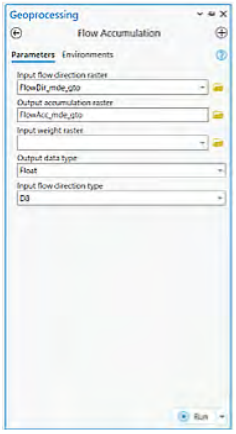
Paso 35. Seleccione el comando **Flow Accumulation** ubicado en **Geoprocessing | Toolboxes | Spatial Analyst Tools | Hydrology | Flow Accumulation**.

Paso 36. En el cuadro de diálogo **Flow Accumulation** configure los siguientes parámetros (Figura 180):

- Input flow direction raster: Se muestra la lista de capas ráster disponibles para usar en la expresión algebraica de mapas. Agregue la capa FlowDir_mde_gto.
- Output accumulation raster: Permite seleccionar un directorio o geodatabase para almacenar el archivo ráster generado por la expresión resultante. Deje el directorio que da por default y al ráster resultante nómbrelo FlowAcc_mde_gto.
- Input weight raster: Permite seleccionar un ráster adicional al proceso. Deje el espacio como se presenta por Default.
- Output data type: Permite seleccionar el tipo de datos de salida. Seleccione Float.
- Input Flow direction type: Asegúrese de seleccionar D8.

Figura 180

Cuadro de diálogo del comando Flow Accumulation en ArcGIS Pro

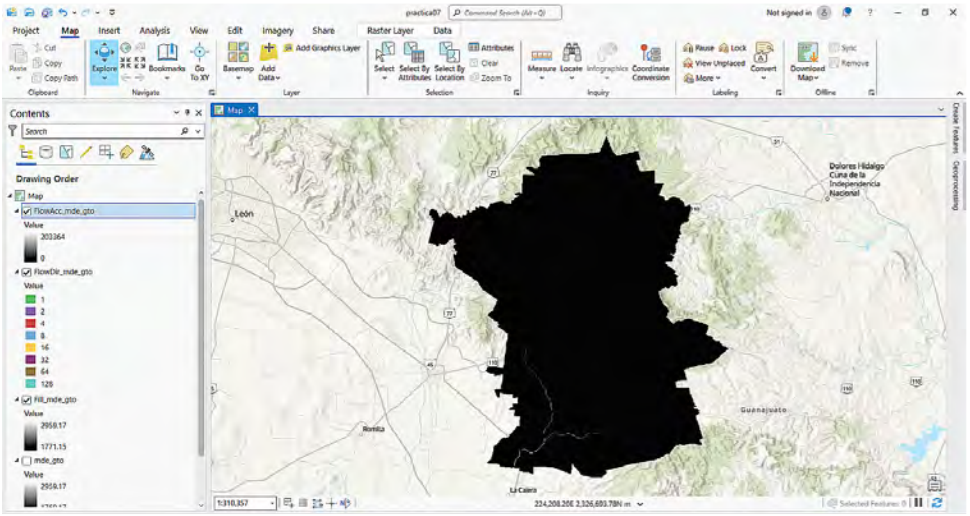


Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

Paso 37. De un *clic* en el botón **Run** para iniciar el proceso. El resultado debe ser parecido a lo que se muestra en la Figura 181.

Figura 181

Ráster resultante del comando Flow Accumulation en ArcGIS Pro



Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

Cuando ya se obtuvo el flujo de acumulación, se complica la visualización debido al color oscuro resultante; en este caso se procede a la construcción automática de la red hídrica mediante el uso de un condicional el cual se aplica con el comando **Con**. Con este comando se logra la clasificación de celdas con acumulación de flujo superior

a un umbral específico que regularmente es definido por el usuario. Sin embargo, la densidad de la red depende de las especificaciones del ráster.

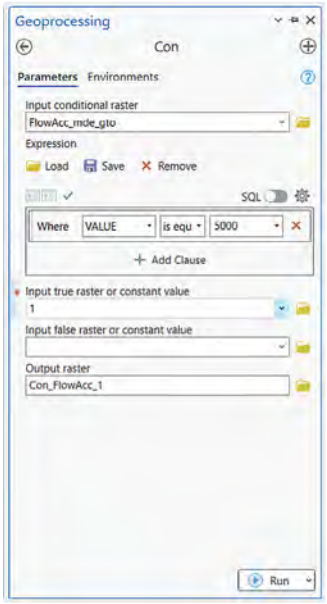
Paso 38. Seleccione el comando **Con** ubicado en **Geoprocessing | Toolboxes | Spatial Analyst Tools | Conditional | Con**.

Paso 39. En el cuadro de diálogo **Flow Accumulation** configure los siguientes parámetros (Figura 182):

- Input conditional raster: Se muestra la lista de capas ráster disponibles para usar en la expresión algebraica de mapas. Agregue la capa FlowAcc_mde_gto.
- Expression: se debe ingresar la expresión requerida como, por ejemplo: Value > 5000 (Where VALUE is greater than 5000), en donde el valor ("VALUE") utilizado en esta expresión depende de la resolución del ráster (= tamaño del pixel).
- Input true raster or constant value: Permite ingresar un ráster base o una constante. Digite el valor de 1 como constante.
- Input false raster o constant value: Permite seleccionar un ráster falso o una constante. Deje el espacio como se presenta por default.
- Output raster: Permite seleccionar un directorio o geodatabase para almacenar el archivo ráster generado por la expresión resultante. Deje el directorio que da por default y al ráster resultante nómbrelo Con_FlowAcc_2.

Figura 182

Cuadro de diálogo del comando Con en ArcGIS Pro

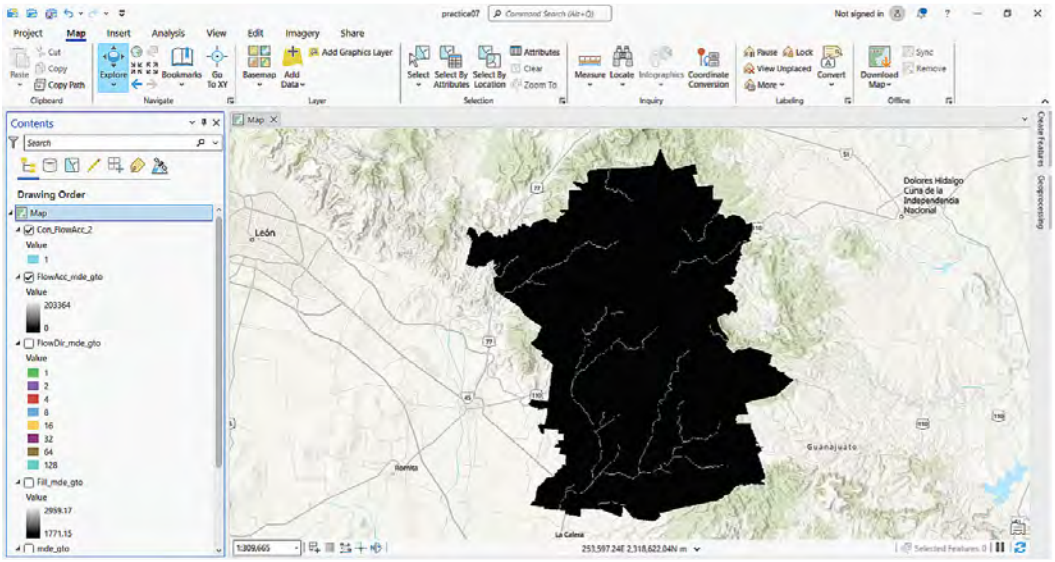


Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

Paso 40. De un *clic* en el botón **Run** para iniciar el proceso y espere a que se realice. El resultado debe ser parecido a lo que se muestra en la Figura 183.

Figura 183

Ráster resultante del comando Con en ArcGIS Pro



Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

NOTA: Se recomienda experimentar con diferentes valores de la expresión para lograr el resultado deseado.

Posterior al haber obtenido la red hídrica en los pasos anteriores, se usa el comando **Stream Link** para crear una red de flujo de agua continua a partir de la red hídrica fragmentada generada. Este comando permite generar vínculos entre los segmentos de la red hídrica para representar el flujo continuo real del agua.

Paso 41. Seleccione el comando **Stream Link** ubicado en **Geoprocessing | Toolboxes | Spatial Analyst Tools | Hydrology | Stream Link**.

Paso 42. En el cuadro de diálogo **Stream Link** configure los siguientes parámetros (Figura 184):

- Input stream raster: Se muestra la lista de capas ráster disponibles para usar en la expresión algebraica de mapas. Agregue la capa Con_FlowAcc_2.
- Input flow direction raster: Permite ingresar el ráster de dirección de flujo. Seleccione FlowDir_mde_gto.
- Output raster: Permite seleccionar un directorio o geodatabase para almacenar el archivo ráster generado por la expresión resultante. Deje el directorio que da por default y al ráster resultante nómbrelo StreamL_mde_gto.

Figura 184

Cuadro de diálogo del comando Stream Link en ArcGIS Pro

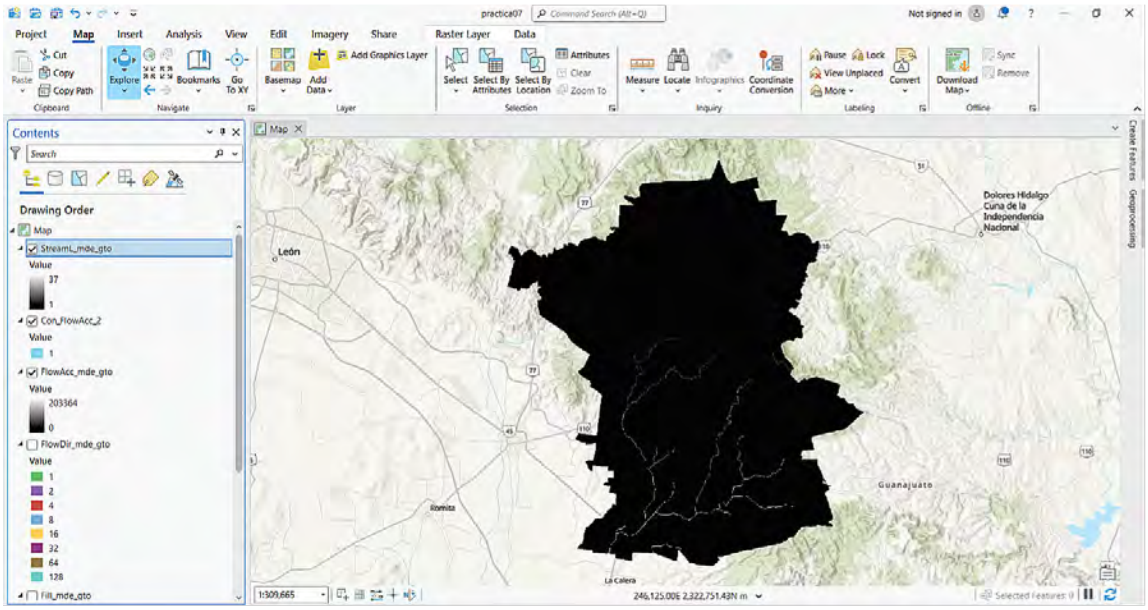


Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

Paso 43. De un *clic* en el botón **Run** para iniciar el proceso. El resultado debe ser parecido a lo que se muestra en la Figura 185.

Figura 185

Ráster resultante del comando Stream Link en ArcGIS Pro



Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

Continuando con el procedimiento se usará en seguida el comando **Stream Order** el cual permite asignar el orden o jerarquía a cada segmento de una red hídrica en función de su posición en la red. Este comando utiliza como dato de entrada el ráster obtenido con **Stream Link** y el ráster de dirección obtenido con **Flow Direction**. Con base enCon base a los ráster se puede calcular el orden de los segmentos mediante los métodos de *Strahler* o *Shreve*.

El método *Strahler* asigna un orden de 1 a los segmentos que no tienen afluentes, y se les suma un orden adicional a medida que se juntan dos o más segmentos de igual orden. El método *Shreve*, los segmentos reciben un orden basado en la cantidad de afluentes que tienen. De este modo los segmentos de primer orden son aquellos que no tienen afluentes y los segmentos de orden superior son aquellos que reciben dos o más segmentos de orden inferior (ESRI, 2024).

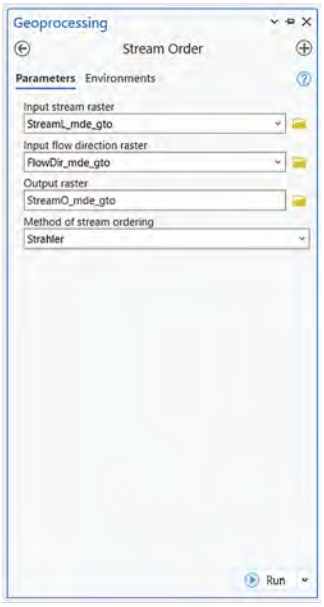
Paso 44. Seleccione el comando **Stream Order** ubicado en **Geoprocessing | Toolboxes | Spatial Analyst Tools | Hydrology | Stream Order**.

Paso 45. En el cuadro de diálogo **Stream Order** configure los siguientes parámetros (Figura 186):

- Input stream raster: Se muestra la lista de capas ráster disponibles para usar en la expresión algebraica de mapas. Agregue la capa StreamL_mde_gto.
- Input flow direction raster: Permite ingresar el ráster de dirección de flujo. Seleccione FlowDir_mde_gto.
- Output raster: Permite seleccionar un directorio o geodatabase para almacenar el archivo ráster generado por la expresión resultante. Deje el directorio que da por default y al ráster resultante nómbrelo StreamO_mde_gto.
- Method of stream ordening: Seleccione el método Strahler.

Figura 186

Cuadro de diálogo del comando Stream Order en ArcGIS Pro

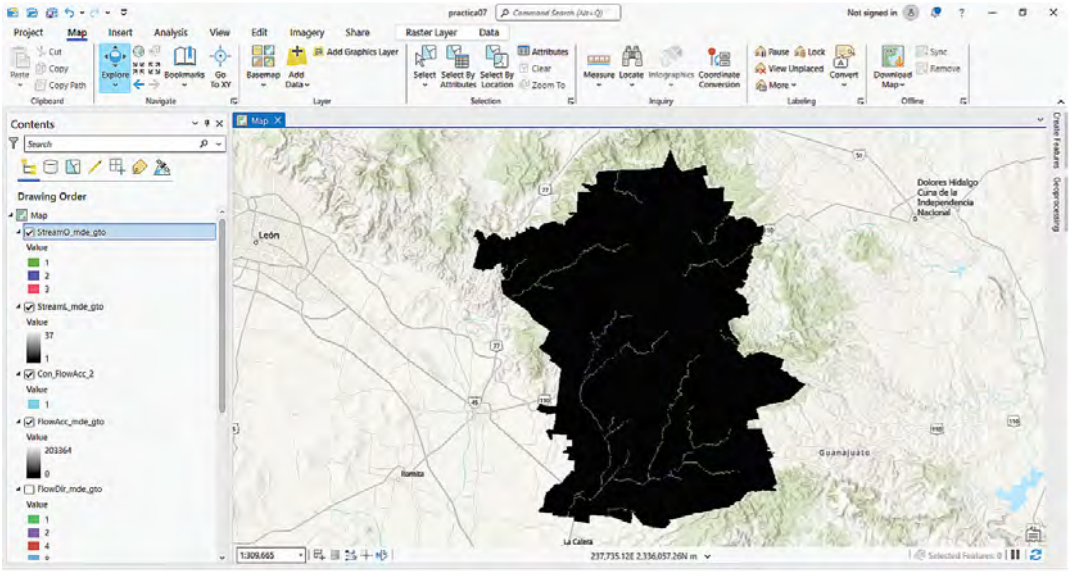


Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

Paso 46. De un *clic* en el botón **Run** para iniciar el proceso y espere a que se realice. El resultado debe ser parecido a lo que se muestra en la Figura 187.

Figura 187

Ráster resultante del comando Stream Order en ArcGIS Pro



Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

Hasta esta parte de la práctica, se ha realizado una red hídrica la cual se encuentra en formato ráster. Es necesario convertir a formato vectorial utilizando el comando **Stream to Feature** con base encon base a los ráster Stream Order (*StreamO_mde_gto*) y Flow Direction (*FlowDir_mde_gto*) como datos de entrada.

Paso 47. Seleccione el comando **Stream to Feature** ubicado en **Geoprocessing | Toolboxes | Spatial Analyst Tools | Hydrology | Stream to Feature**.

Paso 48. En el cuadro de diálogo **Stream to Feature** configure los siguientes parámetros (Figura 188):

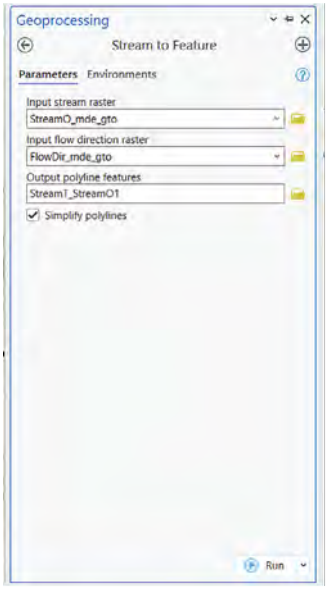
- Input stream raster: Se muestra la lista de capas ráster disponibles para usar en la expresión algebraica de mapas. Agregue la capa StreamO_mde_gto.
- Input flow direction raster: Permite ingresar el ráster de dirección de flujo. Seleccione FlowDir_mde_gto.
- Output raster: Permite seleccionar un directorio o geodatabase para almacenar

el archivo ráster generado por la expresión resultante. Deje el directorio que da por default y al ráster resultante nómbrelo StreamT_StreamO1.

- Simplify polylines: Asegúrese que el recuadro se encuentre seleccionado.

Figura 188

Cuadro de diálogo del comando Stream to Feature en ArcGIS Pro

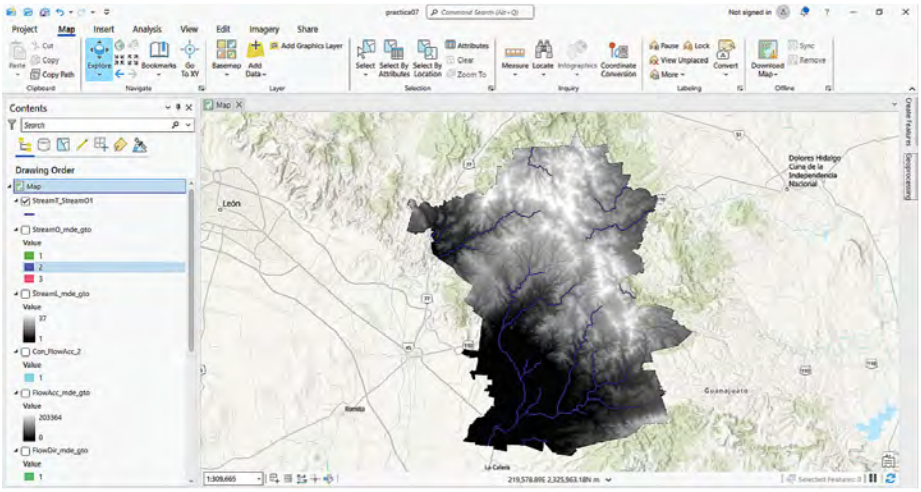


Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

Paso 49. De un *clic* en el botón **Run** para iniciar el proceso. El resultado debe ser parecido a lo que se muestra en la Figura 189.

Figura 189

Ráster resultante del comando Stream to Feature en ArcGIS Pro



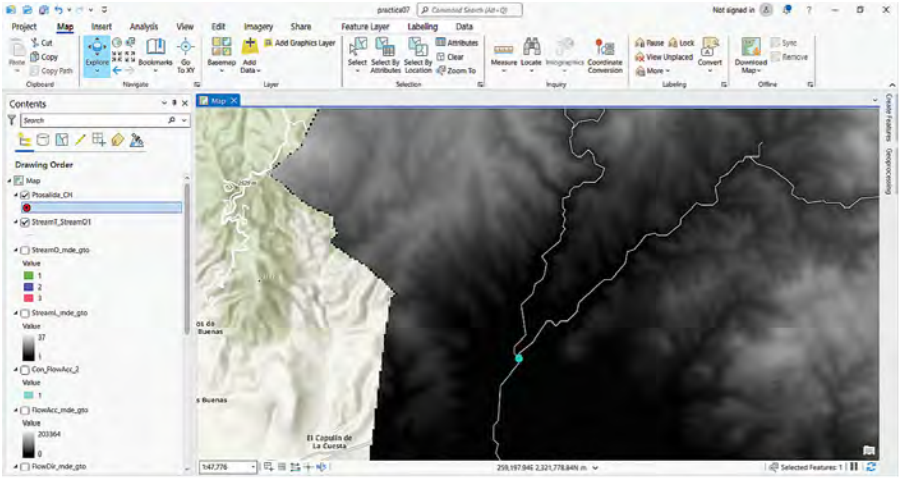
Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

Se requiere asignar un punto de descarga o punto de salida en una red de drenaje de una cuenca hidrográfica, para esto se usa el comando **Snap Pour Point**.

Paso 50. Debe de crear una capa de puntos y dibujar un punto exactamente sobre el sitio de salida de la cuenca hidrográfica, caso contrario se debe establecer la distancia necesaria para llegar al afluente (consulte la práctica 2 parte II sobre la digitalización de puntos). Coloque el punto en la parte que se muestra en la Figura 190.

Figura 190

Punto de salida de la cuenca visualizado en ArcGIS Pro



Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

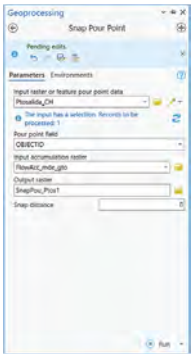
Paso 51. Una vez creado el punto, se procede al comando **Snap Pour Point** ubicado en **Geoprocessing | Toolboxes | Spatial Analyst Tools | Hydrology | Snap Pour Point**.

Paso 52. En el cuadro de diálogo de **Snap Pour Point** configure los siguientes parámetros (Figura 191):

- Input raster or feature pour point data: Seleccione la capa de puntos creada Ptosalida_CH.
- Input accumulation raster: Seleccione el ráster de acumulación correspondiente FlowAcc_mde_gto.
- Output raster: Permite seleccionar un directorio o geodatabase para almacenar el archivo ráster generado por la expresión resultante. Deje el directorio que da por default y al ráster resultante nómbrelo SnapPou_Ptos1.
- Snap distance: Define la distancia requerida para que el punto alcance la afluente; en esta práctica se usa 0 ya que el punto ya se sitúa directamente sobre el afluente.

Figura 191

Cuadro de diálogo del comando Snap Pour Point en ArcGIS Pro

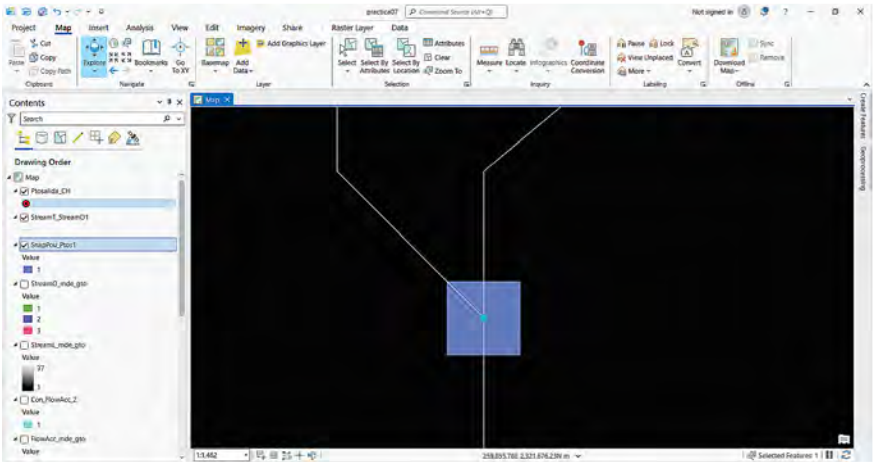


Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

Paso 53. De un *clic* en el botón **Run** para iniciar el proceso y espere a que se realice. El resultado debe ser parecido a lo que se muestra en la Figura 192.

Figura 192

Resultado del comando Snap Pour Point en ArcGIS Pro



Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

Continuando con el procedimiento, hay que tomar en cuenta que la delimitación de una cuenca hidrográfica se realiza utilizando el comando **Watershed** el cual permite identificar y delimitar la cuenca hidrográfica de una ubicación específica en una superficie, utilizando como entrada un ráster de dirección del flujo y un ráster de puntos de descarga o de salida, los cuales son obtenidos mediante en el proceso del comando **Snap Pour Point**.

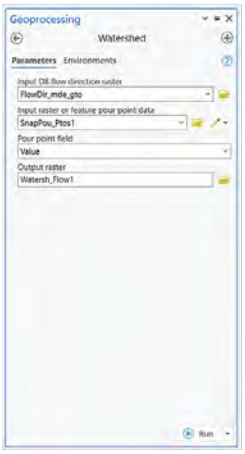
Paso 54. Active el comando **Watershed** ubicado en **Geoprocessing | Toolboxes | Spatial Analyst Tools | Hydrology | Watershed**.

Paso 55. En el cuadro de diálogo de **Watershed** configure los siguientes parámetros (Figura 193):

- Input D8 flow direction raster: Seleccione el ráster de dirección del flujo FlowDir_mde_gto.
- Input raster or feature pour point data: Seleccione el ráster generado con el comando Snap Pour Point SnapPou_Ptos1.
- Pour point field: Deje el valor que da por default.
- Output raster: Permite seleccionar un directorio o geodatabase para almacenar el archivo ráster generado por la expresión resultante. Deje el directorio que da por default y al ráster resultante nómbrelo Watersh_Flow1.

Figura 193

Cuadro de diálogo del comando Watershed Point en ArcGIS Pro



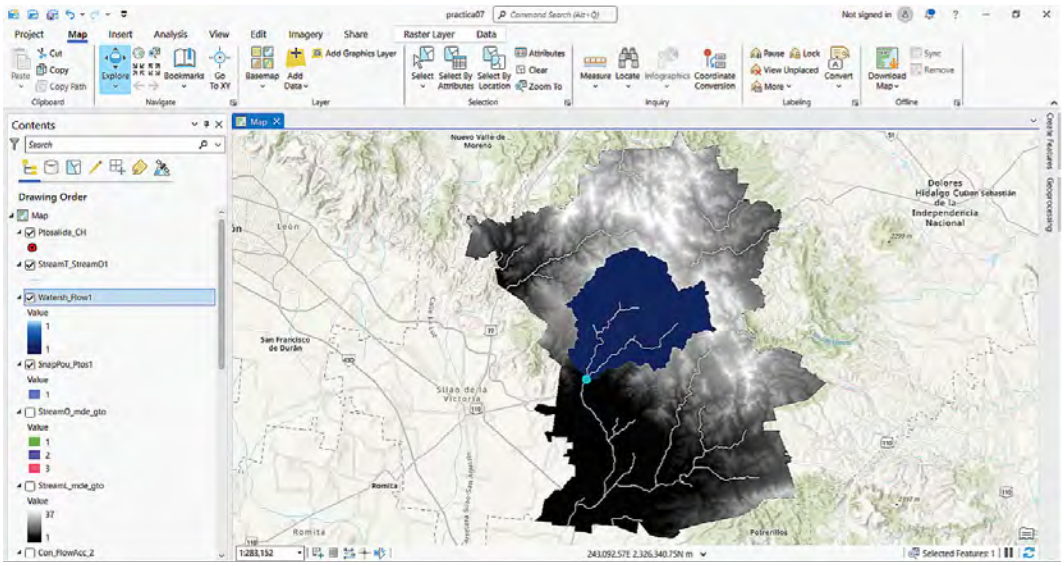
Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

NOTA: Es importante destacar que el comando **Watershed** se puede obtener más información relevante respecto a la cuenca hidrográfica, como su tamaño, forma y límites, lo que es útil para realizar estudios hidrológicos y ambientales.

Paso 56. De un *clic* en el botón **Run** para iniciar el proceso. El resultado debe ser parecido a lo que se muestra en la Figura 194.

Figura 194

Resultado del comando Watershed Point en ArcGIS Pro



Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

En esta parte de la práctica se ha generado la cuenca hidrográfica en formato ráster por lo cual, se requiere convertirla en formato vectorial. Para realizar este proceso se usa el comando **Raster to Polygon** ubicado en **Geoprocessing | Toolboxes | Conversion Tools | From Raster | Raster to Polygon**.

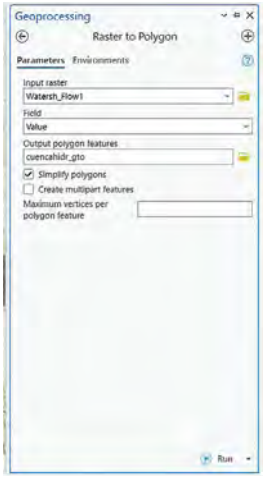
Paso 57. Active el comando **Raster to Polygon** ubicado en **Geoprocessing | Toolboxes | Conversion Tools | From Raster | Raster to Polygon**.

Paso 58. En el cuadro de diálogo de **Raster to Polygon** configure los siguientes parámetros (Figura 195):

- Input raster: Seleccione el ráster Watersh_Flow1.
- Field: Deje los datos que se presentan por default.
- Output raster: Permite seleccionar un directorio o geodatabase para almacenar el archivo ráster generado por la expresión resultante. Deje el directorio que da por default y al ráster resultante nómbrelo cuencahidr_gto.
- Casilla Simplify polygons: Asegúrese de que se encuentre marcada.
- Casilla Create multipart features: Asegúrese que se encuentra desmarcada.
- Maximun vértices per polugon feature: Deje los valores que se presentan por default.

Figura 195

Cuadro de diálogo del comando Raster to Polygon en ArcGIS Pro

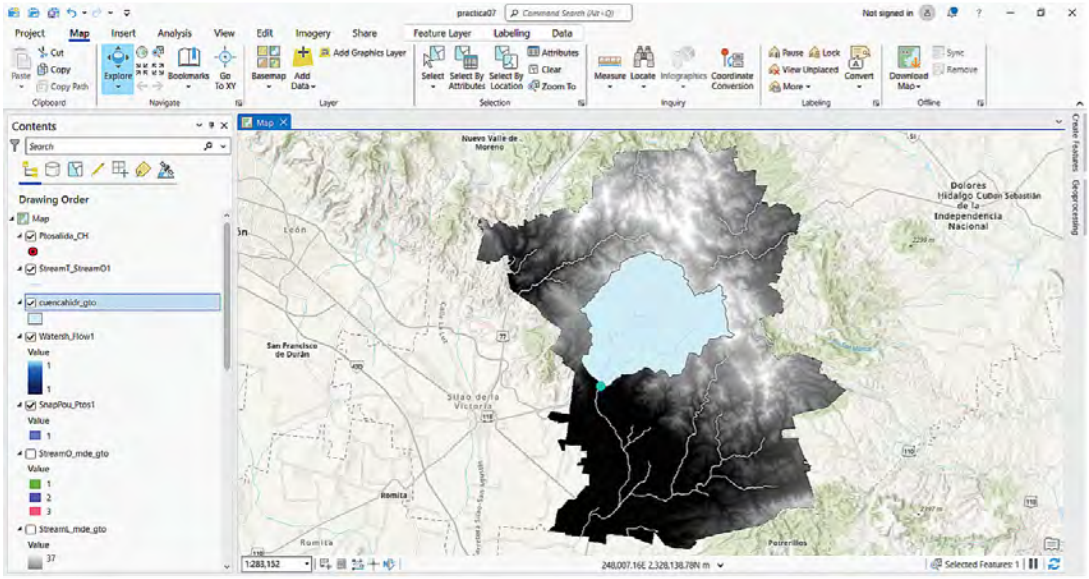


Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

Paso 59. De un *clic* en el botón **Run** para iniciar el proceso y espere a que se realice. El resultado debe ser parecido a lo que se muestra en la Figura 196.

Figura 196

Resultado del comando Raster to Polygon en ArcGIS Pro



Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

Ejercicio 16. Con los datos generados en la presente práctica realice lo siguiente:

1) Genere las curvas de nivel de la cuenca hidrográfica mediante el comando **Contour**, con base encon base a la capa *mde_gto* (Parte V de esta práctica).

2) Recorte tanto la red hídrica como las curvas de nivel utilizando el comando **Clip** (parte IV de la práctica 5).

3) Realice un efecto topográfico utilizando el comando de sombreado (parte VI de la presente práctica) y aplique un efecto de transparencia.

Práctica 8. Análisis de imágenes

ArcGIS Pro permite analizar diferentes tipos de imágenes satelitales, usando las funciones de procesamiento de imágenes como clasificación, detección de cambios, corrección atmosférica y extracción de información de objetos. Por lo cual, *ArcGIS Pro* proporciona un conjunto de funciones para visualizar, analizar y manipular datos de

imágenes satelitales. Los análisis más comunes incluyen la identificación de cambios en la cobertura terrestre, la detección de incendios forestales, la estimación de la calidad del agua y la evaluación de la salud de los cultivosud de los cultivos (ESRI, 2024).

En esta práctica se llevará a cabo una introducción al uso de imágenes satelitales, donde se explicará cómo obtener imágenes satelitales de los tipos Landsat 8/9 y Sentinel 2, agregar bandas, crear combinaciones de bandas y calcular el NDVI.

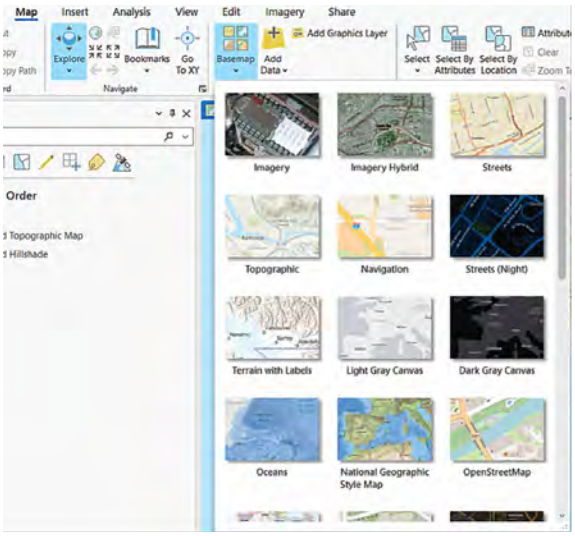
Parte I. Insertar un ráster a partir de Basemap

En *ArcGIS Pro* se proporciona en los **Basemap** proyecciones de referencia respecto al contexto geográfico general de los datos visualizados o analizados en un proyecto. Estas bases se pueden utilizar como capas base para agregar información adicional o como guía para la navegación y orientación en el área de estudio. Los usuarios pueden elegir entre una variedad de **Basemap** ofrecidos por ESRI o añadir sus propios **Basemap** personalizados para satisfacer las necesidades específicas del proyecto (ESRI, 2026f).

Un **Basemap** se ubica en la pestaña **Map | Layer | Basemap** donde se puede seleccionar el más adecuado al proyecto (Figura 197). Por ejemplo, el **Basemap** *Imagery* proporciona una imagen satelital de la región del estudio.

Figura 197

Ubicación de la función Basemap en ArcGIS Pro



Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

Ahora bien, las imágenes satelitales en *Imagery* no muestran el estado actual de la zona y la resolución depende la disponibilidad existente en dicha zona, por lo que se debe adquirir imágenes satélites de más alta resolución, así como con las fechas requeridas para el estudio. Existen formas gratuitas para la adquisición de imágenes satelitales como las plataformas de Landsat y Sentinel, que se describirán continuación.

Parte II. Descargar imágenes Landsat

Los satélites de observación terrestre Landsat 8/9 proporcionan imágenes en alta resolución (15-30 metros) con bandas multiespectrales para el uso en diversas aplicaciones, como la agricultura, la gestión forestal y la cartografíal y la cartografía (Alonso, 2024). En la Tabla 12 se muestran las bandas electromagnéticas del satélite Landsat 8/9.

Tabla 12
Bandas electromagnéticas del satélite Landsat 8/9

Banda espectral	Descripción	Longitud de Onda (mm)	Resolución (m)
Banda 1	Costero/Aerosol	0.43–0.45	30
Banda 2	Azul	0.450–0.51	30
Banda 3	Verde	0.53–0.59	30
Banda 4	Rojo	0.64–0.67	30
Banda 5	Infrarrojo cercano (NIR)	0.85–0.88	30
Banda 6	SWIR 1	1.57–1.65	30
Banda 7	SWIR 2	2.11–2.29	30
Banda 8	Pancromática (PAN)	0.50–0.68	15
Banda 9	Cirrus	1.36–1.38	30
Banda 10	TIRS 1	10.6–11.19	100
Banda 11	TIRS 2	11.5–12.51	100

Nota. Adaptada con base en https://www.usgs.gov/landsat-missions/landsat-9

Para la adquisición de imágenes Landsat se procede de la forma siguiente:

1. Acceda al sitio web de Earth Explorer: https://earthexplorer.usgs.gov.

2. Regístrese o inicie sesiónRegistrarse o inicia sesión en la plataforma.

3. Navegue hasta el área de estudio; por ejemplo, el estado de Guanajuato, México.

4. En la pestaña **Search Criteria**, seleccione el área geográfica de interés. Puede hacerlo ingresando las coordenadas con el botón *Add Coordinate* o dibujando directamente un polígono. En *Data Range* se define el rango de fechas para la búsqueda, y en *Cloud Cover* el porcentaje máximo de la presencia de nubes en la imagen.

5. En la pestaña *Data Sets* se dirige a **Landsat | Landsat Collection 2 | Level-1 | Landsat 8-9 OLI/TIRS C2 L1** o dependiendo de las necesidades se puede usar **Landsat Collection 1 Level-2**.

6. En la pestaña *Additional Criteria* se definen algunos criterios de búsqueda, como Landsat 9 en *Satellite*.

7. Haga *clic* en el botón **Results** para que se genere una lista de resultados que cumplan con los criterios de búsqueda.

8. Examinando los resultados se puede seleccionar las imágenes requeridas. Haga *clic* en el botón **Download Options** para seleccionar el formato de descarga deseado. Se recomienda descargar todas las bandas (Landsat Collection 2 Level-1 Product Bundle tiene un tamaño aproximado de 1 GB).

9. Siga las instrucciones para completar la descarga y descomprimir el archivo.

Para el caso de MéxicoPara el caso México, puede descargar las imágenes Landsat que se encuentran en la página del INEGI (https://www.inegi.org.mx/temas/imagenes/imgLANDSAT), así como la información adicional requerida para su proyecto.

Parte III. Descargar imágenes Sentinel 2

Sentinel-2 es un programaLas imágenes Sentinel-2 es un programa de la Agencia Espacial Europea (ESA) que utiliza una constelación de dos satélites para la observación terrestre, proporcionando imágenes de alta resolución (10–60 metros) de la superficie de la Tierra. Las imágenes obtenidas permiten la monitorización de cambios en la vegetación, la detección de incendios forestales y la identificación de cambios en la cobertura terrestre. Los datos de Sentinel-2 se utilizan especialmente en aplicaciones como la gestión agrícola, la planificación urbana y la respuesta a desastres naturales (European Space Agency [ESA], 2024). En la Tabla 13 se describen las bandas espectrales del satélite Sentinel-2.

Tabla 13

Bandas espectrales del satélite Sentinel-2

Banda espectral	Descripción	Longitud de Onda (mm)	Resolución (m)
Banda 1	Azul	443	60
Banda 2	Azul	490	10
Banda 3	Verde	560	10
Banda 4	Rojo	665	10
Banda 5	Rojo	705	20
Banda 6	Rojo lejano (red edge) Ultrarrojo	740	20
Banda 7	Rojo lejano	783	20
Banda 8	Infrarrojo cercano	842	10
Banda 9	Vapor de agua	940	60
Banda 10	Onda corta infrarroja– Cirrus	1375	60

Tabla 13

Bandas espectrales del satélite Sentinel-2

Banda espectral	Descripción	Longitud de Onda (mm)	Resolución (m)
Banda 11	Onda corta infrarrojo	1610	20
Banda 12	Onda corta infrarrojo 2	2190	20

Nota. Basada en https://edu.forestry.es/2017/06/bandas-satelite-sentinel-2.html

Para adquirir las imágenes satelitales sentinel-2 siga las siguientes instrucciones:

1. Acceder al portal Copernicus Open Access Hub: https://dataspace.copernicus.eu.

2. Regístrese o inicie sesiónRegistrarse o inicia sesión en el portal.

3. Navegue hasta el área de estudio; por ejemplo, estado de Guanajuato, México, y dibuje el área de estudioMéxico y dibujar el área de estudio, haciendo *clic* derecho sobre el mapa.

4. Haga *clic* en el menú **Advanced Search** (representado por cuatro líneas paralelas) en la parte izquierda de la barra de búsqueda.

5. Defina los criterios de búsqueda, como la ubicación geográfica, fechas y otros parámetros específicos de la imagen que se requiere.

6. Active la opción *Mission: Sentinel-2* y establezca el porcentaje de nubes en *Cloud Cover %*.

7. Guarde los cambios de búsqueda con el botón **Save Search**, ubicado en la parte derecha de la barra de búsqueda.

8. Haga *clic* en *Search* para realizar la búsqueda, se encuentra ubicado en la parte derecha de la barra de búsqueda.

9. Se mostrará una lista de imágenes que cumplen con los criterios de búsqueda. Seleccione la requerida, la cual se puede visualizar previamente haciendo *clic* en el ícono *View Product Details, ubicado en la parte inferiorView Product Details*, ubicada en la parte inferior de la imagen.

10. Para descargar la imagen, se debe hacer *clic* en el ícono *Download Product* que se encuentra en la parte inferior de la imagen.

11. Si la imagen está dividida en varias partes, se debe descargar cada una de ellas individualmente y luego descomprimirlas en la misma carpeta en el archivo.

Es importante considerar que la descarga de imágenes satelitales puede requerir de tiempo, especialmente si se trata de imágenes de grandes áreas. Por lo cual, es necesario verificar que la computadora cuente con el espaciola computadora cuenta con el espacio de almacenamiento suficiente o conectar un disco duro externo antes de proceder con la descarga.

Parte IV. Combinación de bandas de imágenes satelitales

Uno de los trabajos más habituales al trabajar con imágenes satelitales más habituales para habituarse con imágenes satelitales es la exploración de las bandas, así como la combinación de estas. La combinación de las bandas satelitales proporciona una amplia gama de información valiosa para la investigación y el análisis geoespacial. Algunas de las actividades que se pueden auxiliar de la combinación de bandas satelitales son (Earth Observing System Data Analytics [EOSDATA], 2024):

- Identificar características de la Tierra: La combinación de bandas satelitales puede ayudar a identificar características de la Tierra, como la vegetación, el agua y las áreas urbanas. Al analizar diferentes combinaciones de bandas, puede identificar patrones y tendencias.
- Análisis de cambios en el tiempo: La combinación de múltiples imágenes de satélite tomadas en diferentes fechas permite el análisis de cambios en la Tierra. Esto puede ser especialmente útil para evaluar el impacto de los desastres naturales, la deforestación o la urbanización.

- Detección de objetos: La combinación de bandas satelitales también puede ser útil para detectar objetos en la Tierra, como automóviles, edificios o infraestructura.
- Mejorar la calidad de la imagen: Al combinar varias bandas, puede mejorar la calidad de la imagen y reducir el ruido y otras interferencias.

Existen diversas combinaciones posibles de bandas de imágenes satelitales, las cuales dependerán de las necesidades específicas de cada usuario y los resultados requeridos. En la Tabla 14 se muestran las combinaciones más comunes.

Tabla 14
Principales combinaciones de bandas satelitales de los sensores Landsat 8/9 y Sentinel 2

Análisis	Landsat 8/9	Sentinel-2
RGB Natural	B4, B3, B2	B4, B3, B2
Infrarrojo	B5, B4, B3	B8, B4, B3
Agricultura	B6, B5, B2	B11, B8, B2
Vegetación	B5, B6, B2	B8, B5, B3
Cambios en el uso del suelo	B7, B6, B4	B12, B11, B4
Geología	B7, B5, B3	B12, B4, B2
Recursos hídricos	B5, B6, B4	B8, B11, B4
Ciudades	B7, B6, B5	B12, B11, B8

Nota. Elaborada con base en https://www.usgs.gov/landsat-missions/landsat-9 y https://edu.forestry.es/2017/06/bandas-satelite-sentinel-2.html

Paso 1. Abra *ArcGIS Pro* y seleccione el ícono *Map* para proceder colocar el nombre del proyecto (*practica08*) y realizar la ubicación correspondiente (*C:\Curso_ArcGisPro\Prac08*) para posteriormente dar un *clic* en el botón **OK**.

Paso 2. Añada el ráster *LC09_L2SP_028045_20250218_20250219_02_T1_SR_B2*, *LC09_L2SP_028045_20250218_20250219_02_T1_SR_B5* y *LC09_L2SP_028045_20250218_20250219_02_T1_SR_B6* ubicados en *C:\Curso_ArcGisPro\Prac08\Landsat* dando un *clic* en el ícono **Add Data** (

) ubicado en la pestaña **Map | Add Data**.

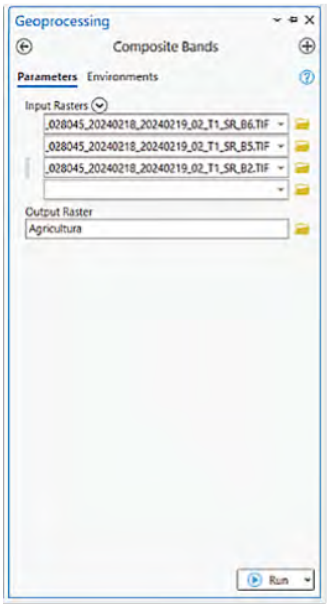
Paso 3. Para la práctica se realizará la combinación de "Agricultura" por lo que se requiere las bandas "B6", "B5" y "B2" del satélite Landsat 9. Es importante que se agreguen las bandas en el orden especificado en la tabla 14, para lo cual se usará el comando **Composite Bands** que se encuentra ubicado en **Geoprocessing | Toolboxes | Data Management Tools | Raster | Raster Processing | Composite Bands**.

Paso 4. En el cuadro de diálogo del comando **Composite Bands** configure los siguientes parámetros (Figura 198):

- Input Rasters: Seleccione las bandas "B6", "B5" y "B2" del satélite Landsat 9.
- Output raster: Seleccione el directorio o geodatabase donde se almacenará la capa resultante de líneas. Nómbrela Agricultura.

Figura 198

Cuadro de diálogo del comando Composite Bands en ArcGIS Pro

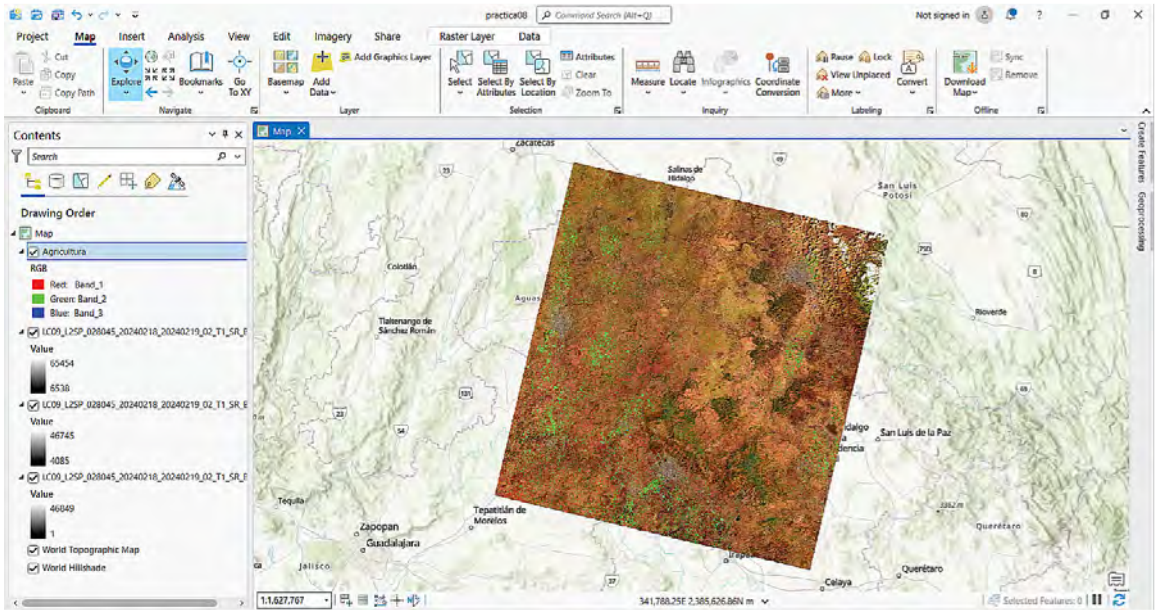


Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

Paso 5. De un *clic* en el botón **Run** para iniciar el proceso. El resultado debe ser parecido a lo que se muestra en la Figura 199.

Figura 199

Combinación de bandas del Landsat 9 en ArcGIS Pro



Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

Ejercicio 17. Realice la combinación de bandas del satélite Landsat 9 como se especifican en la tabla 14.

Ejercicio 18. Realice la combinación de bandas del satélite Sentinel-2 como se especifican en la tabla 14.

Parte V. Agregar una imagen multiespectral

Para agregar una imagen multiespectral sin necesidad de realizar una combinación previa, se utiliza el archivo de metadatos de la imagen satelital.

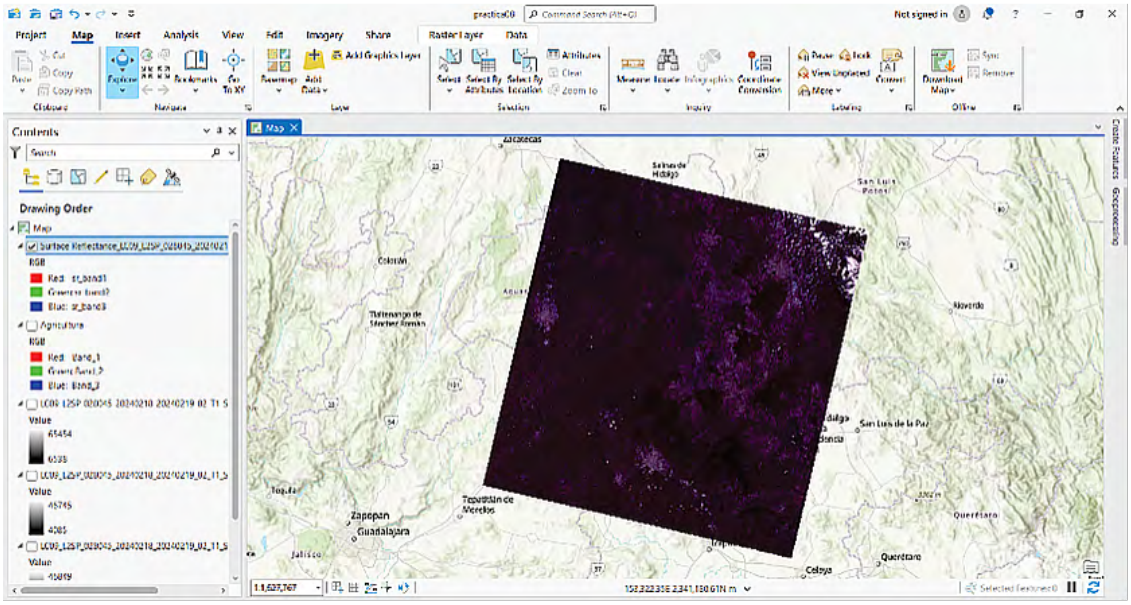
Paso 6. Apague los Layer de parte IV de esta práctica.

Paso 7. Añada el archivo *MTL* con extensión *TXT* del Landsat 9 denominado *Surface Reflectance_LC09_L2SP_028045_20250218_20250219_02_T1_MTL.txt*, ubicado en *C:\Curso_ArcGisPro\Prac08\Landsat* dando un *clic* en el ícono **Add Data** (

) ubicado en la pestaña **Map | Add Data** (Figura 200).

Figura 200

Surface Reflectance_LC09_L2SP_028045_20250218_20250219_02_T1_MTL del Landsat 9 en ArcGIS Pro



Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

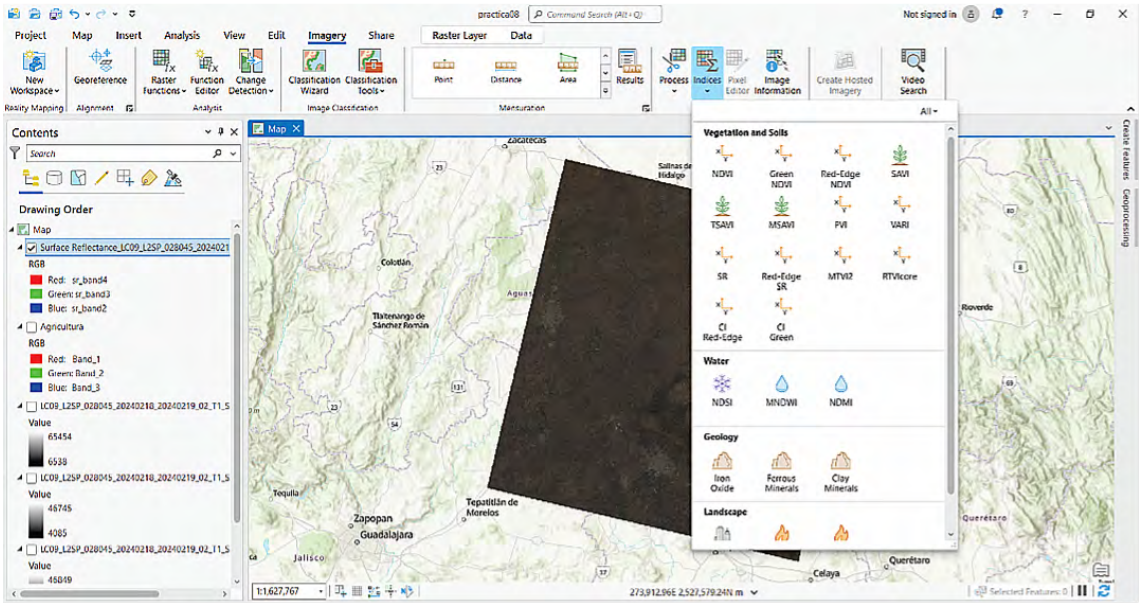
NOTA 1: Para Sentinel-2, se selecciona el archivo *MTD*" con extensión *XML*.

NOTA 2: Este proceso simplifica la combinación, pues se accede directamente a cada RGB de la imagen multiespectral en el panel **Contents**, haciendo *clic* derecho sobre sobre el color y seleccionando la banda correspondiente.

ArcGIS Pro ofrece varias opciones para trabajar con imágenes satelitales en la pestaña **Imagery**. Por ejemplo, en una imagen multiespectral se pueden calcular directamente diversos índices de vegetación, hacer recortes de la vista actual de la pantalla o realizar clasificaciones supervisadas (Figura 201). Estas funciones resultan de gran utilidad en el análisis de datos geoespaciales y pueden aportar información valiosa para la toma de decisiones en distintos ámbitos.

Figura 201

Funciones de la pestaña Imagery en ArcGIS Pro



Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

No obstante, hay que considerar que el procesamiento de imágenes satelitales puede ser complicado pues requiere de conocimientos especializados. Por lo que se recomienda capacitarse en las últimas técnicas y herramientas disponibles en el análisis de imagen satelitales. Asimismo, es fundamental trabajar con fuentes de datos confiables y validadas, para evitar errores en el análisis y la interpretación de los resultados.

Por lo que el uso de imágenes satelitales y su análisis en ArcGIS Pro puede generar beneficios para diversos campos, pero es importante contar con el conocimiento y las habilidades necesarias para sacarles el máximo provecho y evitar errores en la interpretación de los resultados.

Parte VI. Cálculo del NDVI

El Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) es un indicador utilizado para estimar la cantidad, calidad y desarrollo de la vegetación. Se basa en la relación entre la cantidad de luz reflejada por la superficie terrestre en dos regiones del espectro electromagnético: luz roja e infrarroja cercana. Este índice se calcula a partir de mediciones realizadas por sensores remotos, comúnmente instalados en plataformas espaciales. El NDVI ayuda a diferenciar la vegetación de otros tipos de cobertura

del suelo (como áreas artificiales) y determina su estado generalsu estado general (Mejía et al., 2021). El NDVI tiene aplicaciones múltiples, sobre todo si se cuenta con observaciones en distintas fechas (series de tiempo). Mediante el análisis de estas series de tiempo se facilita el monitoreo de la vegetación y detección de cambios en la cobertura/uso del suelo, el seguimiento de estado de los cultivos agrícolas, caracterización de la fenología de la vegetación y el seguimiento de fenómenos como la sequíanos como la sequía (INEGI, 2024).

El NDVI se calcula a partir de imágenes de satélite y de acuerdo con la siguiente fórmulasiguiente fórmula (Mejía et al., 2021, p. 18):

Donde:

IRC es la luz reflejada en el espectro del infrarrojo cercano.

R es la luz reflejada en el rango rojo del espectro.

De acuerdo con la fórmula, la densidad de la vegetación (NDVI) en un punto determinado de la imagen es igual a la diferencia de las intensidades de luz reflejada en el rango rojo e infrarrojo dividida por la suma de estas intensidades. Los valores que puede tener este índice poseen un rango de 0 a 1, en donde los valores más cercanos a 1 sugieren vegetación más frondosa, con mayor biomasa, más producción de clorofila, y más saludable (Mejía et al., 2021). Asimismo, los valores altos de NDVI indican una mayor densidad y salud de la vegetación, mientras que los valores bajos indican una menor densidad o ausencia de vegetación (Tabla 15).

Tabla 15
Clasificación NDVI

Categoría	Rango	Tipo	Descripción
1	-1 a 0.2	Sin vegetación, agua, sombras.	Gran parte de estos suelos corresponden principalmente a zonas oscuras y vinculadas a ríos.
2	0.2 a 0.45	Suelo sin cobertura o escasa vegetación.	Se ha visto que esto suelo coincide con las áreas urbanas.

Tabla 15
Clasificación NDVI

Categoría	Rango	Tipo	Descripción
3	0.45 a 0.55	Vegetación escasa.	Gran parte de estos suelos corresponden a suelos en procesos de transformación, pastizales.
4	0.55 a 0.65	Vegetación dispersa.	Suelos vinculados con actividades agrícolas y vegetación arbustiva y herbácea.
5	0.65 a 1	Bosque.	Suelo con abundante vegetación arbustiva.

Nota. Tomada de Mejía et al. (2021, p. 23).

Para calcular el índice NDVI en *ArcGIS Pro*, se requiere contar con una imagen satelital multiespectral que contenga las bandas del infrarrojo cercano y el rojo. En el caso de Landsat 8/9, se emplea la Banda 4 en Rojo y la Banda 5 en NIR, mientras que en Sentinel-2 se utiliza la Banda 4 en Rojo y la Banda 8 en NIR.

Para calcular el NDVI manualmente se utiliza el comando **Raster Calculator** que se encuentra ubicado en **Geoprocessing | Toolboxes | Spatial Analyst Tools | Map Algebra| Raster Calculator** o en **Geoprocessing | Toolboxes | Image Analyst Tools | Map Algebra| Raster Calculator**.

Paso 8. Elimine los Layer anteriores de esta práctica con el comando **Remove**, dando *clic* derecho sobre el Layer y en el menú contextual dar *clic* en el comando **Remove**.

Paso 9. Añada el archivo del Landsat 9 denominados *LC09_L2SP_028045_20250218_20250219_02_T1_SR_B4.TIF* y *LC09_L2SP_028045_20250218_20250219_02_T1_SR_B5.TIF* ubicados en *C:\Curso_ArcGisPro\Prac08\Landsat* dando un *clic* en el ícono **Add Data** (

) ubicado en la pestaña **Map | Add Data**.

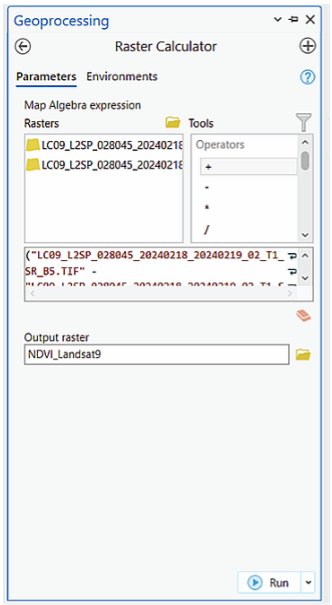
Paso 10. Abra el comando **Raster Calculator** que se encuentra ubicado en **Geoprocessing | Toolboxes | Spatial Analyst Tools | Map Algebra| Raster Calculator**.

Paso 11. En el cuadro de diálogo **Raster Calculator** configure los siguientes parámetros (Figura 202):

- Map Algebra expression: Escriba la expresión del NDVI usando los nombres de las bandas correspondientes:
- ("LC09_L2SP_028045_20250218_20250219_02_T1_SR_B5.TIF"–"LC09_L2SP_028045_20250218_20250219_02_T1_SR_B4.TIF") / ("LC09_L2SP_028045_20250218_20250219_02_T1_SR_B5.TIF" + "LC09_L2SP_028045_20250218_20250219_02_T1_SR_B4.TIF")
- Output raster: seleccione el directorio o geodatabase para almacenar el archivo ráster reclasificado de pendiente y nómbrelo NDVI_Landsat9.

Figura 202

Cuadro de diálogo del comando Raster Calculator en ArcGIS Pro

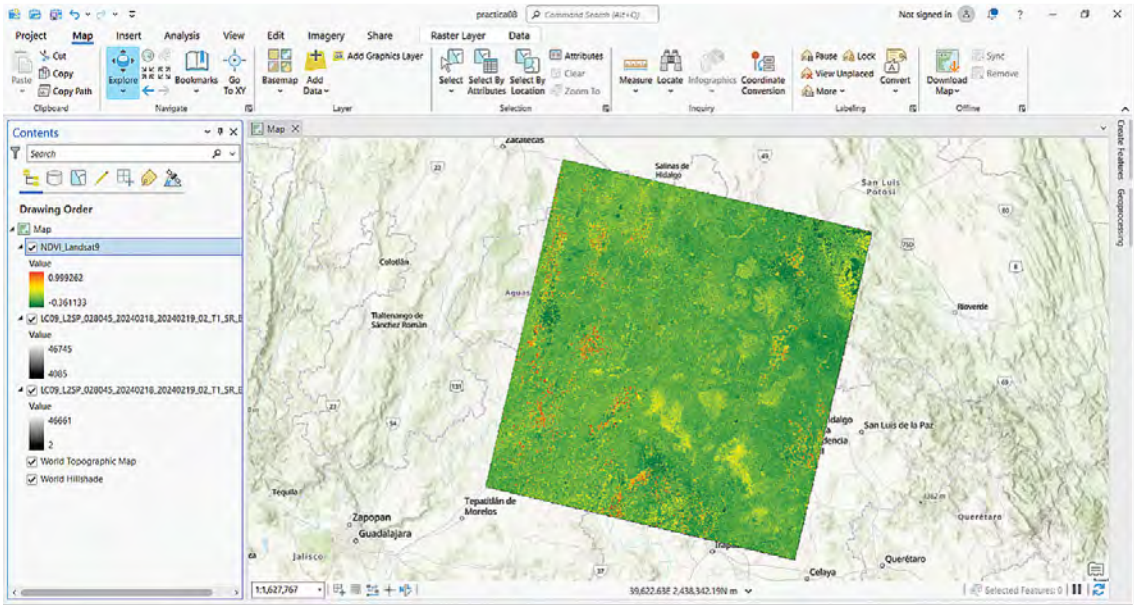


Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

Paso 12. De un *clic* en el botón **Run** para iniciar el proceso. El resultado debe ser parecido a lo que se muestra en la Figura 203.

Figura 203

Ráster del NDVI en ArcGIS Pro



Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

El resultado del cálculo muestra en rojo los valores donde no existe vegetación y en verde la presencia de esta. Sin embargo, la salud y la densidad de la vegetación varían, dependiendo del valor exacto del índice.

Ejercicio 19. Realice el cálculo del NDVI utilizando las bandas del satélite Sentinel-2 y realice una interpretación del resultado.

Práctica 9. Gráficos

ArcGIS Pro permite crear gráficos a partir de tablas o archivos ráster. Esta función permite visualizar los valores de los píxeles de una imagen ráster en forma gráfica, así como la distribución de los valores de los píxeles en la imagen ráster.

Parte I. Creación de histograma

Paso 1. Abra *ArcGIS Pro* y seleccione el ícono *Map* para proceder colocar el nombre del proyecto (*practica09*) y realizar la ubicación correspondiente (*C:\Curso_ArcGisPro\Prac09*) para posteriormente dar un *clic* en el botón **OK**.

Paso 2. Añada el ráster *NDVI_Landsat9.tif*, ubicado en *C:\Curso_ArcGisPro\Prac09* dando un *clic* en el ícono **Add Data** (

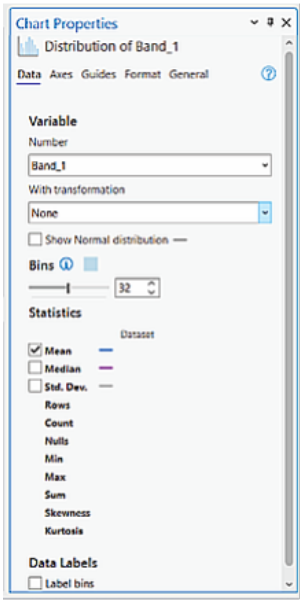
) ubicado en la pestaña **Map | Add Data**.

Paso 3. Seleccione la función **Histogram** ubicado en **Data | Create Chart | Histogram**.

Paso 4. En el cuadro diálogo **Histogram** configure los parámetros como se muestra en la Figura 204.

Figura 204

Cuadro de diálogo de la función Histogram en ArcGIS Pro

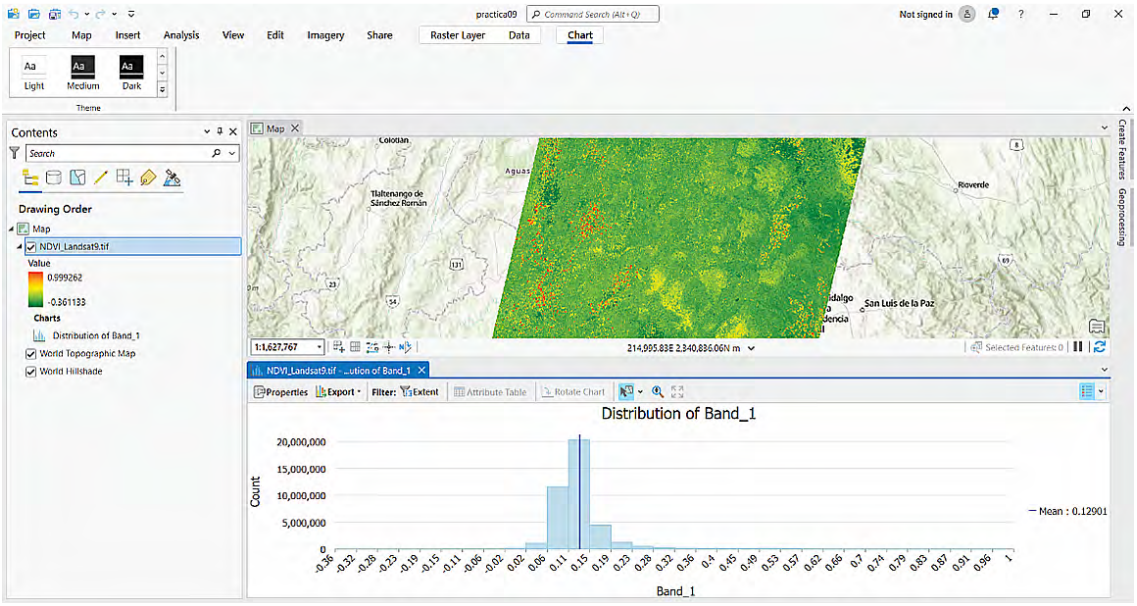


Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

Paso 11. El histograma resultante se muestra en la Figura 205.

Figura 205

Histograma del ráster NDVI_Landsat9 en ArcGIS Pro



Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

El gráfico muestra cómo están distribuidos los valores de NDVI en la imagen satelital combinada. En el panel de propiedades del gráfico es posible personalizar y aplicar un formato específico al mismo, como el título y la configuración de los ejes.

Parte II. Gráficos a partir de tablas

ArcGIS Pro tiene la capacidad de crear gráficos a partir de información de tablas, ya sea vinculada o no a un archivo vectorial (shapefiles).

Paso 12. Elimine el ráster de esta práctica con el comando **Remove**, dando *clic* derecho sobre la capa y en el menú contextual dar *clic* en el comando **Remove**.

Paso 13. Añada el archivo *Est_Met_Mpio_Gto.csv* ubicado en *C:\Curso_ArcGisPro\Prac09* dando un *clic* en el ícono **Add Data** (

) ubicado en la pestaña **Map | Add Data**. Este archivo contiene los datos de elevación, temperatura y precipitación del municipio de Guanajuato, Gto.

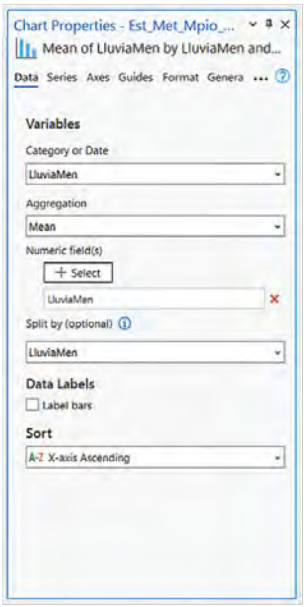
Paso 14. De un *clic* derecho sobre el Layer *Est_Met_Mpio_Gto.csv* en el panel **Contents** y seleccione el comando **Create Chart**, del menú contextual donde se encuentran varios tipos de gráficos, Bar Chart, Pie Chart, Line Chart, Histogram, Box Plot, Matrix Heat Chart y QQ Plot, entre otros.

Paso 15. Para crear un gráfico de barras, se seleccione la función **Bar Chart**" y se configura las variables en el panel de propiedades (Figura 206).

- Category or Date: Seleccione LluviaMen.
- Aggregation: Al ser la precipitación mensual, seleccione la opción Mean.
- Numeric field(s): Seleccione la columna LluviaMen. Experimente con las diferentes opciones de configuración, como el título, nombres de los ejes y colores, para personalizar el gráfico según las necesidades.

Figura 206

Cuadro de diálogo Chart Properties en ArcGIS Pro

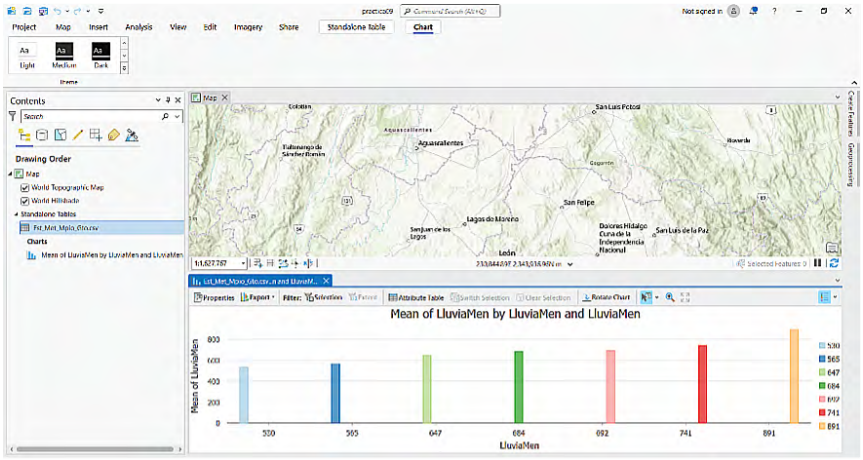


Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

Paso 16. La gráfica resultante se muestra en la Figura 207.

Figura 207

Gráfica de barras resultante en ArcGIS Pro



Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

Los gráficos generados en *ArcGIS Pro* proporcionan la información temporal de una forma más intuitiva y visual, así como más fácil de entender, lo que permite identificar patrones y tendencias en los datos que no son tan evidentes en los mapas. Además, los gráficos personalizados pueden ser una herramienta útil para la toma de decisiones, especialmente para la comunicación efectiva de la información espaciotemporal a un público no especializado.

Parte III. Gráficos de firmas espectrales

ArcGIS Pro tiene una función para la creación de perfiles espectrales, los cuales permiten seleccionar áreas de interés o entidades de suelo en la imagen. Para esto, se revisa la información espectral de todas las bandas mediante la generación de diferentes tipos de gráficos, como **Mean Lines**, **Boxes** o combinados.

Paso 17. Elimine las capas anteriores de esta práctica con el comando **Remove**, dando *clic* derecho sobre la capa y en el menú contextual dar *clic* en el comando **Remove**.

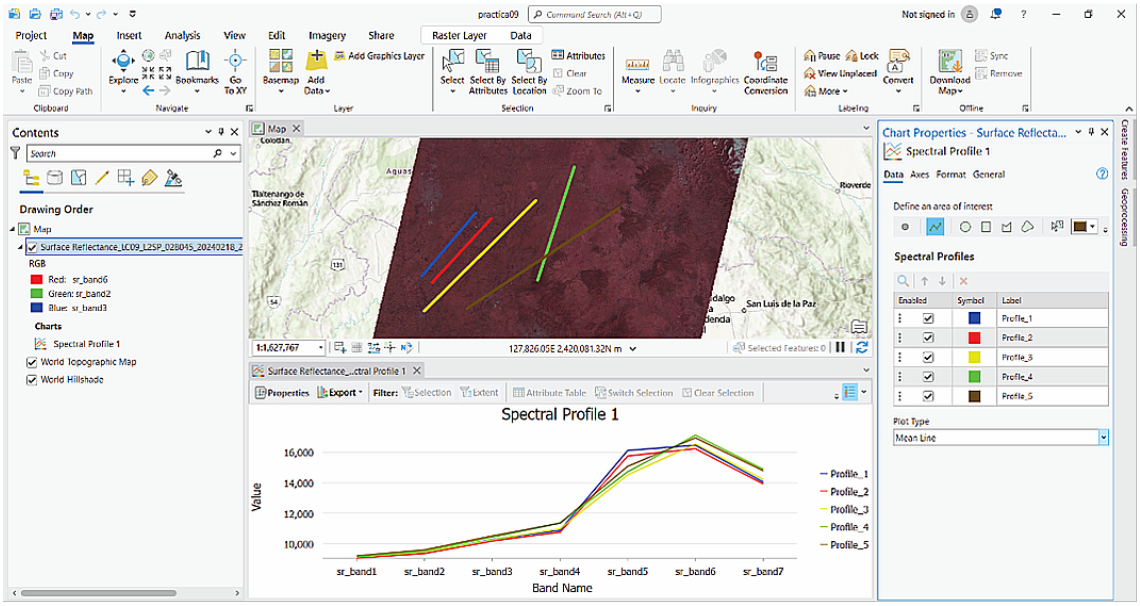
Paso 18. Añada el archivo *Surface Reflectance_LC09_L2SP_028045_20250218_20250219_02_T1_MTL.txt* ubicado en *C:\Curso_ArcGisPro\Prac08\Landsat* dando un *clic* en el ícono **Add Data** (

) ubicado en la pestaña **Map | Add Data**.

Paso 19. Seleccione el comando **Spectral Profile** dando *clic* derecho sobre el raster y en el menú contextual abra **Create Chart | Spectral Profile**. Con esta función puede dibujar o seleccionar cualquier área de la imagen a través de puntos, líneas o polígonos, para generar la firma espectral correspondiente (Figura 208).

Figura 208

Firma espectral en ArcGIS Pro



Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

NOTA 1: En el panel de propiedades es posible cambiar el nombre de los perfiles, simplemente escribiendo el nuevo nombre y pulsando la tecla *Tab* para fijarlo.

NOTA 2: Estos perfiles son útiles para la identificación de materiales y objetos en una imagen, así como para la detección de cambios en la superficie terrestre.

ArcGIS Pro permite agregar gráficos directamente en el **Layout**, lo cual es una gran ventaja para aquellos casos en los que se desea complementar el mapa con información gráfica adicional. Además, la información en los gráficos puede ser exportada como una tabla, a través del botón *Export* que se encuentra sobre los mismos. Esto permite una mayor flexibilidad en la presentación de resultados y en la generación de productos cartográficos de calidad.

Parte IV. Visualización 3D

ArcGIS Pro tiene la función 3D la cual es una herramienta que permite visualizar los datos geoespaciales en una dimensión de altura, lo que facilita la comprensión de la topografía y la estructura de los datos. Con anterioridad, esta función solo estaba disponible en ArcScene la cual ahora se puede acceder directamente desde *ArcGIS Pro*.

Con la vista 3D es posible crear escenas a partir de capas vectoriales, ráster, de elevación, y aplicar diferentes estilos, así como simbologías para una mejor visualización. Asimismo, se pueden agregar capas de entidades y elementos de texto a la escena para proporcionar tanto un contexto como una explicación (ESRI, 2026e).

Paso 20. Elimine las capas anteriores de esta práctica con el comando **Remove**, dando *clic* derecho sobre la capa y en el menú contextual dar *clic* en el comando **Remove**.

Paso 21. Añada el ráster *mde_gto* ubicado en *C:\Curso_ArcGisPro\Prac07\Interpolacion\mde_gto* dando un *clic* en el ícono **Add Data** (

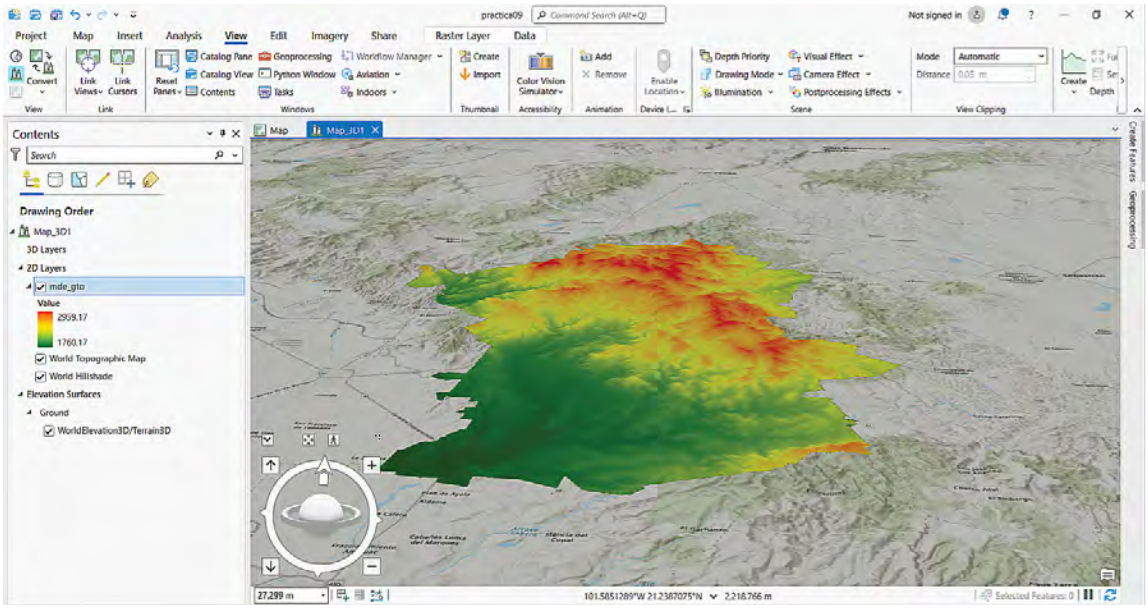
) ubicado en la pestaña **Map | Add Data**.

Paso 19. Seleccione el comando **To Local Scene** en la pestaña **View | Convert | To Local Scene**.

De esta forma se abre una pestaña con el mapa en vista 3D. Para mejorar la navegación, se recomienda expandir el icono de navegación, haciendo *clic* en **Show full control** (), lo que permitirá acceder a más opciones de navegación. Por defecto, se asigna un MDE global con una resolución de 30 metros (Figura 209).

Figura 209

Visualización 3D en ArcGIS Pro



Nota. Generada en *ArcGIS Pro*.

Ejercicio 20. Navegue sobre el plano 3D y observe las diferencias de elevaciones que se presentan y realice los comentarios al respecto.

Capítulo VIII
Consideraciones finales

En estas páginas se ha explorado el fascinante mundo de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) aplicados a la ingeniería, con un enfoque particular en la teoría y la práctica utilizando *ArcGIS Pro*. A lo largo de este viaje, se ha descubierto cómo los SIG pueden potenciar las capacidades de los ingenieros, permitiéndoles analizar, visualizar y gestionar datos espaciales de manera efectiva para abordar una amplia gama de desafíos.

Desde la conceptualización inicial de los SIG hasta su aplicación en proyectos ingenieriles del mundo real, se ha destacado la importancia de comprender los principios fundamentales de la cartografía digital, la captura de datos, el análisis geoespacial y la toma de decisiones basada en información geográfica.

Es crucial recordar que los SIG no son simplemente herramientas tecnológicas, sino que proporcionan enfoquessino que proporciona enfoques integrales que fusionan la ciencia de la información geográfica con la práctica ingenieril. Al adoptar una mentalidad de pensamiento geoespacial y aprovechar al máximo las capacidades de las herramientas SIG como *ArcGIS Pro*, los ingenieros pueden abrir nuevas fronteras en la planificación, el diseño y la gestión de proyectos.

En última instancia, se espera que este libro haya proporcionado al lector una sólida comprensión de los fundamentos de los SIG y cómo aplicarlos en el contexto de la ingeniería. Que estas páginas sirvan como guía inspiradora y práctica en su viaje hacia la excelencia en la integración de sistemas de información geográfica en su práctica profesional.

Referencias

Alberich, J., Gómez Fontanills, D., & Ferrer Franquesa, A. (18 de diciembre de 2024). *Percepción visual*. guao.org. https://www.guao.org/sites/default/files/biblioteca/Percepción%20visual.pdf

Alonso, D. (21 de febrero de 2024). *5 opciones para descargar imágenes Landsat GRATIS*. MappingGIS. https://mappinggis.com/2015/05/como-descargar-imagenes-landsat

AppMaster. (14 de diciembre de 2024). *Análisis geoespacial*. AppMaster. https://appmaster.io/es/blog/analisis-geoespacial

ArcGis Resouces. (19 de diciembre de 2024). *Comportamiento y relaciones espaciales*. ArcGis Resouces. https://resources.arcgis.com/es/help/getting-started/articles/026n00000008000000.htm

Aronoff, S. (2005). *Remote Sensing for GIS Managers*. ESRI Press.

Chuvieco, E. (2010). *Tedetección Ambiental. La observación de la Tierra desde el espacio*. Ariel.

Conabio. (23 de diciembre de 2024). *Geovisualización. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad*. https://www.biodiversidad.gob.mx/region/geoviz

DGFAGR. (18 de diciembre de 2024). *Facultad de Geografía e Historia*. Universidad de Sevilla. http://www.geografia.us.es/web/contenidos/becarios/materiales/archivos/representacion_cartografica.pdf

EOSDATA. (01 de marzo de 2024). *Imágenes de satélite y combinaciones de bandas espectrales*. EOSDATA. https://eos.com/es/make=-an-analysis/#:~:text-Las%20bandas%20de%20sat%C3%A9lite%20pueden,para%20imitar%20el%20espectro%20visible.

ESA. (21 de febrero de 2024). *Sentinel 2*. Agencia Espacial Europea. https://www.esa.int/Space_in_Member_States/Spain/SENTINEL_2

ESRI. (23 de diciembre de 2024dd). *Meridiano de Greenwich*. ESRI. https://support.esri.com/es-es/gis-dictionary/greenwich-meridian

ESRI. (14 de diciembre de 2024q). *Geoide*. ESRI. https://pro.arcgis.com/es/pro-app/latest/help/mapping/properties/geoid.htm#:~:text=El%20geoide%20es%20una%20superficie,ni%20de%20los%20fen%C3%B3menos%20atmosf%C3%A9ricos.

ESRI. (19 de diciembre de 2025a). *¿Qué es un shapefile?* ESRI. https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/latest/manage-data/shapefiles/what-is-a-shapefile.htm

ESRI. (18 de diciembre de 2025b). *Administración de datos, ArcMap*. ESRI. https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/manage-data/metadata/what-is-metadata.htm

ESRI. (18 de diciembre de 2025ee). *Proyección transversa de Mercator*. ESRI. https://pro.arcgis.com/es/pro-app/latest/help/mapping/properties/transverse-mercator.htm#:~:text=La%20proyecci%C3%B3n%20transversa%20de%20Mercator%20es%20una%20proyecci%C3%B3n%20de%20mapa,de%20escala%20es%201%2C0.

ESRI. (18 de diciembre de 2025g). *Cómo transmiten los mapas la información geográfica*. ESRI. https://resources.arcgis.com/es/help/getting-started/articles/026n0000000q000000.htm

ESRI. (26 de diciembre de 2025i). *Conceptos básicos de clases de entidad*. ESRI. https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/latest/manage-data/geodatabases/feature-class-basics.htm

ESRI. (17 de diciembre de 2025l). *Datums*. ESRI. https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/latest/map/projections/datums.htm

ESRI. (19 de diciembre de 2025n). *Extensiones de archivo de shapefile*. ESRI. https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/latest/manage-data/shapefiles/shapefile-file-extensions.htm

ESRI. (18 de diciembre de 2025s). *Guía de migración a ArcGIS Pro*. ESRI. https://www.esri.com/content/dam/esrisites/es-es/media/pdf/implementation-guides/arcgis-pro-migration-guide.pdf

ESRI. (18 de diciembre de 2025t). *Introducción a ArcGIS Pro*. ESRI. https://pro.arcgis.com/es/pro-app/latest/get-started/get-started.htm

ESRI. (19 de diciembre de 2025u). *Introducción a las reglas de atributos*. ESRI. https://pro.arcgis.com/es/pro-app/latest/help/data/geodatabases/overview/an-overview-of-attribute-rules.htm

ESRI. (19 de diciembre de 2025w). *Introducción a los datos ráster y de imagen*. ESRI. https://pro.arcgis.com/es/pro-app/latest/help/data/imagery/introduction-to-raster-data.htm

ESRI. (31 de enero de 2025y). *Introducción al geoprocesamiento*. ESRI. https://pro.arcgis.com/es/pro-app/latest/help/analysis/geoprocessing/basics/what-is-geoprocessing-.htm#:~:text=El%20geoprocesamiento%20es%20un%20marco,datos%20SIG%20de%20forma%20autom%C3%A1tica.

ESRI. (16 de enero de 2025z). *Simbolizar las capas de entidades*. ESRI. https://pro.arcgis.com/es/pro-app/latest/help/mapping/layer-properties/symbolize-feature-layers.htm

ESRI. (16 de febrero de 2026aa). *Utilizar Cuenca visual y Puntos de observador para el análisis de visibilidad*. ESRI. https://pro.arcgis.com/es/pro-app/latest/tool-reference/spatial-analyst/using-viewshed-and-observer-points-for-visibility.htm

ESRI. (09 de febrero de 2026bb). *¿Qué son los datos ráster?* ESRI. https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/latest/manage-data/raster-and-images/what-is-raster-data.htm#:~:text=Los%20r%C3%A1steres%20son%20fotograf%C3%ADas%20a%C3%A9reas,de%20uso%20de%20la%20tierra.

ESRI. (07 de febrero de 2026c). *Análisis espacial en ArcGIS Pro*. ESRI. https://pro.arcgis.com/es/pro-app/latest/help/analysis/introduction/spatial-analysis-in-arcgis-pro.htm#:~:text=El%20an%C3%A1lisis%20espacial%20permite%20resolver,realizar%20predicciones%20y%20tomar%20decisiones.

ESRI. (21 de febrero de 2026cc). *Mapas base*. ESRI. https://pro.arcgis.com/es/pro-app/latest/help/mapping/map-authoring/author-a-basemap.htm

ESRI. (16 de febrero de 2026d). *Calculadora ráster* (*Spatial Analyst*). ESRI. https://pro.arcgis.com/es/pro-app/latest/tool-reference/spatial-analyst/raster-calculator.htm

ESRI. (19 de febrero de 2026e). *Cómo funciona Clasificación de cursos de agua*. ESRI. https://pro.arcgis.com/es/pro-app/latest/tool-reference/spatial-analyst/how-stream-order-works.htm

ESRI. (16 de febrero de 2026f). *Cómo funciona Cuenca hidrográfica*. ESRI. https://pro.arcgis.com/es/pro-app/latest/tool-reference/spatial-analyst/how-watershed-works.htm#:~:text=Una%20cuenca%20hidrogr%C3%A1fica%20es%20el,hidrogr%C3%A1ficas%20m%C3%A1s%20peque%C3%B1as%2C%20denominadas%20subcuencas.

ESRI. (07 de febrero de 2026h). *Comparar métodos de interpolación*. ESRI. https://pro.arcgis.com/es/pro-app/latest/tool-reference/spatial-analyst/comparing-interpolation-methods.htm

ESRI. (05 de marzo de 2026j). *Convertir un mapa en una escena*. ESRI. https://pro.arcgis.com/es/pro-app/latest/get-started/convert-a-map-to-a-scene.htm

ESRI. (16 de febrero de 2026k). *Cuenca visual*. ESRI. https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/latest/tools/spatial-analyst-toolbox/viewshed.htm

ESRI. (09 de febrero de 2026m). *Digital elevation model*. ESRI. https://learn.arcgis.com/es/related-concepts/digital-elevation-models.htm

ESRI. (15 de febrero de 2026o). *Función Curvas de nivel*. ESRI. https://pro.arcgis.com/es/pro-app/latest/help/analysis/raster-functions/contour-function.htm#:~:text=Los%20contornos%20son%20isol%C3%ADneas%20creadas,por%20ejemplo%2C%20la%20Elevaci%C3%B3n%20mundial.

ESRI. (15 de febrero de 2026p). *Función Sombreado*. ESRI. https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/latest/manage-data/raster-and-images/hillshade-function.htm

ESRI. (02 de febrero de 2026r). *Georreferenciación y sistemas de coordenadas*. ESRI. https://resources.arcgis.com/es/help/getting-started/articles/026n0000000s000000.htm

ESRI. (21 de febrero de 2026x). *Introducción al análisis de espacio de imagen*. ESRI. https://pro.arcgis.com/es/pro-app/latest/help/analysis/image-analyst/what-is-image-space-analysis-.htm

Fallas, J. (18 de diciembre de 2024). *Conceptos básicos de Cartografía*. Universidad Nacional. Heredia. Costa Rica. https://pim.udelar.edu.uy/portal/wp-content/uploads/sites/14/2019/07/CONCEPTOS-BÁSICOS-DE-CARTOGRAFÍA.pdf

FAO. (14 de febrero de 2024). *Guía para la descripción de suelos*. FAO. https://www.fao.org/3/a0541s/a0541s.pdf

Huisman, O., & de By, R. A. (2009). *Principles of geographic information systems: an introductory textbook*. ITC Educational Textbook Series. https://webapps.itc.utwente.nl/librarywww/papers_2009/general/PrinciplesGIS.pdf

Idrica. (13 de diciembre de 2024). *¿Qué son los Sistemas de Información Geográfica (SIG)?* Idrica. https://www.idrica.com/es/blog/sistemas-de-informacion-geografica/#:~:text=Los%20componentes%20m%C3%A1s%20importantes%20de,y%20distribuirlos%20en%20m%C3%BAltiples%20plataformas.

IGM. (07 de septiembre de 2026). *Conceptos cartográficos*. Instituto Geográfico Militar. https://www.ign.es/web/resources/cartografiaEnsenanza/conceptosCarto/descargas/Conceptos_Cartograficos_def.pdf

IMTA. (16 de febrero de 2026). *¿Qué es una cuenca?* Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. https://www.gob.mx/imta/articulos/que-es-una-cuenca-211369

INEGI. (29 de enero de 2024b). *Cuéntame México*. INEGI. https://cuentame.inegi.org.mx/territorio/escala/default.aspx?tema=T

INEGI. (23 de diciembre de 2024c). *Definición, aplicación de la Geografía y representación de la Tierra*. INEGI. https://www.inegi.org.mx/contenidos/inegi/spc/doc/INTERNET/1-GeografiaDeMexico/manual_def_apli_geo_repr_tierra-vs__.pdf

INEGI. (25 de diciembre de 2025a). *Cuéntame de México. Mapas*. INEGI. https://cuentame.inegi.org.mx/territorio/mapas/Default.aspx?tema=T

INEGI. (18 de diciembre de 2025e). *Cuéntame de México. Mapas*. INEGI. https://cuentame.inegi.org.mx/territorio/mapas/Default.aspx?tema=T#.

INEGI. (11 de diciembre de 2025h). *Norma Técnica para el Sistema Geodésico Nacional*. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. https://snieg.mx/DocumentacionPortal/Normatividad/vigente/Norma_Tecnica_para_el_Sistema_Geodesico_Nacional.pdf

INEGI. (14 de diciembre de 2025i). *Sistemas de Coordenadas*. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. https://www.inegi.org.mx/inegi/spc/doc/internet/sistema_de_coordenadas.pdf

INEGI. (18 de diciembre de 2025j). *Marco de referencia ITRF en México y su relación con WGS84 y NAD27*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. https://www.inegi.org.mx/contenidos/temas/gnss/doc/702825109226.pdf

INEGI. (04 de marzo de 2026d). *Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada* (*NDVI*). INEGI. https://www.inegi.org.mx/investigacion/ndvi

INEGI. (01 de abril de 2026f). *Marco de referencia ITRF en México y su relación con WGS84 y NAD27*. INEGI. https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/702825109226.pdf

INEGI. (09 de febrero de 2026g). *Modelos Digitales de Elevación* (*MDE*) - *Descripción*. INEGI. https://www.inegi.org.mx/contenidos/temas/relieve/continental/doc/mde.pdf

JCL. (14 de diciembre de 2024). *Sistemas de localización e información geográfica*. Junta de Castilla y León. https://bibliotecadigital.jcyl.es/es/catalogo_imagenes/grupo.do?path=10060116

Jekeli, C. (14 de diciembre de 2024). *Geometric Reference Systems in Geodesy*. Division of Geodesy and Geospatial Science. https://www.mat.uc.pt/~gil/downloads/Geom_Ref_Sys_Geodesy.pdf

Jekeli, C. (18 de diciembre de 2024). *Geometric Reference Systems in Geodesy*. Division of Geodesy and Geospatial Science. School of Earth Sciences. Ohio State University. http://mat.uc.pt/~gil/downloads/Geom_Ref_Sys_Geodesy.pdf

Junta de Andalucia. (12 de febrero de 2024). *Pendiente del terreno*. Junta de Andalucia. https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/documentos_tecnicos/hydre/5.4.4.1.2.pdf

Kang-tsung Chang. (2018). *Introduction to Geographic Information Systems*. McGraw-Hill Education. https://doi.org/https://www.academia.edu/28691712/Introduction_to_GIS_Kang_Tsung_Chang_pdf

Lu, Z., Qu, Y., & Qiao, S. (2014). *Geodesy: Introduction to Geodetic Datum and Geodetic Systems*. Springer-Verlag. https://doi.org/10.1007/978-3-642-41245-5

Mejía, V., Orellana, D., & Cabrera-Barona, P. (2021). Cambio de cobertura de suelo en la Amazonía norte del Ecuador: un análisis a través de imágenes satelitales nocturnas VIIRS e imágenes Landsat. *Revista Científica de Ciencias Sociales y Humanas*, *1*(78), 10-29. https://doi.org/10.33324/uv.v1i78.355

Moya-Zamora, J., & Cedeño-Montoya, B. (2017). Conceptos básicos en Geodeseia. Como insumo para un tratamiento adecuado de la información geoespacial. *Revista Geográfica de América Central*, *1*(58), 50-69. https://doi.org/10.15359/rgac.58-1.3

Neer, T. (08 de enero de 2024). *The Field Calculator Unleashed*. ESRI. https://www.esri.com/news/arcuser/0405/files/fieldcalc_1.pdf

Olaya, V. (2020). *Sistemas de Información Geográfica*. España. www.creativecommons.org. https://volaya.github.io/libro-sig

Olvera Ramírez, J., Sara Gutiérrez, C. A., Mancera Cedillo, M., Reséndiz López, H. D., & Chias Becerril, L. (2014). *Infraestructuras de Datos Espaciales y Normatividad Geográfica en México: una perspectiva actual*. Serie Textos universitarios. http://www.publicaciones.igg.unam.mx/index.php/ig/catalog/view/15/15/46-1

Prieto, G. (23 de diciembre de 2024). *¿Desde cuándo se sabe que la Tierra es redonda?* Geografía Infinita. https://www.geografiainfinita.com/2021/07/desde-cuando-se-sabe-que-la-tierra-es-redonda/

Rivera Berrío, J. G. (2019). *Percepción Visual*. Fondo Editorial Pascual Bravo. https://proyectodescartes.org/iCartesiLibri/PDF/Percepcion_Visual.pdf

SEP. (29 de enero de 2024). *Nueva Escuela Mexicana*. Gobierno de México. https://nuevaescuelamexicana.sep.gob.mx/detalle-recurso/20648/

SRE. (18 de diciembre de 2025). *Acerca de México*. Secretaria de Relaciones Exteriores del Gobierno de México. https://embamex.sre.gob.mx/eua/index.php/es/enterate/391-acerca-de-mexico

Tomlinson, R. (2007). *Pensando en el SIG*. ESRI Press.

UCM. (15 de diciembre de 2024). *Los planetas del sistema solar. La Tierra*. Universidad Complutense de Madrid. https://guaix.fis.ucm.es/~ncl/lucia_crespo/Latierra.html

UNAM. (26 de enero de 2024). *Lectura e interpretación de mapas*. UNAM. https://uapas2.bunam.unam.mx/sociales/lectura_interpretacion_mapas

UNIR. (14 de diciembre de 2024). *¿Qué es el geomarketing? Ventajas y ejemplos*. Universidad Internacional de La Rioja. https://www.unir.net/marketing-comunicacion/revista/geomarketing/#:~:text=El%20geomarketing%20se%20define%20como,trav%C3%A9s%20del%20cruce%20de%20datos.

UPM. (07 de septiembre de 2026). *Introducción a los Mapas Temáticos*. Universidad Politécnica de Madrid. https://oa.upm.es/82781/1/ModelCarto.pdf

USGS. (11 de diciembre de 2024). *What is a geographic information system (GIS)?* USGS. https://www.usgs.gov/faqs/what-geographic-information-system-gis

Valavanis, K. P. (21 de diciembre de 2024). *Advances in Unmanned Aerial Vehicles: State of the Art and the Road to Autonomy*. SpringerLink. https://link.springer.com/book/10.1007/978-1-4020-6114-1

Universidad de Guanajuato

Dra. Claudia Susana Gómez López
Rectora General

Dr. Salvador Hernández Castro
Secretario General

Dra. Diana del Consuelo Caldera González
Secretaria Académica

Dra. Graciela Ma. de la Luz Ruiz Aguilar
Secretaria de Gestión y Desarrollo

Dra. Elba Margarita Sánchez Rolón
Coordinadora General del Programa Editorial Universitario

Dr. Martín Picón Núñez
Rector del Campus Guanajuato

Los sistemas de información geográfica aplicados a la ingeniería. Teoría y práctica con ArcGIS Pro, terminó su tratamiento editorial digital en el mes de noviembre de 2026. En su composición se utilizó la fuente tipográfica Gandhi Serif de 8.5, 12, 17 y 24 puntos. El cuidado de la edición estuvo a cargo de la Editorial Transdigital.