

# Big Data GIS (GeoAnalytics) y Análisis Espacial

Documentación oficial Esri España

---

PARTE - 1

# ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN AL ANÁLISIS ESPACIAL</b>	<b>9</b>
Problemas comunes de análisis	10
Tipos de análisis espaciales	11
Flujo de trabajo del análisis espacial	12
<b>2. PLANIFICAR Y PREPARAR EL ANÁLISIS</b>	<b>14</b>
Propiedades del dato	14
Consideraciones de los datos ráster	14
Configuraciones del entorno	15
<b>EJERCICIO 2A: PREPARAR LOS DATOS PARA EL ANÁLISIS.</b>	<b>17</b>
Paso 1: Abrir un proyecto de ArcGIS Pro	17
Paso 2: Cambiar el sistema de coordenadas de una clase de entidad	18
Paso 3: Crear una clase de entidad desde coordenadas x,y (tabla)	20
Paso 4: Mejorar los datos combinando tablas	22
Paso 5: Importe un archivo de mapa para un área de estudio diferente	23
Paso 6: Extraer entidades utilizando la herramienta Clip	24
Paso 7: Extraer datos ráster usando una máscara	26
<b>3. ANÁLISIS DE PROXIMIDAD</b>	<b>29</b>
Elegir la mejor distancia	29
Salidas del análisis de proximidad	30
La Caja de Herramientas de Análisis espacial	32
<b>EJERCICIO 3: ANÁLISIS DE PROXIMIDAD</b>	<b>34</b>
Paso 1: Preparar el proyecto	34
Paso 2: Seleccionar entidades basadas en la distancia	34
Paso 3: Crear zonas de proximidad	37
Paso 4: Determinar la tienda más cercana a cada cliente.	39
Paso 5: Agregar y calcular campos	41
Paso 6: Crear vínculos de origen-destino	42
Paso 7: Crear polígonos de tiempo de conducción	44
Paso 8: Crear una superficie de distancia	48
<b>4. ANÁLISIS DE SUPERPOSICIÓN</b>	<b>50</b>
Cómo funciona la superposición	50

Herramientas de superposición	52
<b>EJERCICIO 4: REALIZAR ANÁLISIS DE SUPERPOSICIÓN</b>	<b>54</b>
Paso 1: Realizar selecciones por localización	54
Paso 2: Superponer los clientes con respecto a áreas de servicio obtenidas	56
Paso 3: Superponer los clientes y las áreas de tiempo de conducción	59
Paso 4: Eliminar clientes a menos de 15 minutos de una tienda	60
Paso 5: Sumatorio de la longitud de los arroyos de una cuenca	61
Paso 6: Calcular el área total para cada tipo de suelo	64
<b>5. ANÁLISIS DE SUPERFICIES</b>	<b>65</b>
Primera ley de la geografía de Tobler	65
¿Qué es la Extensión ArcGIS Spatial Analyst?	66
Aplicaciones	66
Interpolando Superficies	71
<b>EJERCICIO 5.1: INTERPOLAR SUPERFICIES A PARTIR DE DATOS PUNTUALES</b>	<b>81</b>
Paso 1: Abrir un mapa y hacer conexión a carpeta	81
Paso 2: Ajustar el entorno de análisis	82
Paso 3: Interpoliar usando el método IDW	83
Paso 4: Interpoliar utilizando el método Spline	85
Paso 5: Interpoliar utilizando el método de Vecinos Naturales	88
Paso 6: Evalúe los resultados de la interpolación	90
<b>EJERCICIO 5.2: INTERPOLAR UNA SUPERFICIE Y ESPECIFICAR UNA BARRERA</b>	<b>94</b>
Paso 1: Abra un documento de mapa	94
Paso 2: Utilice IDW sin barreras	94
Paso 3: Utilice IDW con barreras	95
Paso 4: Compare superficies interpoladas	97
Paso 5: Generar un paquete de proyecto	97
<b>6. CALCULANDO DENSIDAD</b>	<b>99</b>
Comprender el análisis de densidad	99
<b>EJERCICIO 5.3: CALCULANDO DENSIDAD</b>	<b>104</b>
Paso 1: Importe un nuevo mapa	104
Paso 2: Cálculo de Densidad de línea	104

Paso 3: Cálculo de Densidad de punto	106
Paso 4: Cálculo de la densidad Kernel	109
<b>7. ANÁLISIS DE SUPERFICIES</b>	<b>112</b>
Vista general del conjunto de herramientas Superficie	112
<b>EJERCICIO 5.4: CREAR UN SOMBREADO DE ELEVACIONES</b>	<b>116</b>
Paso 1: Abrir un documento de mapa	116
Paso 2: Crear un sombreado de elevación estándar	116
Paso 3: Crear un mapa en relieve sombreado con una elevación sombreada	119
Paso 4: Crear un mapa de relieve suavizado	120
<b>EJERCICIO 5.5: CALCULAR PENDIENTE Y ORIENTACIÓN</b>	<b>125</b>
Paso 1: Abrir un documento de mapa	125
Paso 2: Calcular pendientes como porcentaje	125
Paso 3: Calcular pendiente en grados	127
Paso 4: Reclasificar pendientes en las zonas	128
Paso 5: Calcular orientación	129
<b>EJERCICIO 5.6: CALCULAR VISIBILIDAD Y CUENCA VISUAL</b>	<b>131</b>
Paso 1: Abrir un documento de mapa	131
Paso 2: Examinar una tabla de atributos	131
Paso 3: Calcular cuencas visuales	133
Paso 4: Hacer un mapa de sitios potenciales para una torre de retransmisión	134
Paso 5: Determinar la exposición visual de instalaciones de parques	136
Paso 6: Extraer lugares de superficie ráster visible desde solamente un punto de observación	137
<b>8. ÁLGEBRA DE MAPAS</b>	<b>140</b>
Calculadora ráster	140
<b>9. ANÁLISIS DE IDONEIDAD</b>	<b>143</b>
Flujo de trabajo de modelado de idoneidad	143
Evaluación de criterios de análisis	145
Elegir superposición vectorial o ráster	145
Derivar superficies de otras fuentes	146

<b>10. FUNCIONES DE RÁSTER Y HERRAMIENTAS DE GEOPROCESAMIENTO</b>	<b>148</b>
Funciones de ráster	148
Herramientas de geoprocesamiento	148
<b>11. NIVELES DE MEDIDA</b>	<b>149</b>
<b>12. TRANSFORMACIÓN DE VALORES A UNA ESCALA COMÚN</b>	<b>151</b>
Reclasificar	151
Reescalar por función	151
Uso de reescalar por función	152
<b>13. TIPOS DE SUPERPOSICIÓN RÁSTER</b>	<b>153</b>
Binario	153
Ponderado	153
Superposición difusa	153
<b>EJERCICIO 6.1 HERRAMIENTAS DE SUPERPOSICIÓN RASTER</b>	<b>155</b>
Paso 1: Preparar un proyecto	155
Paso 2: Crear una capa de orientaciones	155
Paso 3: Ejecutar superposición binaria	156
Paso 4: Inspeccionar un modelo	158
Paso 5: Ejecutar el modelo	159
<b>14. MODELADOR DE IDONEIDAD</b>	<b>160</b>
<b>15. LOCALIZACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS</b>	<b>161</b>
Localización de regiones	161
<b>EJERCICIO 6.2 REALIZAR UN ANÁLISIS DE IDENEIDAD</b>	<b>162</b>
Paso 1: Preparar un proyecto y establecer entornos	162
Paso 2: Crear superficies a partir de fuentes vectoriales	163
Paso 3: Derivar una superficie de pendiente	164
Paso 4: Crear un nuevo análisis de idoneidad	165
Paso 5: Reclasificar la capa de uso de la tierra	167
Paso 6: Transformar las superficies derivadas	169
Paso 7: Ver resultados	171
Paso 8: Crear regiones	173

<b>16. ESTADÍSTICA ESPACIAL</b>	<b>175</b>
Tipos de estadística espacial	177
Herramientas de Estadística Espacial	179
<b>EJERCICIO 7.1: ESTADÍSTICA ESPACIAL PARA LA EXPLORACIÓN DE DATOS</b>	<b>185</b>
Paso 1: Preparación de ArcGIS Pro	185
Paso 2: Ubicar tendencias direccionales en los datos	186
Paso 3: Ejecutar el Promedio del vecino más cercano	188
Paso 4: Ejecute la herramienta Autocorrelación espacial.	189
Paso 5: Ejecutar Análisis de puntos calientes.	191
Paso 6: Ejecutar Análisis de puntos calientes optimizados y Kernel	193
<b>EJERCICIO 7.2: REALIZAR CLÚSTERES Y ANÁLISIS DE VALORES ATÍPICOS</b>	<b>195</b>
Paso 1: Realizar un clustering basado en densidad	195
Paso 2: Realizar un análisis optimizado de puntos calientes.	198
Paso 3: Realizar un análisis optimizado de valores atípicos	201
<b>17. ANÁLISIS ESPACIO-TEMPORAL</b>	<b>204</b>
Análisis temporal	204
<b>EJERCICIO 8.1: EXPLORAR LOS DATOS</b>	<b>206</b>
Paso 1 Usar un gráfico para explorar los datos	206
Paso 2 Explora los datos usando gráficos	208
<b>18. ANÁLISIS ESPACIO-TEMPORAL</b>	<b>211</b>
Instantáneas de tiempo (Time snapshots)	211
Patrones espacio-temporales	211
Crear un cubo de espacio-tiempo	212
<b>19. ANÁLISIS DE PUNTOS CALIENTES EMERGENTES</b>	<b>214</b>
<b>20. FLUJO DE TRABAJO DE ANÁLISIS DE PUNTOS CALIENTES EMERGENTES</b>	<b>216</b>
<b>EJERCICIO 8.2: EXPLORAR PATRONES ESPACIOTEMPORALES</b>	<b>217</b>
Paso 1: Crear un cubo de espacio-tiempo	217

Paso 2: Ejecutar la herramienta Análisis de puntos emergentes	218
Paso 3: Visualiza un cubo de espacio-tiempo en 3D	220

## **21. ANÁLISIS DE REGRESIÓN 224**

¿Qué es regresión?	225
Beneficios de la regresión	225
Ecuación de regresión	226
Regresión OLS	228
Las seis comprobaciones OLS	230
Regresión exploratoria	232

### **EJERCICIO 9.1: ENCUENTRE UN MODELO DE REGRESIÓN CORRECTAMENTE ESPECIFICADO 234**

Paso 1 Configurar ArcGIS Pro	234
Paso 2 Realizar análisis de datos exploratorios	234
Paso 3: Use la herramienta de regresión lineal generalizada para probar factores de gasto más altos	236
Paso 4: evaluar la salida espacial de la herramienta GLR	237
Paso 5: Cree una matriz de diagrama de dispersión	239
Paso 6: Ejecute la herramienta GLR en múltiples variables dependientes	242
Paso 7: realizar comprobaciones OLS	242

## **22. ANÁLISIS DE REGRESIÓN PONDERADA GEOGRÁFICAMENTE 247**

Cómo cambian las relaciones en el espacio	247
Características de la GWR	247
Cuándo usar GWR	248

### **EJERCICIO 10: APLICAR LA REGRESIÓN PONDERADA GEOGRÁFICAMENTE GWR 251**

Paso 1: Ejecute GWR utilizando un modelo OLS especificado correctamente	251
Paso 2: Mapee los coeficientes para ver la variación en el espacio	252
Paso 3: Predecir usando GWR	254

## **23. INTERPOLACIÓN GEOESTADÍSTICA 257**

Interpolación Determinística	257
Interpolación geoestadística	258
Kriging	259
Flujo de trabajo geoestadístico	260

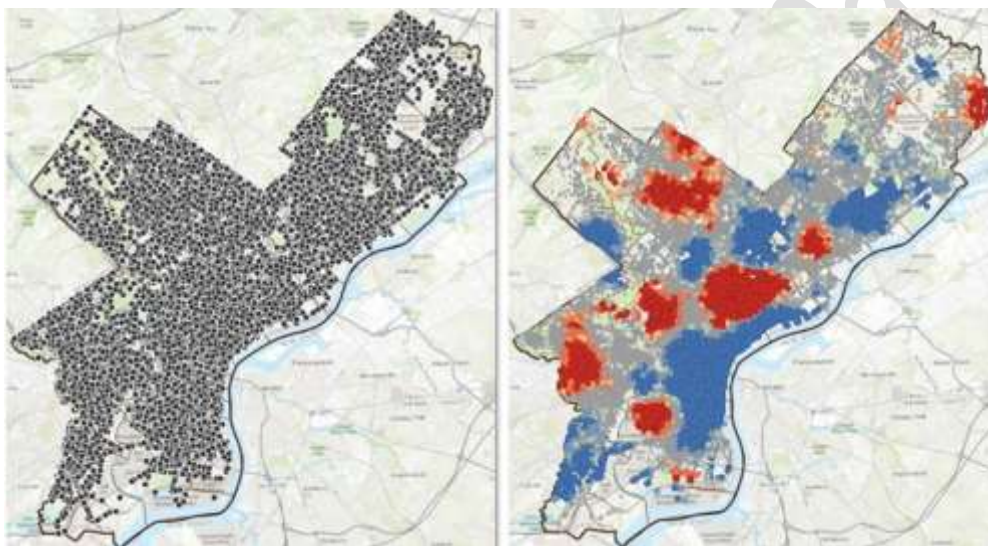
<b>EJERCICIO 11: UTILICE EL ASISTENTE DE GEOESTADÍSTICA PARA REALIZAR UNA INTERPOLACIÓN KRIGING</b>	<b>262</b>
Paso 1: Configurar el proyecto de ArcGIS Pro	262
Paso 2: Explorar la distribución de datos	262
Paso 3: Realice kriging con el Asistente de geoestadística	265
Paso 4: evaluar el valor previsto y el error	268
<b>24. KRIGING BAYESIANO EMPÍRICO (EBK)</b>	<b>269</b>
<b>25. ANÁLISIS 3D</b>	<b>270</b>
Cuándo usar el análisis 3D	270
Herramientas 3D	270
<b>EJERCICIO 12: REALIZAR ANÁLISIS 3D</b>	<b>274</b>
Paso 1: Configurar el proyecto de ArcGIS Pro	274
Paso 2: Crear líneas de visión	275
Paso 3: Realizar análisis de línea de visión	276
Paso 4: Cree un búfer 3D	278
Paso 5: Intersección de entidades 3D	279

## 1. Introducción al Análisis espacial

Al observar un mapa, piense en las entidades y relaciones que ve. Si el mapa ilustra los hábitats de la vida silvestre, puede concluir que algunos animales eligieron áreas particulares como la cubierta forestal o la proximidad al agua. Si el mapa ilustra las áreas de riesgo de incendio, puede concluir que el riesgo de incendio proviene de un determinado tipo de vegetación, la falta de lluvia, la exposición al viento o una combinación de todas ellas. Basándose en lo que ve en un mapa, puede sacar conclusiones reflejadas en los datos espaciales del mismo.

Pero a veces los elementos visuales del mapa no son suficientes para que se entienda lo que está ocurriendo o por qué.

**¿Puede hacer alguna suposición basada en los siguientes lugares donde se ha producido un crimen?**



*Los puntos de la izquierda muestran dónde se han producido crímenes. Los resultados del análisis espacial, a la derecha, muestran puntos calientes y fríos de dichos incidentes.*

Cuando no puede confiar únicamente en los elementos visuales de un mapa para responder preguntas, entra en juego el análisis espacial.

El análisis espacial es el proceso de examinar localizaciones, atributos y relaciones entre entidades en los datos espaciales, mediante la superposición u otras técnicas analíticas, con el objetivo de abordar una cuestión o ganar un conocimiento que sea útil.

El análisis espacial extrae y crea nueva información a partir de datos espaciales.



*El análisis espacial facilita información en la toma de decisiones.*

## Problemas comunes de análisis

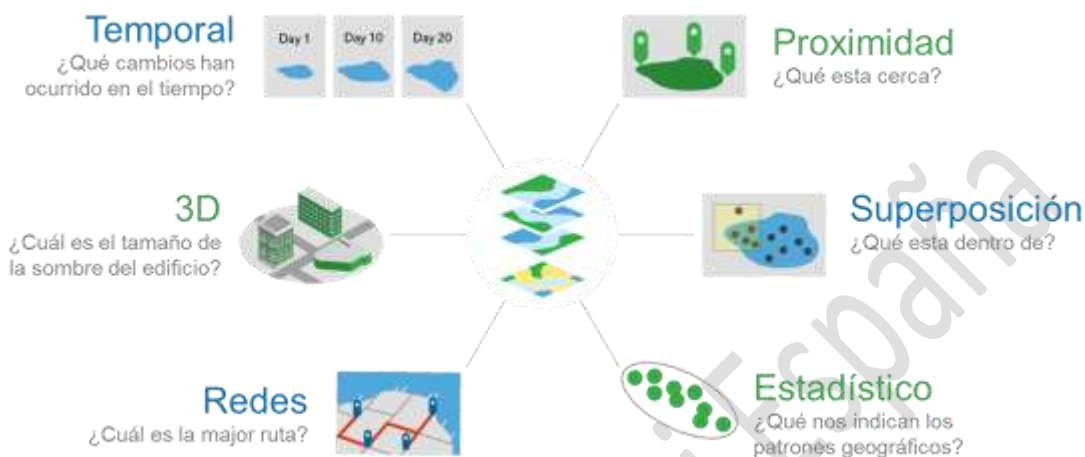
Probablemente haya realizado algún tipo de análisis no espacial antes. Al agregar un elemento geográfico a las preguntas y decisiones posteriores, el análisis se hace más complejo mediante la adición de estas propiedades espaciales, como la distancia y la dirección. Las propiedades espaciales tienen un efecto significativo en los métodos analíticos que se utilizan para resolver un problema determinado.

Para ayudar a clasificar las propiedades espaciales, los problemas analíticos se clasifican en seis grupos. Cada grupo refleja un conjunto de preguntas relacionadas, descritas en la siguiente tabla:

Problema de análisis	Descripción
<b>Entender dónde</b>	En el nivel más rudimentario, nos perderíamos si no sabemos dónde estamos o qué hay a nuestro alrededor. "¿Dónde?" es la primera pregunta en el análisis espacial.
<b>Medir el tamaño, la forma y la distribución.</b>	Es posible que desee describir un objeto en términos de su geometría, como el área, el perímetro o la longitud. También es posible que desee describir la distribución de varios objetos.
<b>Determinar cómo se relacionan los lugares.</b>	Es posible que deba describir y cuantificar las relaciones entre las entidades para determinar qué está cerca, qué hay dentro o cómo algo se superpone en el espacio y el tiempo.
<b>Encuentra las mejores ubicaciones y caminos.</b>	Es posible que deba encontrar la mejor ruta para viajar, o la mejor ubicación para construir un nuevo escaparate o estación.
<b>Detectar y cuantificar patrones.</b>	Es posible que deba encontrar patrones en los datos, como puntos calientes o valores atípicos. También es posible que deba determinar cómo cambian esos patrones con el tiempo.
<b>Hacer predicciones.</b>	Es posible que deba determinar cómo pueden aparecer las cosas en el futuro o cómo se propagará el crimen o el peligro de incendio.

## Tipos de análisis espaciales

Cada tipo de análisis es diferente, pero la mayoría de las aplicaciones GIS del mundo real pueden llegar a usar varios tipos a la vez para resolver problemas espaciales.



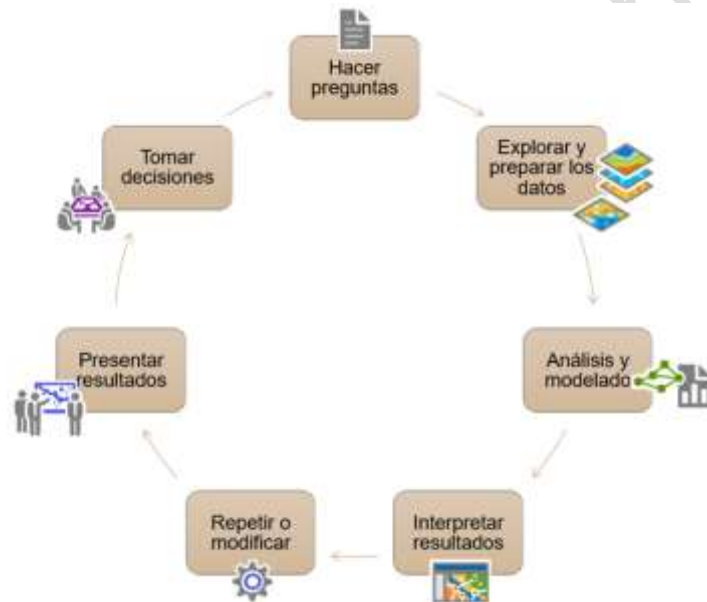
*Hay seis tipos de análisis espacial*

Tipo de Análisis	Descripción
<b>Proximidad</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Examina relaciones espaciales relativas entre fenómenos.</li> <li>Determina qué entidades están próximas a otras, la distancia exacta entre las mismas o qué entidades se encuentran a cierta distancia de otras.</li> </ul>
<b>Superposición</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Examina las interacciones entre los fenómenos espaciales.</li> <li>Las herramientas de superposición GIS combinan entidades y atributos de múltiples capas para crear nueva información.</li> </ul>
<b>Redes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Determina soluciones para problemas de enrutamiento complejos para ayudar a ubicar la ruta mejor y más rentable para la entrega de recursos.</li> </ul>
<b>Estadístico</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Identifica patrones o relaciones en los datos para extraer información adicional que puede no ser obvia desde los mapas.</li> <li>Predice valores de datos en ubicaciones desconocidas o relaciones de modelos entre variables de datos.</li> </ul>
<b>3D</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Permite a los usuarios SIG ver y analizar datos para resolver preguntas de análisis más complejas.</li> </ul>
<b>Temporal</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aclara patrones en tipos específicos de datos (como datos de incidentes).</li> <li>Vea cómo cambian los datos o patrones con el tiempo.</li> </ul>

Los geógrafos utilizan cada vez más el aprendizaje automático (machine learning) para responder preguntas estadísticas, especialmente cuando trabajan con grandes conjuntos de datos o conjuntos de datos con muchas variables. Las tareas como el análisis de regresión y la identificación de grupos se pueden realizar mediante el aprendizaje automático. Sin embargo, el aprendizaje automático debe verse como una herramienta más en el conjunto de herramientas de un analista, no como un reemplazo de los métodos geoestadísticos tradicionales.

## Flujo de trabajo del análisis espacial

El flujo de trabajo del análisis espacial proporciona un marco de trabajo que permite planificar, organizar, ejecutar y compartir un determinado proyecto. En ocasiones es posible que los resultados obtenidos de un primer análisis necesiten ser detallados mediante la realización de nuevas operaciones específicas para resolver completamente el problema planteado.



*El flujo de trabajo de análisis espacial contiene pasos estándar que puede aplicar a cualquier análisis.*

Paso	Descripción
<b>Preguntas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Determinar las preguntas y los criterios, que determinan los datos.</li> </ul>
<b>Explorar y preparar datos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Elegir datos basados en criterios.</li> <li>Revisar datos para las propiedades adecuadas para el análisis (por ejemplo, vector o ráster).</li> <li>Preparar datos según sea necesario (por ejemplo, modificar referencia espacial, editar entidades)</li> </ul>
<b>Analizar y modelar</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Elegir los métodos y herramientas adecuados y ejecutar.</li> </ul>

Paso	Descripción
<b>Interpretar resultados</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ver e interpretar resultados para identificar defectos o errores en el proceso.</li> </ul>
<b>Repetir o modificar</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Refinar los parámetros de análisis y ejecutar herramientas de nuevo.</li> </ul>
<b>Presentar resultados</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mostrar y discutir resultados con las partes interesadas.</li> <li>• Crear mapas, herramientas y procesos para compartir.</li> </ul>
<b>Tomar decisiones</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilizar los resultados del análisis para responder a la pregunta inicial y tomar decisiones.</li> </ul>

Copyright @ Esri España

## 2. Planificar y preparar el análisis

### Propiedades del dato

Prepararse para realizar el análisis implica criterios que son útiles para responder a sus preguntas de análisis. Estos criterios incluyen propiedades de metadatos, que hacen que sus datos sean más fáciles de usar y más efectivos. Ahora analizará varias propiedades de metadatos útiles y aprenderá cómo puede mejorar sus datos.

### Consideraciones de los datos ráster

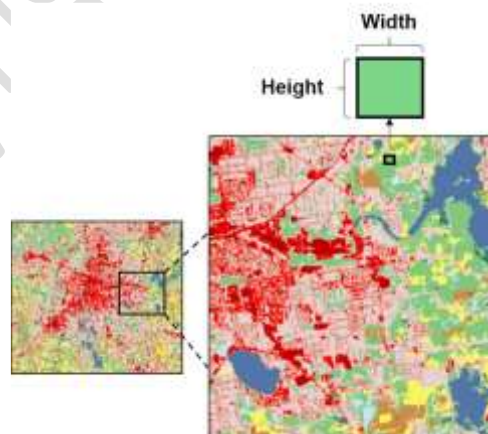
Cuando realizas análisis con datos ráster, hay algunas consideraciones específicas que no tienen los datos vectoriales.

#### **Tamaño de celda ráster**

El tamaño de celda se refiere a las dimensiones de tierra de una sola celda en un ráster, medido en unidades de mapa. El tamaño de celda a menudo se utiliza como sinónimo de tamaño o resolución de píxeles.

El tamaño de la celda incluye las siguientes consideraciones:

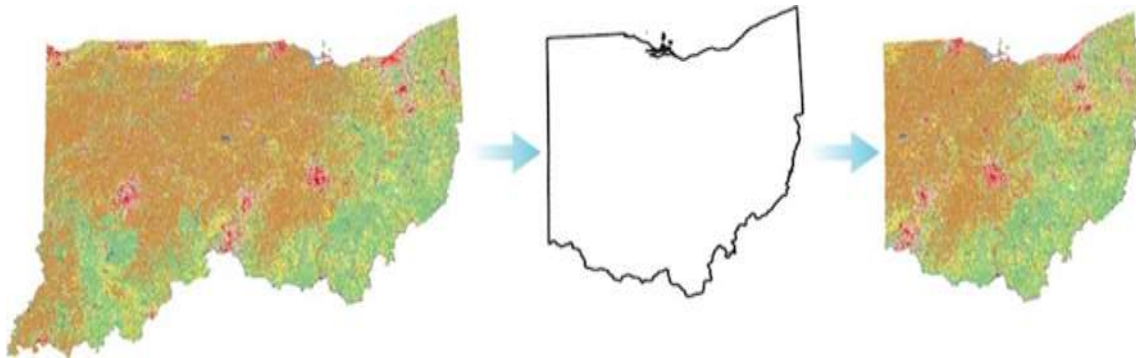
- Se determina en el punto de captura de datos según la escala y el dispositivo. Cuanto mayor sea el tamaño de celda, menos detalles o resolución; cuanto menor sea el tamaño de la celda, más detalles o resolución.
- A menudo es un parámetro en muchas herramientas de análisis espacial, y debe determinar el mejor tamaño de celda para sus datos y análisis.
- Es una dimensión de una celda cuadrada.
- Con rásteres de resoluciones variables, los resultados de su análisis son tan buenos como el conjunto de datos de resolución más baja.



*Cada ráster tiene un tamaño de celda específico. El tamaño de celda a menudo se usa como sinónimo de tamaño de píxel o resolución.*

## Enfocando su análisis (utilizando una máscara)

Una máscara es un área utilizada para limitar las celdas en las que se realiza el análisis, lo que reduce el desorden de mapas, el tiempo de procesamiento y otros recursos. Puede establecer un dataset ráster o vectorial como una máscara en la configuración del entorno antes de realizar el análisis. Una máscara es diferente de la extensión. La extensión es el rectángulo delimitador mínimo (xMin, yMin y xMax, yMax) definido por pares de coordenadas de una fuente de datos; todas las coordenadas para la fuente de datos caen dentro de este límite. La máscara puede representar una característica en una clase de entidad.



*Las máscaras reducen el desorden, reducen el tiempo de procesamiento y enfocan su análisis.*

## Otras consideraciones importantes en el trabajo con ráster

- **NoData:** la mayoría de las celdas contienen valores, ya sean valores enteros o de punto flotante (decimal). Las celdas que no tienen un valor registrado se etiquetan como NoData. NoData no equivale a un valor cero.
  - NoData es la ausencia de un valor registrado.
  - En geoprocesamiento, NoData es similar a un valor de atributo nulo.

**Nota:** Si los rásteres para su análisis contienen valores NoData, puede configurar ArcGIS Pro para que ignore esos valores o para estimar nuevos valores para ellos.

- **Extensión:** el rectángulo delimitador mínimo que define un área de análisis. La extensión podría ser otra capa o la extensión actual del mapa.
- **Remuestreo:** el proceso de interpolación de nuevos valores de celda al transformar rásteres en un nuevo espacio de coordenadas o tamaño de celda.

Puede trabajar con todas las consideraciones de datos ráster mencionadas aquí como configuraciones de entorno de geoprocesamiento.

## Configuraciones del entorno

### ¿Qué son las configuraciones del entorno y por qué las debe usar?

Las configuraciones de entorno son configuraciones de fondo que afectan directamente a las salidas de herramientas. La configuración del entorno ayuda a garantizar resultados de análisis coherentes.

## Jerarquía de configuración de entorno

Puede establecer la configuración del entorno en varias ubicaciones. El lugar donde establezca un entorno es importante porque su elección afecta la estructura jerárquica que controla cómo se ejecutan las herramientas. Si establece un entorno a nivel de aplicación, se aplica a todas las herramientas. Si establece un entorno en la herramienta, el modelo o el proceso del modelo, esas opciones anulan la configuración a nivel de la aplicación. Si ejecuta el modelo desde ModelBuilder, el entorno de la aplicación se utiliza. Si ejecuta el modelo utilizando su cuadro de diálogo de herramienta, el entorno de la herramienta se utiliza.



*Jerarquía de configuración del entorno.*

## Ejercicio 2A: Preparar los datos para el análisis.

Cuando haya identificado su pregunta y criterios de análisis, debe tener una buena idea de los datos requeridos. El segundo paso del flujo de trabajo de análisis es explorar los datos que tiene y, si es necesario, cambiar o adquirir nuevos datos para reemplazar o complementar los datos existentes.

En este ejercicio, trabajará con dos archivos de mapas diferentes, Boston y Ohio. Para cada mapa, preparará los datos para completar un análisis en lecciones posteriores.

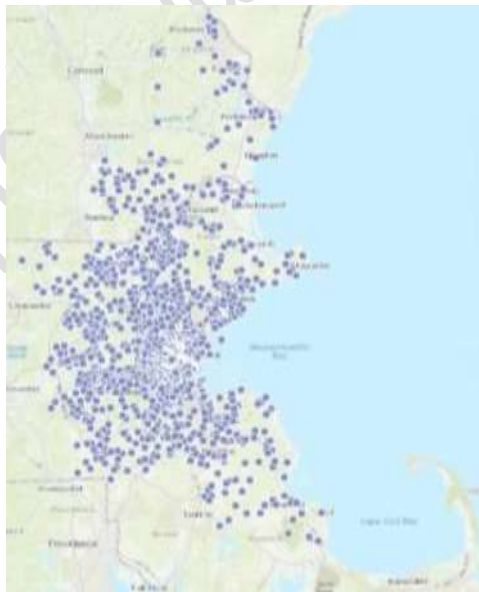
En este ejercicio, realizará las siguientes tareas:

- Cambiar el sistema de coordenadas de un conjunto de datos.
- Mostrar datos XY de una tabla de datos.
- Unir atributos.
- Extraer entidades y celdas de ráster.

### Paso 1: Abrir un proyecto de ArcGIS Pro

Abrirá un nuevo proyecto y lo podrá usar, si lo desea, para los ejercicios del curso.

- Inicie ArcGIS Pro. Elija Abrir un proyecto existente
- Haga clic en Examinar. Busque ... \SNAP\SNAPCourse\SNAPCourse.aprx
- Si es necesario, cierre la vista de catálogo



El mapa en el proyecto muestra las ubicaciones de los clientes en el área de Boston, Massachusetts. Utilizará las ubicaciones de los clientes para varios análisis diferentes en el curso.

- En el panel Catálogo/ Catalog, expanda Carpetas/ Folders y luego expanda SNAP para ver la estructura de la carpeta del curso.

Los datos del curso se almacenan en varias carpetas y geodatabases, pero creará salidas en la geodatabase del proyecto. De forma predeterminada, el espacio de trabajo de salida ya está configurado en la geodatabase del proyecto.

Compruebe la configuración del entorno del espacio de trabajo predeterminado.

- Vaya a la pestaña Análisis/ Analysis, haga clic en Entornos/ Environments.



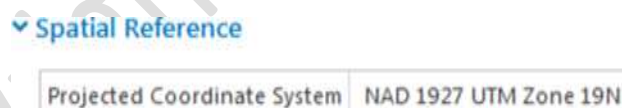
Todos los resultados de geoprocésamiento se almacenarán en la geodatabase de SNAPCourse.

**Nota:** El espacio de trabajo temporal se diferencia del espacio de trabajo actual en que está diseñado para datos de salida que no desea mantener. El objetivo principal del espacio de trabajo temporal es utilizarlo en los scripts de ModelBuilder y Python.

## Paso 2: Cambiar el sistema de coordenadas de una clase de entidad

A continuación, verificará el sistema de coordenadas de la capa Customers (Clientes).

- En el panel Contenido/ Content, haga clic con el botón derecho en Customers y elija Propiedades/ Properties.
- Haz clic en la pestaña Origen.
- Desplácese hacia abajo y expanda Referencia espacial / Spatial reference.



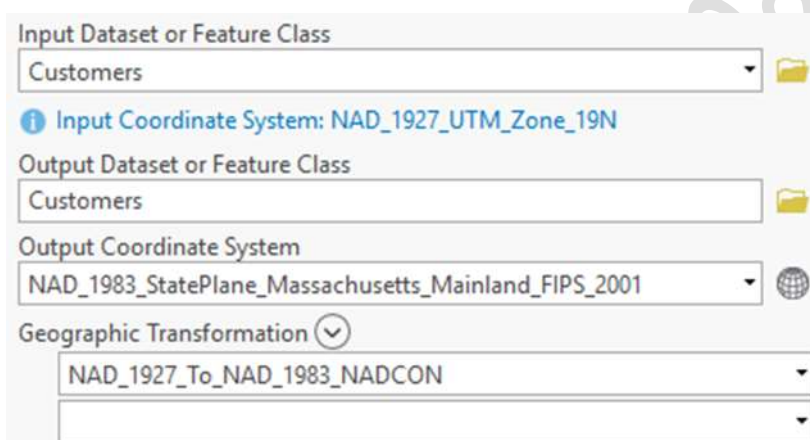
La capa Customers se almacena en NAD 1927 UTM Zone 19N. Su organización ha estandarizado un sistema de coordenadas de NAD 1983 StatePlane FIPS 2001. Para el análisis, es mejor almacenar todos los datos en el mismo sistema de coordenadas para garantizar resultados consistentes.

- Haga clic en Ok.

A continuación, encontrará la herramienta Project/ Proyectar para re-proyectar datos. Todas las herramientas de geoprocésamiento con licencia están disponibles en el panel de geoprocésamiento. Algunas herramientas de uso común se encuentran en la Galería de análisis.

- Ubique la herramienta Proyectar/Project: desde la pestaña Análisis/ Analysis, haz clic en Herramientas/ Tools.
- En el campo de búsqueda, busque Project.

- Haga clic en Project (Herramientas de administración de datos/ Data Management Tools) para abrir la herramienta.
- Ejecute la herramienta Project con los siguientes parámetros:
  - Dataset de entrada o dataset de entrada / Input Dataset or Feature Class: **Customers**.
  - Dataset o clase de entidad de salida / Output Dataset or Feature Class: **Customers83**.
  - Sistema de coordenadas de salida / Output Coordinate System: haga clic en el globo/globe > Sistema de coordenadas proyectadas / Projected Coordinate System > Planas Estatales / State Plane > NAD 1983 (Metros) > **NAD 1983 StatePlane Massachusetts FIPS 2001 (Metros)**.
  - Transformación geográfica / Geographic Transformation: use la configuración predeterminada.



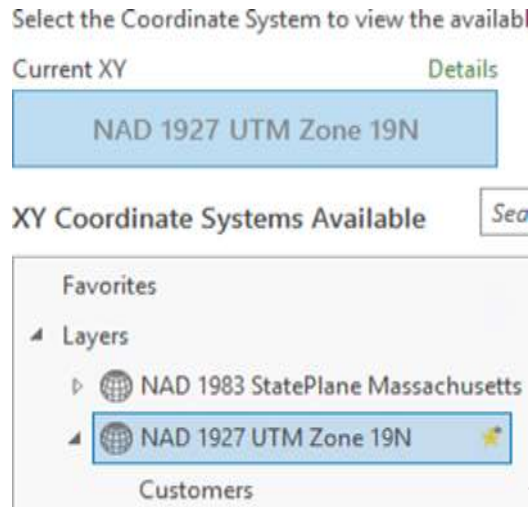
- Haga clic en Ejecutar.
- En el panel Contenido/ Content, haga doble clic en Customers83 (el que está en la parte superior) para abrir sus propiedades/ properties.
- Haga clic en la pestaña Origen / Source y vea la información de Referencia espacial/ Spatial Reference.

Projected Coordinate System	NAD 1983 StatePlane Massachusetts
Projection	Lambert Conformal Conic
WKID	26986
Authority	EPSG
Linear Unit	Meter (1.0)

La información actualizada del sistema de coordenadas indica que sus datos están en el sistema de coordenadas correcto para el análisis. El sistema de coordenadas del mapa aún está configurado en NAD 1927, por lo que cambiará ese.

- Cierre el cuadro de diálogo Propiedades de capa/ Layer Properties.
- Establecer el sistema de coordenadas para el mapa:

- En el panel Contenido/ Content, haga clic con el botón derecho en Boston y seleccione Propiedades/ Properties.
- Haga clic en la pestaña Sistemas de coordenadas/ Coordinate System.



Hay dos capas en el mapa que tienen sistemas de coordenadas proyectadas de la capa original. Seleccionará la capa NAD 1983 para establecer como el sistema de coordenadas para este mapa.

- En Capas/ Layers, seleccione NAD 1983 StatePlane Massachusetts FIPS 2001 (Meters).



- Haga clic en Ok.
- En el panel Contenido/ Content, haga clic con el botón derecho en la segunda capa Customers (la de NAD27) y elija Quitar/ Remove.
- Guarde el proyecto.

### Paso 3: Crear una clase de entidad desde coordenadas x,y (tabla)

Tiene una tabla no espacial que contiene las coordenadas XY de varias tiendas en la zona de estudio. Como desea utilizar las ubicaciones de las tiendas en el futuro análisis de proximidad con las ubicaciones de los clientes, las mostrará como puntos.

Utilizará una herramienta llamada De tabla XY a punto/ XY Table to Point para crear una clase de entidad a partir de las coordenadas.

- En el panel Contenido/ Content, haga clic derecho en Stores y elija Abrir/ Open.

X_CoordinateStore	Y_CoordinateStore
260646.359262	849426.718898
250355.862553	930693.41383
234848.780217	947347.501297
208604.802373	868336.315006
210536.458501	906299.556149
233178.484555	1002825.128011
232735.393551	899445.669823
203411.620062	929203.037232
252774.873788	879401.332402

Usará las coordenadas x e y para crear las tiendas espacialmente.

- Cierra la tabla.
- Desde el panel de Análisis/ Analysis, haga clic en Herramientas/ Tools.
- En el panel de Geoprocesamiento/ Geoprocessing, busque XY.
- Seleccione De tabla XY a punto/ XY Table To Point y ejecute la herramienta con los siguientes parámetros:
  - Tabla de entrada/ input table: Stores
  - Entidad de salida/ Output Feature Class: BostonStores
  - Campo X/ X Field: X\_CoordinateStore
  - Campo Y/ Y Field: Y\_CoordinateStore
  - Sistema de coordenadas/ Coordinate System: Seleccione el mapa actual [Boston] en la lista desplegable.

**Nota:** El sistema de coordenadas debería actualizarse a: NAD\_1983\_StatePlane\_Massachusetts\_Mainland\_FIPS\_2001.

- Haga clic en Ejecutar
- En el panel Contenido/ Content, haga clic en el símbolo para BostonStores y asígnele la simbología Cuadrado 1 / Square 1.



Las tiendas ahora son parte de su geodatabase como una clase de entidad.

- Cierre el panel de Simbología/ Symbology.
- En el panel de Contenido/ Content, haga clic con el botón derecho en BostonStores y seleccione Tabla de atributos.

OBJECTID	Shape	STORE_NUM	X_CoordinateStore	Y_CoordinateStore	Latitude	Longitude
----------	-------	-----------	-------------------	-------------------	----------	-----------

BostonStores contiene los mismos atributos que la tabla original de Stores. Sin embargo, sería interesante disponer de algunos atributos que no están presentes, como el nombre y la dirección.

- En el panel de Contenido/ Content, abra StoresTable.

OBJECTID	CONAME	ADDR	CITY16	STATE	ZIP	STORE_NUM	NUMBER_EMP
1	FITNESSLAND-SOUTH	187 SUMMER ST # 5	KINGSTON	MA	02364	1	38
2	FITNESSLAND-ASBU...	307 LOWELL ST	ANDOVER	MA	01810	2	40
3	FITNESSLAND-HAVE...	2 WATER ST # 5	HAVERHILL	MA	01830	3	34
4	FITNESSLAND-FRAN...	750 UNION ST	FRANKLIN	MA	02038	4	65

## Paso 4: Mejorar los datos combinando tablas

Desea incluir todos los atributos de tienda en la capa BostonStores, por lo que realizará una combinación de tabla. Utilizará el campo común, STORE\_NUM, para unir atributos de una tabla a otra.

- En el panel de Contenido/ Content, haga clic con el botón derecho en BostonStores, seleccione Uniones y relaciones/ Joins and Relates y elija Agregar unión/ Add join.
- Ejecute la herramienta Agregar unión / Add join con los siguientes parámetros:
  - Tabla de entrada / Layer Name or Table View: BostonStores
  - Campo de unión de entrada / Input Join Field: STORE\_NUM
  - Tabla de unión / Join Table: StoresTable
  - Campo Tabla a unir / Output Join Field: STORE\_NUM
- Haga clic en Aceptar /Ok.

STORE_NUM	X_CoordinateStore	Y_CoordinateStore	Latitude	Longitude	OBJECTID	CONAME	ADDR	CITY16	STATE	ZIP
1	260646.359262	849426.718898	41.892838	-70.769205	1	FITNESSLAND-SOUTH	187 SUMMER ST # 5	KINGSTON	MA	02364
2	250355.862553	930693.41383	42.625183	-70.886155	2	FITNESSLAND-ASBU...	307 LOWELL ST	ANDOVER	MA	01810
3	234848.780217	947347.501297	42.77595	-71.074171	3	FITNESSLAND-HAVE...	2 WATER ST # 5	HAVERHILL	MA	01830
4	208604.802373	868336.315006	42.06538	-71.396031	4	FITNESSLAND-FRAN...	750 UNION ST	FRANKLIN	MA	02038

Los atributos de StoresTable se agregan a BostonStores. Las uniones se almacenan dentro del proyecto, pero también se puede exportar la capa en la que se basa la unión en la geodatabase. Conservará la unión como una unión virtual para su análisis, de modo que pueda realizar las mismas tareas sin crear otra clase de entidad.

- Cierre ambas tablas.
- Cierre el mapa de Boston, y guarde el proyecto.

## Paso 5: Importe un archivo de mapa para un área de estudio diferente

A continuación, importará un archivo de mapa que contiene capas para un análisis que realizará más adelante. Los archivos de mapas contienen la definición de mapas que ha creado, que otros pueden importar en sus proyectos

- Importar archivo de mapa:
  - En la pestaña Insertar/ Insert, haga clic en Importar mapa/ Import Map.
  - Busque y agregue... \SNAP\Prepare\Ohio.mapx

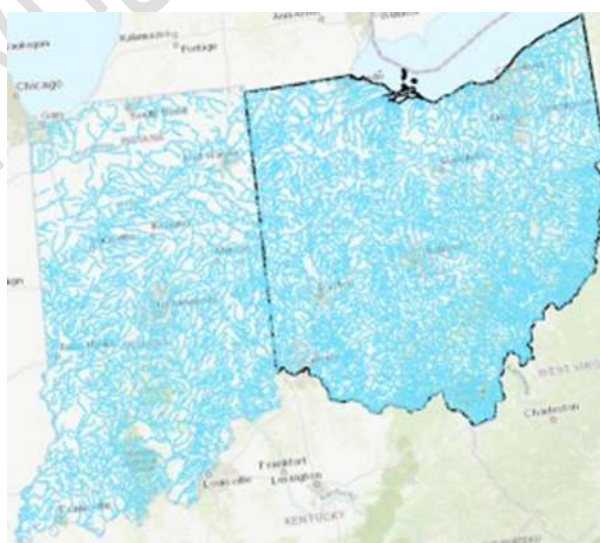


El mapa contiene corrientes y clasificaciones de uso del suelo para Ohio e Indiana, límites de unidades hidrológicas para varios estados y el límite estatal de Ohio. Su análisis se centrará en Ohio, por lo que utilizará la capa límite de Ohio para extraer otras entidades y reducir así los datos.

### Paso 6: Extraer entidades utilizando la herramienta Clip

Ahora, preparará los datos extrayendo las áreas de interés. Primero, extraerá los límites de las corrientes y las unidades hidrológicas para el estado de Ohio utilizando la herramienta Clip. La extracción de entidades en un área de interés es un paso de preparación de datos común antes del análisis.

- En el panel Contenido/ Content, desactive NLCD\_OhioInd y Region5\_HUC8 y active OhioIndStreams. Haga zoom a la capa.



El límite del estado de Ohio actuará como un "molde" para extraer solo las corrientes que están dentro de él. La pestaña Análisis contiene una Galería de herramientas más comunes. Accederá a la herramienta Clip desde allí.

- En la pestaña Análisis/ Analysis, en el grupo Herramientas/ Tools, haga clic en Clip.

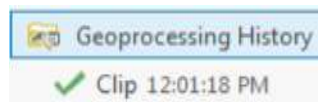
Nota: El acceso a una herramienta de la Galería de análisis actúa como un acceso directo a la búsqueda de la herramienta.

- Ejecute la herramienta Clip con los siguientes parámetros:
  - Entidades de entrada / Input Features: OhioIndStreams
  - Entidades de recorte / Clip Features: Ohio
  - Entidades de salida / Output Feature Class: OhioRios



Ha extraído los ríos de Ohio que usará para el análisis de superposición. Luego, extraerá los límites de la unidad hidrológica para Ohio.

- En la pestaña Análisis/ Analysis, haga clic en Historial / History.



**Nota:** Al hacer clic en el botón Historial/ History, se abre el historial de geoprocesamiento en el panel Catálogo/ Catalog.

Todas las herramientas ejecutadas y sus parámetros asociados se guardan en el Historial de geoprocesamiento de cada proyecto. Puede ver las herramientas que utilizó en este ejercicio, incluida la herramienta Clip.

- Haga doble clic en la herramienta Clip para abrirlo y ver sus parámetros.

Puede modificar rápidamente un parámetro y volver a ejecutar una herramienta desde su historial.

- Cambie los siguientes parámetros y vuelva a ejecutar la herramienta Clip:
  - Entidades de entrada/ Input Features: Region5\_HUC8
  - Entidades de salida/ Output Feature Class: OhioCuencas

Nota: El parámetro Clip Features (Ohio) sigue siendo el mismo.

- Haga clic en Ejecutar.
- En el panel de Contenido/ Content, apague OhioStreams.



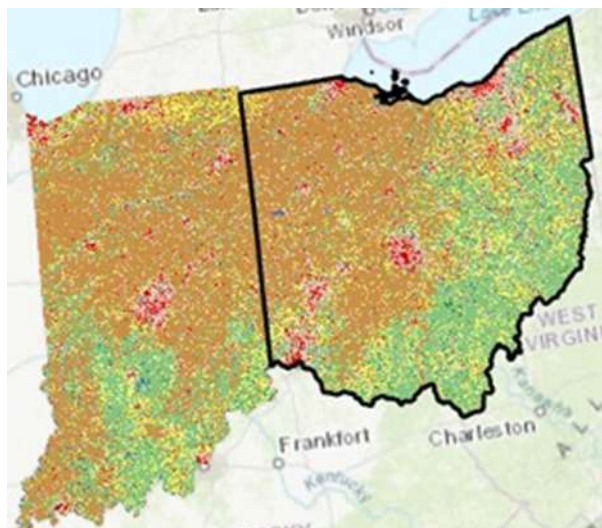
Las unidades hidrológicas están recortadas al límite del estado de Ohio.

- Guarde el proyecto.

### Paso 7: Extraer datos ráster usando una máscara

Ha recortado con éxito las entidades vectoriales para las corrientes y los límites de la unidad hidrológica en Ohio. A continuación, extraerá celdas ráster que caen dentro de Ohio, utilizando una herramienta de Spatial Analyst.

- En el panel de Contenido/ Content, haga que Ohio, NLCD\_OhioInd y el mapa base sean las únicas capas visibles.



Nota: Es importante conocer el tamaño de la celda del ráster de entrada para que la salida sea la misma. Usted puede establecer el tamaño de la celda como una configuración de entorno.

- Ver el tamaño de celda para una capa:
  - En el panel Contenido/ Content, abra las propiedades para NLCD\_OhioInd.
  - Haga clic en la pestaña Origen/ Source y expanda la Información del ráster

El tamaño de celda para este dataset ráster es de 30 metros.

- En la pestaña Análisis/ Analysis, haga clic en Entornos/ Environments.

En la sección **Análisis de ráster**, puede ver que el **Tamaño de celda** está configurado en **Cantidad máxima de entradas**. Esto garantiza que no se aplicará un tamaño de celda más pequeño y de mayor resolución al ráster de salida (ni viceversa), lo que implica datos de mayor calidad. Para los datos con los que está trabajando, dejar el entorno de tamaño de celda tal como está configurado; dará como resultado rásteres de salida con un tamaño de celda de 30 metros.

- Cierre el cuadro de diálogo Entornos/ Environments.

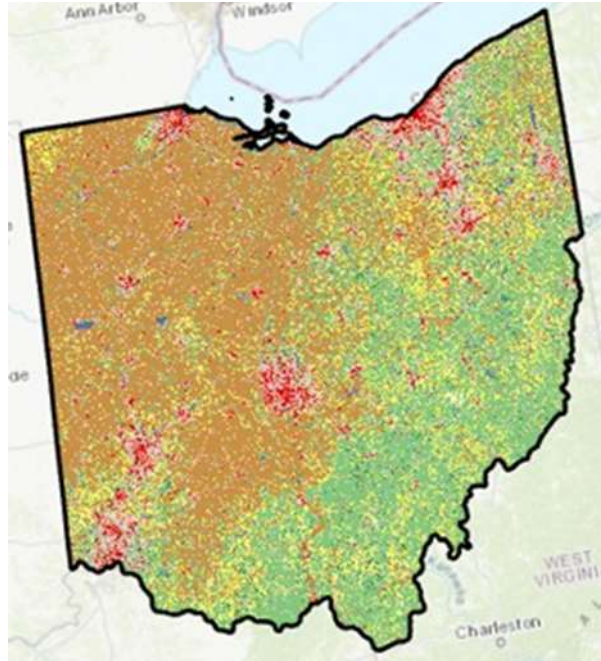
Desea extraer las celdas que se encuentran en Ohio, pero la herramienta Clip solo funciona con datos vectoriales. Cuando desee extraer y analizar datos ráster, debe usar las herramientas de Spatial Analyst. Aunque está extrayendo celdas en un dataset ráster, puede usar un vector o dataset ráster como máscara.

- En el panel Geoprocesamiento/ Geoprocessing, haga clic en la pestaña Herramientas/ Tools.
- Expanda Herramientas de Spatial Analyst/ Spatial Analyst Tools y luego expanda Extracción/ Extract.

Las cajas de herramientas están categorizadas para que pueda encontrar lo que está buscando, incluso si no está seguro del nombre de la herramienta.

- Seleccione Extraer por máscara/ **Extract By Mask** y ejecútelo usando los siguientes parámetros:

- Ráster de entrada/ input Raster: NLCD\_OhioInd
- Datos de máscara de entidad o ráster de entrada/ Input Rastre or Feature Mask Data: Ohio
- Ráster de salida/ Output Raster: NLCD\_Ohio
- Haga clic en Ejecutar.
- En el panel Contenido/ Content, apague Suelos\_Ohio.



Ha utilizado una herramienta Spatial Analyst para extraer datos ráster para su análisis.

- Guarde el paquete de proyecto Preparacion.ppkx

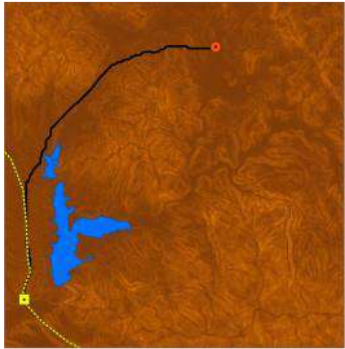

### 3. Análisis de proximidad



El análisis de proximidad ayuda a responder preguntas sobre las distancias entre las entidades. Le ayuda a comprender los detalles sobre las entidades cercanas entre sí y las entidades que están distantes entre sí.

ArcGIS Pro proporciona numerosas herramientas de análisis de proximidad que están diseñadas para ayudar a responder diversas preguntas sobre relaciones proximales. Aprenderá cómo ArcGIS Pro mide la distancia, los diversos tipos de datos en los que puede usar herramientas de proximidad y cómo aplicar varias herramientas para responder preguntas espaciales.

#### Elegir la mejor distancia

Cuando crea un búfer alrededor de una entidad, ¿cómo calcula la herramienta Área de influencia/ Buffer la distancia? Cuando ejecuta la herramienta Cerca de/ Near para determinar la entidad más cercana, ¿cómo determina la distancia? Las herramientas ArcGIS Pro calculan la distancia de cuatro maneras: coste, euclidiana, geodésica y de red.

Medida de distancia	Descripción	Ejemplo
<b>Coste</b>	<p>La cantidad de impacto o impedancia desfavorable asociada con moverse en un área geográfica.</p> <p>Se enfoca en encontrar la menor impedancia a través de una superficie continua.</p> <p>Ejemplos: elevación, pendiente, energía gastada y riesgo.</p>	
<b>Euclidiano</b>	<p>Distancia en línea recta en un mapa plano.</p> <p>La métrica más comúnmente utilizada por las herramientas de proximidad ArcGIS Pro.</p>	

Medida de distancia	Descripción	Ejemplo
	También utilizado por herramientas de analista espacial para crear superficies de fenómeno continuo.	
<b>Geodésico</b>	Distancia entre puntos en la superficie de la Tierra que considera la curvatura de la Tierra.	
<b>Red</b>	Determina costes sobre una red lineal Los usos más comunes son el tiempo de viaje, las mejores rutas y condiciones del tráfico	

Para algunas herramientas, como Buffer/ Área de influencia y Near/ Cerca de, puedes elegir la distancia geodésica (euclidiana) o planar como un parámetro de herramienta. Para otras herramientas, como la herramienta Distancia Euclidiana de Spatial Analyst, no puede cambiar la forma en que se mide la distancia.

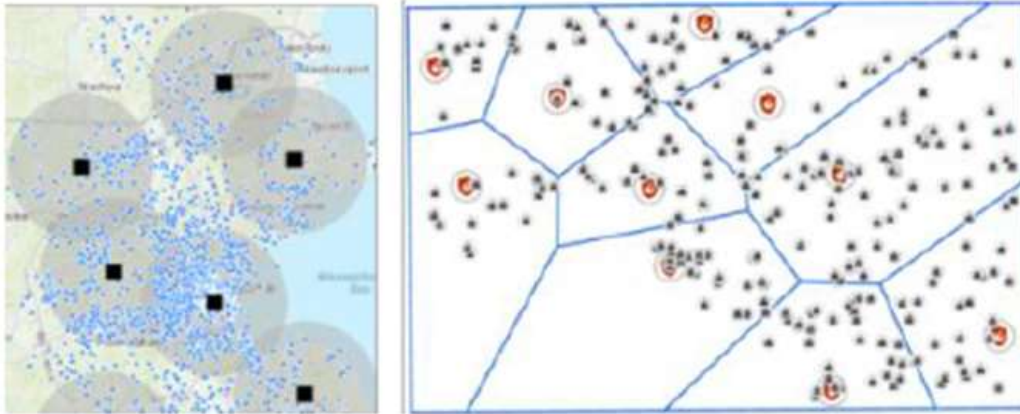
Ayuda de ArcGIS Pro: [Cómo calculan la distancia las herramientas de proximidad](#)

## Salidas del análisis de proximidad

Las herramientas de análisis de proximidad en ArcGIS Pro crean diferentes tipos de resultados, ya sea un área expandida o un valor numérico.

### Área de expansión

Algunas herramientas de análisis de proximidad crean datos de polígono o ráster que representan una distancia específica o una zona de proximidad, utilizada para la asignación.



Los polígonos Buffer y Thiessen son ejemplos de herramientas de proximidad de expansión de área

A continuación, se muestra en la tabla las herramientas de proximidad de expansión de área:

Herramientas	Descripción
<b>Área de influencia</b>	Crea polígonos alrededor de entidades que representan la distancia especificada.
<b>Zona de influencia de anillos múltiples</b>	Crea múltiples polígonos alrededor de entidades basadas en varias distancias especificadas.
<b>Polígonos de Thiessen</b>	Crea zonas de proximidad alrededor de puntos que indican que toda el área dentro de una zona está más cerca del punto dentro de ella que a cualquier otro punto.
<b>Asignación euclidiana</b>	Similar a crear polígonos Thiessen, pero el resultado es un dataset ráster que se puede usar para el análisis de trama.

### Valor numérico

Los valores numéricos devueltos por algunas herramientas son distancias de otras entidades y las coordenadas x, y de la entidad más cercana.

NEAR_FID	NEAR_DIST	NEAR_X	NEAR_Y
2	14299.041724	250355.8626	930693.4138
2	15583.098479	250355.8626	930693.4138

Cerca/ Near devuelve un valor numérico de la identificación, distancia y coordenadas de la entidad más cercana.

A continuación, se muestra en la tabla las herramientas de proximidad que devuelven valores numéricos:

Herramientas	Descripción
<b>Cerca de</b>	Determina las entidades más cercanas en dos capas diferentes y agrega la ID de la entidad más cercana y la distancia a la tabla de entrada. Agregar las coordenadas de la función más cercana es opcional.
<b>Generar tabla de Cerca de</b>	Determina las distancias entre las entidades, dentro de un radio de búsqueda especificado, y crea una tabla de distancias.
<b>Generar vínculos de origen-destino</b>	Genera líneas de conexión desde entidades de origen a entidades de destino. Esto se denomina habitualmente diagrama de araña.

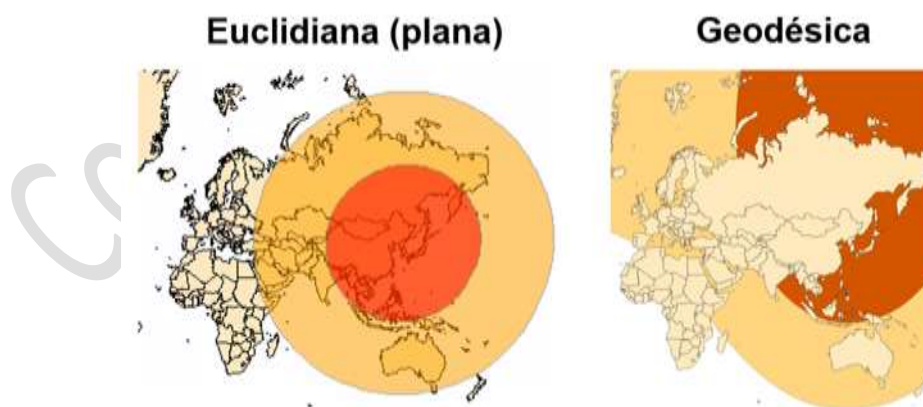
## La Caja de Herramientas de Análisis espacial

La caja de herramientas de Spatial Analyst contiene el conjunto de herramientas Distancia. El conjunto de herramientas Distancia contiene muchas herramientas de análisis de distancia, como herramientas para determinar la ruta de coste y la distancia de coste sobre una superficie continua.

### Buffer usando diferentes medidas de distancia

Siempre que almacene en una pequeña escala, como una escala mundial, debe usar mediciones geodésicas. Las mediciones geodésicas son la única distancia verdadera; ellos consideran la curvatura de la tierra, a diferencia de otras medidas de proximidad como Euclidiana o coste. Cuando utiliza un buffer a gran escala, puede usar planar porque probablemente esté en un sistema de coordenadas 2D.

Es importante trabajar con una proyección que preserve adecuadamente la distancia en la escala dada.



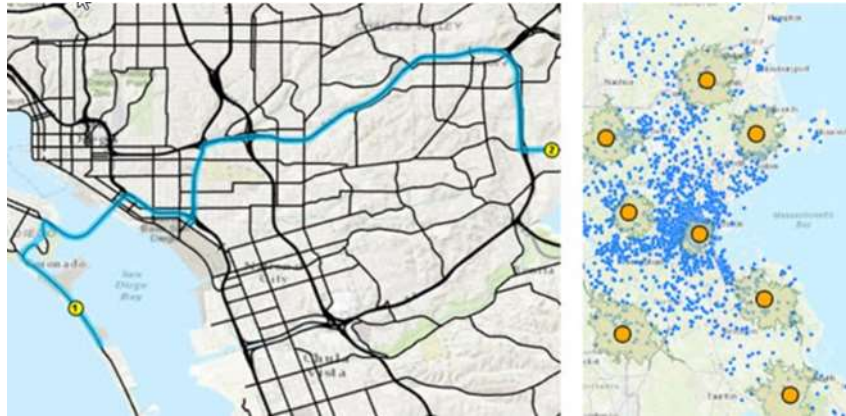
*Observe la diferencia entre las mediciones de distancia en línea recta y geodésicas utilizadas para los buffers de 5.000 y 10.000 kilómetros alrededor de Corea del Norte.*

### Medición de coste

El coste es otra forma en la que se mide la distancia en ArcGIS Pro. El coste es la cantidad de impacto desfavorable o la impedancia asociada con moverse a través de

un área geográfica. Un ejemplo común de coste es el tiempo; puede costar más tiempo viajar una ruta que otra.

Puede analizar el coste utilizando la extensión Network Analyst. Network Analyst le permite evaluar el coste en una red lineal, como las carreteras. Puede usar Network Analyst para determinar las mejores rutas para que las empresas de reparto entreguen paquetes, determinen los tiempos de conducción y asignen recursos.



*Puede analizar celdas en un dataset ráster para crear una ruta de menor coste para el transporte de recursos. También puede usar Network Analyst para encontrar la mejor ruta o el tiempo de conducción desde ubicaciones específicas.*

También puede analizar superficies para crear una distancia de coste o una superficie de ruta de coste. Por ejemplo, suponga que tiene una superficie de elevación y desea ir del punto A al punto B. Cuanto mayor sea la elevación, mayor será el coste de viajar esa celda.

## Ejercicio 3: Análisis de proximidad

Ha preparado anteriormente datos de tiendas y clientes para Boston. Utilizará los datos para realizar análisis de proximidad para determinar las relaciones de los clientes de la tienda, las distancias y los tiempos de conducción para cada tienda en función de un servicio en línea.

En este ejercicio, realizará las siguientes tareas:

- Seleccionar entidades basadas en la distancia.
- Crea polígonos de Thiessen.
- Encontrar las tiendas más cercanas a cada cliente.
- Agregar y calcular atributos.
- Crear polígonos en tiempo de conducción.
- Crea una superficie de distancia.

**Nota:** Consulte el inicio de la documentación para comprobar qué datos son necesarios para la correcta realización del ejercicio.

### Paso 1: Preparar el proyecto

Preparará su proyecto ArcGIS Pro para el análisis agregando capas y cambiando algunas de sus propiedades de visualización.

- Vuelva a abrir el proyecto SNAPCourse.
- Abra el mapa de Boston.

**Nota:** Si no terminó el ejercicio anterior, haga clic en Insertar y luego en Importar mapa. Vaya a C:\EsriTraining\SNAP\Results\Exercise02 e importe el mapa de resultados de Exercise02Boston.mpkx para comenzar este ejercicio. La carpeta Resultados proporciona mapas de resultados para todos los ejercicios del curso.

- Cambiar el nombre del mapa de Boston a **Proximity**.
- En el panel Contenido/ Content, cambie el nombre de la capa BostonStores a **Stores**.
- En el panel Contenido/ Content, elimine las tablas independientes Stores y StoresTable.

### Paso 2: Seleccionar entidades basadas en la distancia

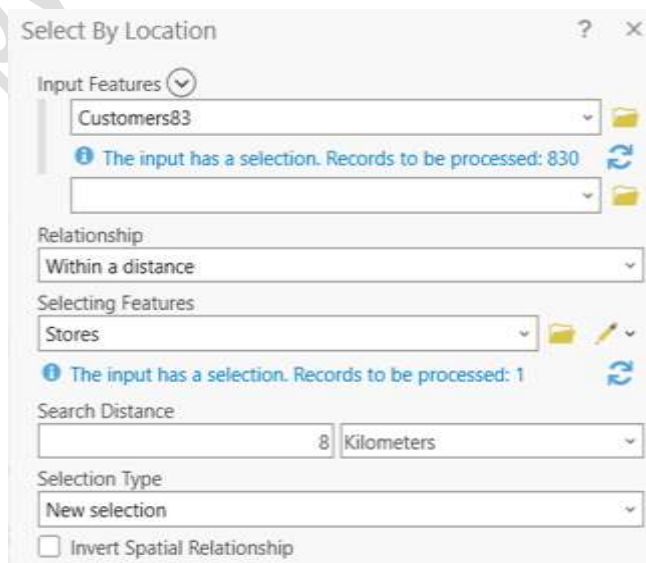
Una de las formas más simples del análisis de proximidad es seleccionar entidades dentro de una cierta distancia de otras.

- En el panel de Contenido/ Content, haga clic en el botón Lista por selección/ List By Selection
- Haga clic con el botón derecho en Stores y elija Convertir esta capa en la única seleccionable/ Make THIS The Only Selectable Layer.
- En la pestaña Mapa/ Map, haga clic en la herramienta Seleccionar/ Select.
- Seleccione la siguiente tienda (la más cercana al centro de Boston).

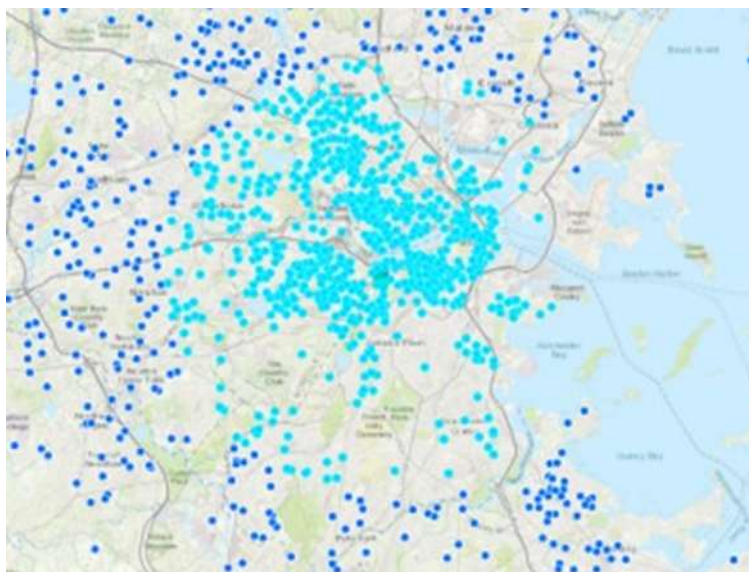


A continuación, seleccionará a todos los clientes dentro de un radio de 8 kilómetros de la tienda seleccionada.

- En la pestaña Mapa/ Map, haga clic en Seleccionar por ubicación/ Select By Location.
- Ejecute la herramienta Seleccionar por ubicación con los siguientes parámetros:
  - Entidad de entrada/ Input Layer: **Customers83**.
  - Relación/ Relationship: Dentro de una distancia/ Within a distance.
  - Selección de entidades/ Selecting Features: **Stores**.
  - Distancia de búsqueda/ Search Distance: **8 kilómetros**.



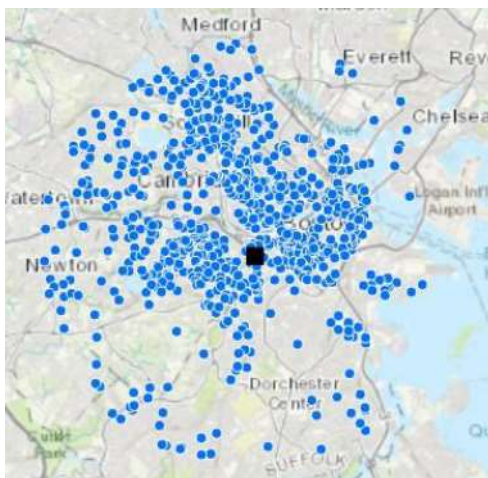
- Haga zoom para acercarse.



**Nota:** Para todas las herramientas de geoprocetamiento, si hay una selección presente en una capa de entrada, el procesamiento solo se aplicaría en las entidades seleccionadas.

Ha localizado a todos los clientes en un radio de 8 kilómetros de una tienda. Puede exportar estos clientes a su propia clase de entidad para un análisis posterior o crear una capa a partir de la selección (en el proyecto, ya que, si no exportamos, se genera al vuelo, de forma temporal).

- En el panel de Contenido/ Content, haga clic en el botón Lista por orden de dibujo/ List BY Drawing Order .
- Crear una capa de los clientes seleccionados:
  - En el panel Contenido/ Content, haga clic con el botón derecho en Customers83, seleccione Selección/ Selection y elija Crear capa a partir de entidades seleccionadas/ Make Layer From Selected Features.
  - Desactiva la capa Customers83.
  - En la pestaña Mapa/ Map, borre la selección .



**Nota:** De forma predeterminada, la herramienta Seleccionar por ubicación usa mediciones euclidianas. Pero puede usar una medición geodésica cuando selecciona Dentro de una distancia geodésica como el tipo de relación.

- Guarde el proyecto.

### Paso 3: Crear zonas de proximidad

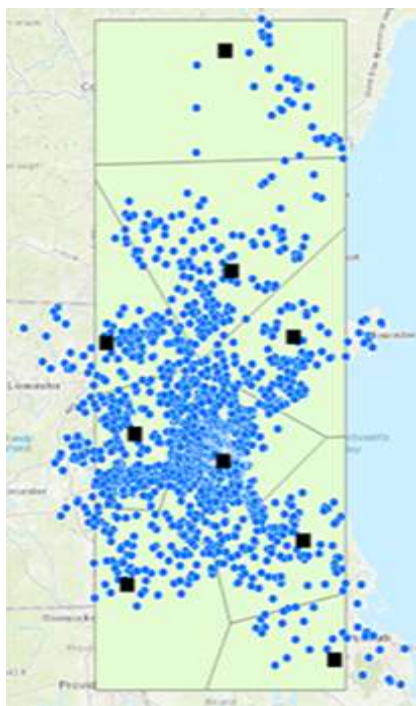
A continuación, desea determinar qué tienda está más cerca de sus clientes y mostrar esa tienda en un mapa. Cuando identifica la tienda más cercana, puede detectar patrones (por ejemplo, de dónde viajan sus clientes o dónde podría querer construir una nueva tienda). Cada vez que necesite responder preguntas sobre la proximidad de las entidades o la distancia entre ellas o con otros puntos, use las herramientas Proximidad/ Proximity.

- En el panel Contenido/ Content, apague la Customers83 selección y active la capa Customers83.
- Ubique las herramientas de Proximidad:
  - Desde la pestaña de Análisis/ Analysis, haga clic en Herramientas/ Tools.
  - Desde el panel de Geoprocesamiento/ Geoprocessing, haga clic en la pestaña de Caja de herramientas/ Toolboxes.
  - Expanda Herramientas de análisis/ **Analysis Tools**, y expanda Proximidad/ **Proximity**.

**Probablemente haya utilizado una Zona de influencia/ Buffer** para crear una zona alrededor de una entidad en función de una distancia especificada. Utilizará algunas otras herramientas de proximidad para analizar Stores y Customers. Desea crear zonas alrededor de cada tienda y que **contengan los clientes más cercanos**. Las zonas indican la tienda a la que los clientes probablemente viajarán.

**La herramienta Crear polígonos Thiessen/ Create Thiessen Polygons crea zonas de proximidad alrededor de los puntos, lo que indica que un punto está más cerca de otro dentro de ese polígono, que de cualquier otro punto.**

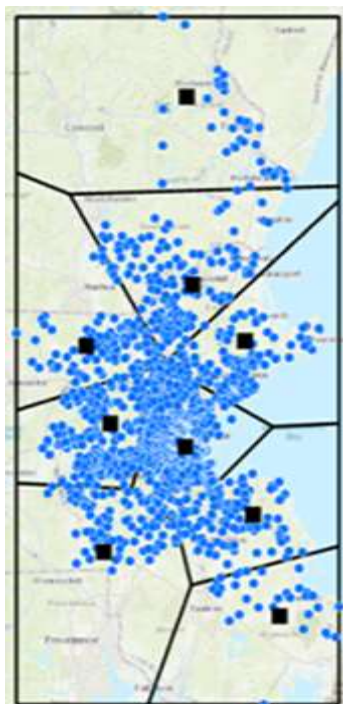
- Abra la herramienta Crear polígonos Thiessen/ **Create Thiessen Polygons** y ejecútelo con los siguientes parámetros:
  - Entidades de entrada/ Input Features: **Stores**
  - Entidades de salida/ Output Feature Class: **Zonas\_tiendas**
  - Ejecute la herramienta.
  - Cambie el símbolo de StoreZones a color sin relleno y un contorno negro sólido, con un ancho de 2.
  - Si es necesario, aleje un poco el mapa.



Puede ver las zonas creadas para las tiendas. Cada punto del cliente que se encuentra dentro de una zona está más cerca de esa tienda que de cualquier otra tienda.

A continuación, ejecutará la herramienta nuevamente. Esta vez, modificará la configuración del entorno de extensión de salida.

- En la herramienta Crear polígonos Thiessen/ Create Thiessen Polygons y ejecútelo con los siguientes parámetros:
  - Entidades de entrada/ Input Features: **Stores**
  - Entidades de salida/ Output Feature Class: **StoreZonesTot**
- Antes de ejecutar la herramienta, en la pestaña Análisis/ Analysis, haga clic en Entornos/ **Environments**.
- Para Extensión/ Extent, elija **Customers83** de la lista desplegable y luego haga clic en Aceptar.
- Ejecute la herramienta Crear polígonos Thiessen/ Create Thiessen Polygons.
- Cambie el símbolo de StoreZones a color sin relleno y un contorno negro sólido, con un ancho de 2.



**Establecer el entorno de extensión en el mismo que la capa Customers83, permite que la herramienta tenga en cuenta a los clientes que viven fuera del alcance predeterminado. Ahora está contabilizando a todos sus clientes y puede realizar análisis adicionales según las zonas. Utilizará la capa StoreZonesTot cuando realice un análisis de superposición.**

- Guarde el proyecto.

#### Paso 4: Determinar la tienda más cercana a cada cliente.

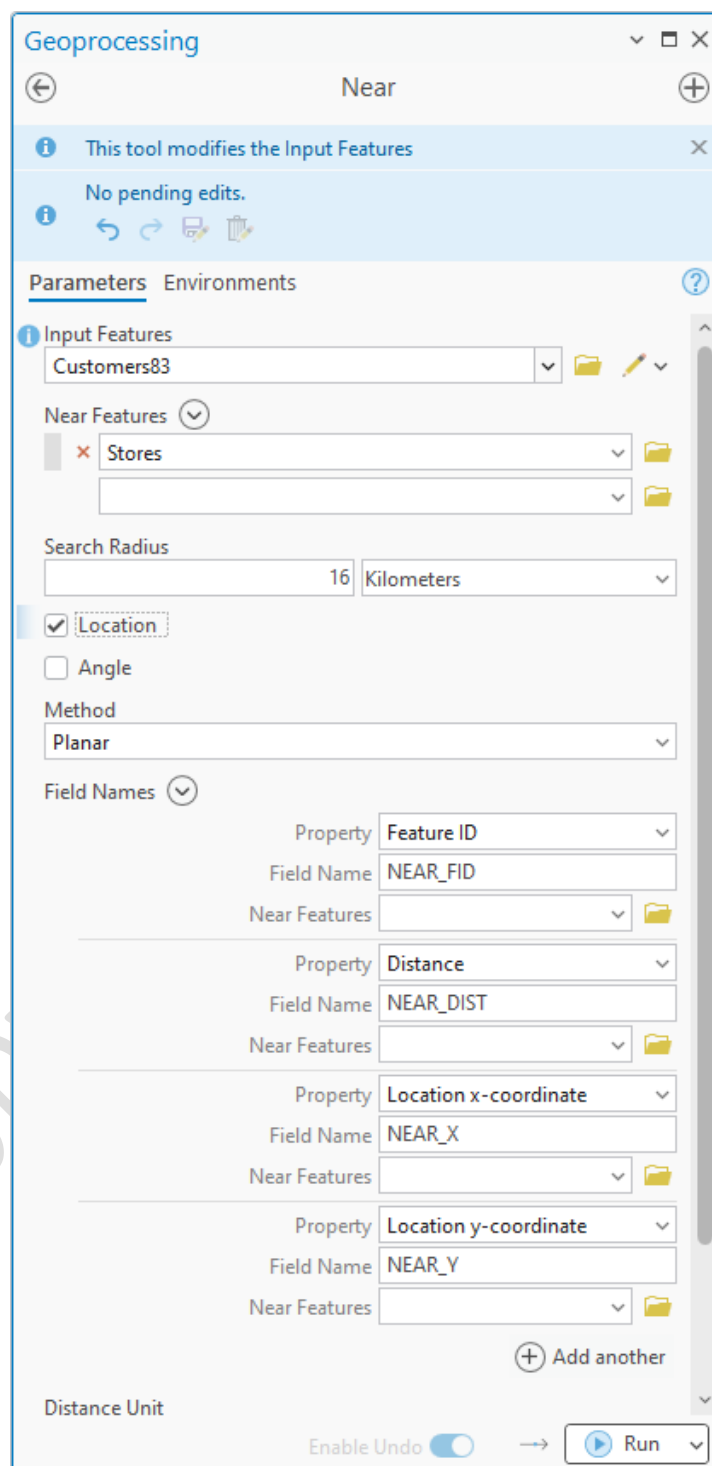
Desea consultar a sus clientes para ver qué tiendas están más cerca de ellos. También desea saber la distancia entre el cliente y las tiendas más cercanas. En este paso, usará la herramienta Cerca / Near para encontrar la tienda más cercana a cada cliente.

- En el panel Contenido/ Content, haga que Stores, Customers83 y el mapa base sean las únicas capas visibles.
- Abra la tabla de atributos para Customers83 y desplácese hacia la derecha.

Después de Latitud y Longitud, la tabla no contiene ningún campo adicional.

- Mantenga la tabla abierta.
- Ubique la herramienta Cerca / Near:
  - En el panel Geoprocesamiento/ Geoprocessing, haga clic en la flecha hacia atrás.
  - De ser necesario, haga clic en la pestaña Caja de herramientas/ Toolboxes.
  - Expanda Herramientas de análisis/ Analysis Tools y luego expanda Proximidad/ Proximity.
- Ejecute la herramienta Cerca / Near con los siguientes parámetros:

- Entidades de entrada/ Input Features: Customers83
- Entidades Próximas/ Near Features: Stores
- Radio de búsqueda/ Search Radius: 16 kilómetros
- Marque la casilla Ubicación / Location.



➤ Ejecute la herramienta.

**Nota:** Al marcar el cuadro Ubicación se agregarán las coordenadas x,y de la entidad más cercana, como campos separados: NEAR\_X y NEAR\_Y.

- En la tabla Customers, desplácese hacia la derecha.

NEAR_FID	NEAR_DIST	NEAR_X	NEAR_Y
7	15888.077579	232735.3936	899445.6698
-1	-1	-1	-1
2	14299.041724	250355.8626	930693.4138
2	15583.098479	250355.8626	930693.4138
2	15623.141306	250355.8626	930693.4138
2	14552.279318	250355.8626	930693.4138

La herramienta Cerca de/ Near agregó cuatro campos a la tabla Customers83:

Campo nombre	Descripción
<b>NEAR_FID</b>	El identificador ID de la entidad más cercana a la de entrada.
<b>NEAR_DIST</b>	La distancia, en unidades de mapa, entre la entrada y la entidad más cercana.
<b>NEAR_X</b>	Coordenada X de la entidad más cercana
<b>NEAR_Y</b>	Coordenada Y de la entidad más cercana

*Descripción de los campos agregados por la herramienta Near.*

- Desplácese por la tabla y observe los valores en los campos NEAR.

Algunas entidades tienen valores reales, mientras que otras tienen un -1.

Si consulta la capa Customers83, puede determinar qué tienda es la más cercana, las coordenadas x,y de la tienda y la distancia a la misma.

- Guarde el proyecto.

## Paso 5: Agregar y calcular campos

El campo NEAR\_DIST indica a cuántas unidades de mapa está la entidad más cercana a sus entidades de entrada. En este caso, las unidades de mapa son metros. Puede agregar y calcular campos para mostrar diferentes unidades, como millas o kilómetros.

- Agregue un campo Kilómetros a la tabla Customers:
  - En la tabla, haga clic en Agregar.
  - En la celda resaltada, para Nombre del campo/ Field Name, ingrese ML.
  - Presione la tecla Tab (o haga clic en el campo) y en Alias, escriba Millas.
  - En Tipo de datos/ Data Type y haga clic en Flotante / Float.
  - En la columna Formato de número/ Number format.
  - Haz clic en la celda y luego haz clic en el botón de puntos suspensivos.
  - En la ventana Formato de número/ Number format, para Categoría/ Category, elija Numérico/ Numeric.

- Baje los decimales a 2 y luego haga clic en Aceptar.
- Usando las mismas habilidades y parámetros, agregue un campo llamado Kilómetros.

<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	NEAR_Y	NEAR_Y	Doble	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Número
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	KM	Kilómetros	Flotante	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Número

- En la pestaña Campos/ Fields, haga clic en Guardar/ Save.
- Cierre la pestaña de Campos/ Fileds.
- Vuelva a la Tabla de atributos de Customers83.
  - En la herramienta Calcular campo/ Calculate Filed, en Nombre de campo / Field name, seleccione Kilómetros.
  - En Campos / Fields, haga doble clic en NEAR\_DIST para agregarlo a la expresión.

KM =  
!NEAR\_DIST!

- Después de !NEAR\_DIST!, escriba /1000. !NEAR\_DIST! / 1000

Kilómetros
15,89
0
14,3
15,58

- Usando las mismas habilidades para calcular un campo y convertir, calcule el campo Millas con la siguiente expresión: !NEAR\_DIST! / 1609

Miles	Kilometers
9.87	15.89
0	0
8.89	14.3
9.68	15.58
9.71	15.62
9.04	14.55

- Puede personalizar así la medida y tener una idea más clara de la distancia.
- Cierre la tabla y guarde el proyecto.

## Paso 6: Crear vínculos de origen-destino

Otra forma de ilustrar la proximidad en un mapa es crear líneas de conexión entre dos conjuntos de coordenadas. En este ejemplo, sus líneas de conexión se encontrarán entre las tiendas y sus clientes más cercanos dentro de un radio de 16 kilómetros.

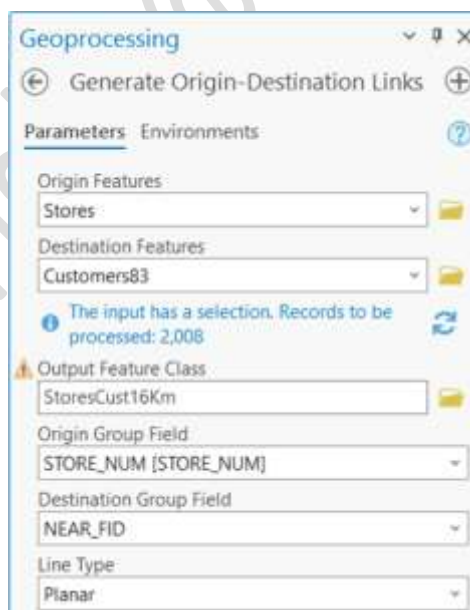
- Primero, seleccionará solo los clientes que se encuentran a 16 kilómetros de una tienda:
  - Desde la pestaña de Mapa/ Map, haga clic en Selección por atributos/ Select By Attributes.
  - Para Filas de entrada / Inputs rows, elija Customers83.
  - En Expresión, haga clic en Nueva expresión / New expression.
  - Genere la siguiente expresión: NEAR\_FID no es igual que -1.
  - Haga clic en Agregar.



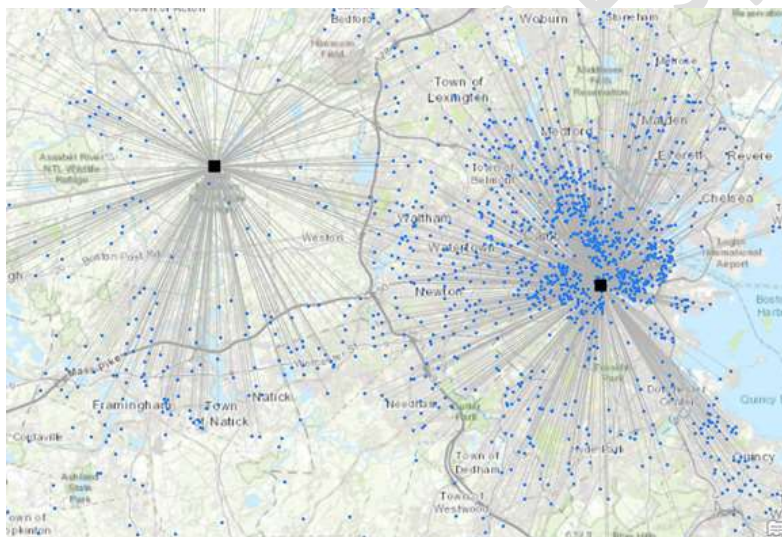
- Ejecute la expresión.

De **2.389** clientes, se seleccionan **2.008**.

- Busque y ejecute la herramienta Generar vínculos de origen destino/ Generate Origin-Destination Links con los siguientes parámetros:
  - Entidades de origen/ Origin Features: Stores
  - Entidades de destino/ Destination Features: Customers83
  - Entidad de salida/ Output Feature Class: StoreCust16Km
  - Campo de origen/ Origin Group Field: STORE\_NUM
  - Campo de destino/ Destination Group Field: NEAR\_FID



- Una vez ejecutada, limpie la selección
- Modifique la simbología de capa para una mejor visualización:
  - Para Customers83, cambie el tamaño del símbolo a 2 pt.
  - Para StoreCust16Km, cambie el Color a un gris medio y el Ancho de línea a 0,75 pt.



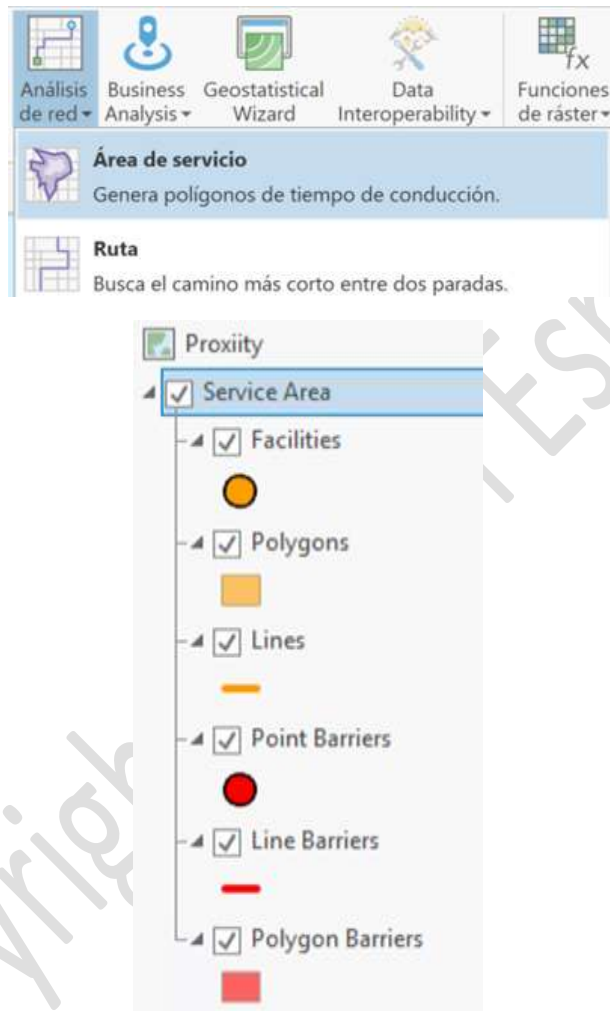
**Ahora tiene una buena representación visual de la relación entre tiendas y clientes. Los vínculos de origen-destino son útiles para visualizar la masificación (cuando muchos clientes visitan una tienda, independientemente de lo cerca que esté). Sería probable ver largas colas o saturación de pedidos en las tiendas que tengan un mayor número de vínculos de origen-destino. Esta visualización también puede ayudar a las empresas a identificar tiendas potenciales para el cierre, o al menos identificar si hay los clientes eligen desplazarse más lejos, a otra tienda, y porqué.**

- Guarde el proyecto.

### Paso 7: Crear polígonos de tiempo de conducción

A continuación, usará Network Analyst para crear polígonos de tiempo de recorrido de cada tienda. Los tiempos de conducción les dan a las empresas una idea de qué clientes se encuentran dentro de un tiempo de recorrido a una tienda.

- En el panel Contenido/ Content, desactive la capa StoreCust16Km.
- En la pestaña Análisis/ Analysis, haga clic en Análisis de red / Network Analyst y luego seleccione Área de servicio/ Service Area.



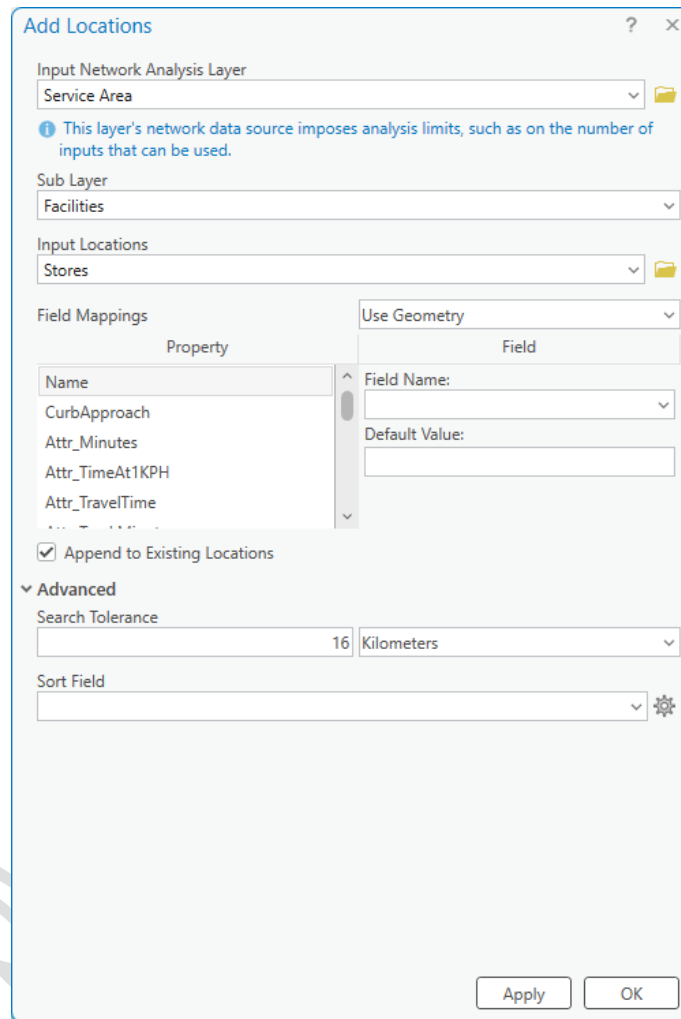
Análisis de red / Network Analyst crea una capa de grupo de Área de servicio, la agrega al panel Contenido/ Content y agrega una pestaña de Área de servicio/ Service Area a ArcGIS Pro.

A continuación, importará las tiendas en la capa de Network Analyst: Instalaciones/ Facilities.

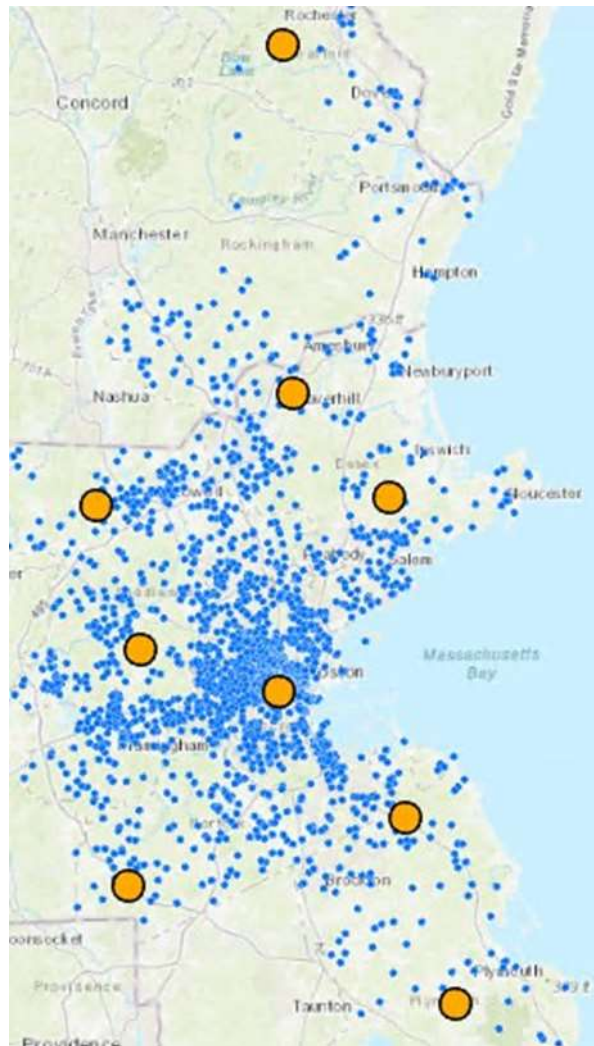
- Importar tiendas en la capa Instalaciones/ Facilities:
  - Desde la pestaña Área de servicio/ Service Area, haga clic en Importar Instalaciones / Import Facilities.



- Para Ubicaciones de entrada, elija Stores.
- Para Tolerancia de búsqueda, elija 16 kilómetros.
- Haz clic en Ejecutar/ Run.



- En el panel Contenido/ Content, apague la capa Stores.

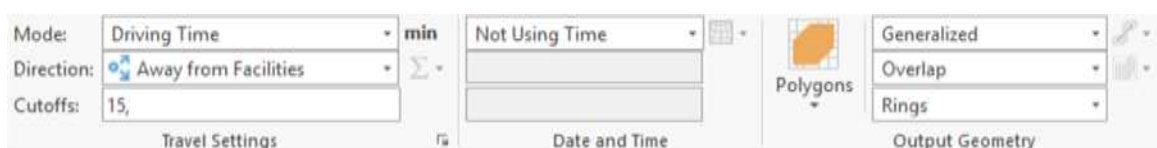


Las tiendas se agregan a la capa Instalaciones/ Facilities. A continuación, creará los polígonos de tiempo de conducción.

- En el panel Contenido/ Content, seleccione la capa del grupo Área de servicio/ Service Area.
- En la pestaña Área de servicio/ Service Area, en Configuración de viaje/ Travel Settings, configure los límites para que sean solo 15 para un tiempo de conducción de 15 minutos.
- En Hora de llegada / salida, para Tipo, verifique que no esté seleccionado el Tiempo.

**Nota:** Utilizará esta configuración porque está usando un servicio de ArcGIS Online.

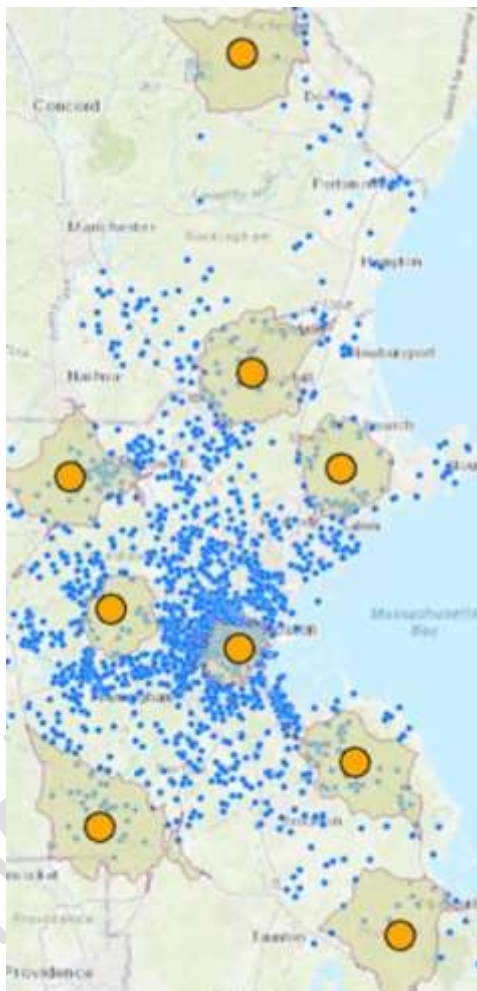
- Para la Geometría de salida/ Output Geometry, haga clic en Precisión estándar/ Standard Precision y cambie a Generalizado/ Generalized.



- En el extremo izquierdo de la pestaña Área de servicio/ Service Area, haz clic en Ejecutar/ Run.

**Nota:** Network Analyst utiliza un servicio de ArcGIS Online para calcular los tiempos de conducción, utilizando datos que representan el tráfico, la población y otros factores.

- En el panel Contenido/ Content, cambie el color de los polígonos de corte a beige.



Ha usado Análisis de red / Network Analyst para crear áreas según el tiempo de conducción, lo que ofrece una perspectiva diferente (y más realista) de la proximidad de una distancia en línea recta. Utilizará los estos resultados de su análisis de proximidad para el análisis de superposición que realizará más adelante.

- Guarde el proyecto.

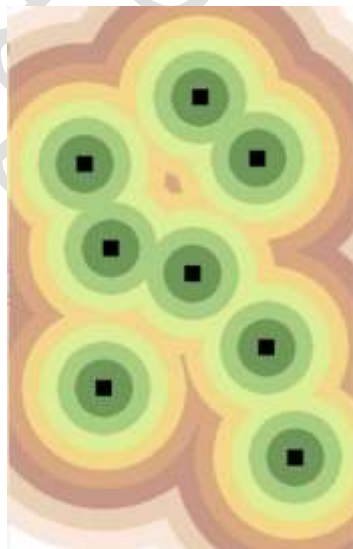
## Paso 8: Crear una superficie de distancia

¿Qué sucede si está realizando un análisis que requiere una superficie de distancia? Puede estar utilizando otros datos, como los ráster, para el análisis de idoneidad del sitio. Puede crear una superficie de distancia utilizando Spatial Analyst y la herramienta Euclidean Distance.

- En el panel de Contenido/ Content, haga que Stores y el mapa base sean las únicas capas visibles.
- Desde la pestaña Análisis/ Analysis, haz clic en Herramientas/ Tools.
- En el panel Geoprocesamiento/ Geoprocessing, si es necesario, haga clic en la pestaña Caja de herramientas/ Toolboxes.
- Expanda Herramientas de Spatial Analyst, expanda Distancia/ Distance y Heredado.

Puede usar varias herramientas de Distancia para producir una superficie ráster, incluida la Distancia euclidiana. La herramienta Distancia euclidiana usa una distancia en línea recta de las entradas para crear esta superficie de distancia. Puede usar la superficie de distancia en un análisis de idoneidad, como hará más adelante en el curso.

- Ejecute la herramienta Distancia Euclidiana / Euclidean Distance con los siguientes parámetros:
  - Ráster o datos de origen de entidad de entrada / Input Raster or Feature Source Data: Stores
  - Raster de coste de distancia de salida / Output Distance Raster: StoresDist.
  - Método de distancia, deje Planar
  - En entornos, configure que la Extensión sea la misma que Customers83.
- En Simbología, visualice por Clasificar, en 9 Clases y elija el Esquema de color Elevación nº3.



El panel Contenido ahora muestra bandas de distancia y una leyenda. Las celdas reciben un valor de distancia calculada en línea recta desde cada tienda.

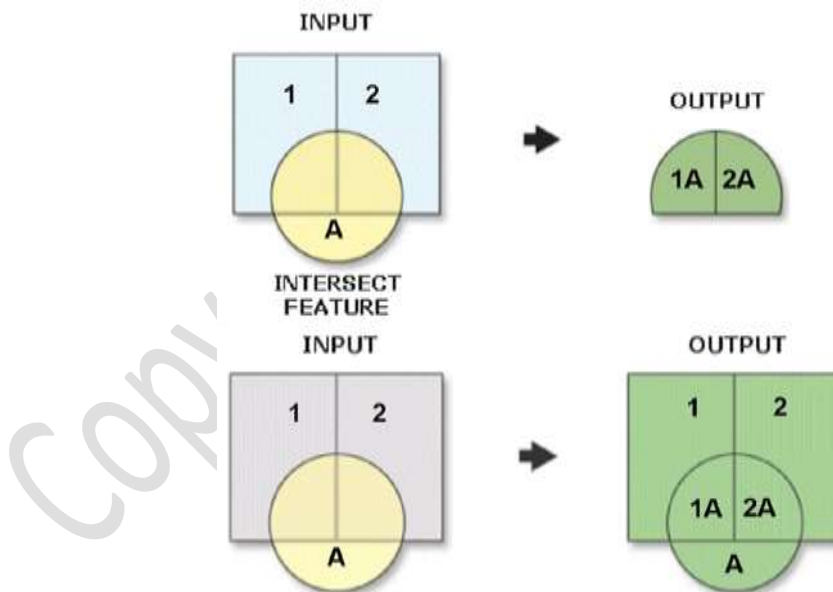
- Guarde el proyecto como Proximidad y mantenga ArcGIS Pro abierto.

## 4. Análisis de superposición

Otro de los análisis más comunes al trabajar con información geográfica es el que tiene que ver con la superposición de capas para la creación de áreas, líneas o puntos que comparten características. En este tema verás las principales herramientas y flujos de trabajo relacionados con este tipo de análisis

La superposición es un tipo fundamental e importante de análisis espacial. El análisis de superposición se usa para explorar las entidades espaciales y de atributos de las capas combinadas. Más específicamente, los datos se superponen para responder preguntas sobre qué entidades geográficas se encuentran encima de otras entidades (por ejemplo, qué delitos se reportan dentro de qué áreas de patrulla). La lección se centra en el uso de superposición en el análisis y cómo los atributos de las capas de entrada se combinan durante el proceso. También aprenderá cómo diferentes herramientas gestionan la extensión de salida de datos cuando se realiza una operación de superposición (por ejemplo, si todas las áreas se conservan en la salida o solo las áreas de superposición). Finalmente, aprenderá sobre otras herramientas que procesan las celdas de un dataset ráster en función de cómo se superponen con otros conjuntos de datos.

El análisis de superposición puede ayudarle a determinar las entidades que se superponen. Cuando superpone un conjunto de entidades con otro, crea información nueva.



*Superposición procesa entidades y atributos en nueva información.*

### Cómo funciona la superposición

#### ¿Qué es la superposición?

El análisis de superposición es la intersección geométrica de múltiples conjuntos de datos para combinar, borrar, modificar o actualizar entidades en un nuevo conjunto de datos de salida. Como aprendió anteriormente, el conjunto de datos de salida

contiene nueva información que combina la información existente de las entradas. La superposición ayuda a responder una de las preguntas básicas en GIS: ¿Qué hay encima de qué?

## Uso de superposición

La superposición permite todas las combinaciones de geometría. La extensión de las entradas no necesita ser idéntica. Las herramientas de superposición siempre dan como resultado la geometría más simple de todas las entradas. Como en el siguiente ejemplo, un polígono y una línea son las entradas y el resultado es una clase de entidad de línea.



Aunque un resultado importante de la superposición es el conjunto de datos espaciales, también se obtiene una tabla de atributos que contiene información valiosa. Todas las herramientas de superposición, excepto **Erase**, producen una clase de entidad de salida en la que se definen y completan atributos adicionales. Tener todos los atributos en una tabla le permite consultar rápidamente una entidad única para descubrir otros atributos o aplicar simbología usando los otros atributos.

Shape	Region	Basin	Subbasin
Polygon	Great Lakes	Western Lake Erie	Sandusky
Polygon	Great Lakes	Western Lake Erie	Lower Maumee
Shape	Name	LengthKM	FlowDir
Polyline	Silver Creek	2.4	1
Polyline	Sandusky River	5.3	2

Shape	Name	LengthKM	FlowDir	Region	Basin	Subbasin
Polyline	Silver Creek	2.4	1	Great Lakes	Western Lake Erie	Lower Maumee
Polyline	Sandusky River	5.3	2	Great Lakes	Western Lake Erie	Sandusky

En la parte superior, se muestran las tablas para los dos datasets de entrada. A continuación, la tabla resultante de la realización de superposición tiene atributos de entradas que se superponen.

Este ejemplo muestra una cuenca hidrográfica. Si tuviera muchas cuencas hidrográficas, los atributos de la cuenca hidrográfica se agregarían a las corrientes que caen dentro de ellas. Puede simbolizar las corrientes en función de la cuenca hidrográfica en la que se encuentran.

## Herramientas de superposición

ArcGIS Pro contiene varias herramientas para realizar análisis de superposición. La herramienta que utiliza depende de la pregunta que desea contestar, los tipos de entidades en sus datos de entrada y las entidades que desea incluir en el resultado.

Herramienta	Descripción
<b>Intersecar/ Intersect</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Combina entidades de intersección (punto, línea o polígono).</li> <li>• Solo las funciones que se superponen entre sí se combinan en la salida. Los valores de atributo de las clases de entidad de entrada se copian a la clase de entidad de salida.</li> <li>• Siempre muestra el tipo de geometría más simple. Por ejemplo, la intersección de un punto o línea con un polígono da como resultado un punto o línea</li> </ul>
<b>Identidad/ Identity</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Combina funciones de cualquier tipo (punto, línea o polígono) con entidades de "identidad", que deben ser polígonos o tener la misma geometría que las entidades de entrada.</li> <li>• El alcance de la clase de entidad de salida tiene el mismo alcance que la clase de entidad de entrada.</li> <li>• Cualquiera de las funciones de entrada que se superponen a las entidades de identidad obtendrá los atributos de esas entidades de identidad.</li> <li>• Las entidades de entrada que no se superponen tienen atributos nulos.</li> </ul>
<b>Borrar/ Erase</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Crea una clase de entidad al superponer las entidades de entrada con los polígonos de las entidades de borrado.</li> <li>• Solo aquellas partes de las entidades de entrada que quedan fuera de las entidades de borrado fuera de los límites se copian en la clase de entidad de salida.</li> </ul>
<b>Contar entidades superpuestas/ Count Overlapping Features</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Genera entidades superpuestas planas a partir de las entidades de entrada.</li> <li>• El recuento de entidades superpuestas se escribe en las entidades de salida.</li> </ul>
<b>Distribuir polígono/ Apportion Polygon</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resume los atributos de una capa de polígono de entrada basándose en la superposición espacial de una capa de polígono de destino y asigna los atributos resumidos a los polígonos de destino.</li> <li>• Los polígonos de destino tienen atributos numéricos sumados derivados de los polígonos de entrada a los que se superpone cada destino. Este proceso se conoce normalmente como distribución.</li> </ul>

Las siguientes herramientas no están en el conjunto de herramientas de superposición, sino que crean información en función de funciones superpuestas.

Herramienta	Descripción
<b>Resumen dentro de/ Summarize Within</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Superpone una capa de polígono con otra capa para resumir el número de puntos, la longitud de las líneas o el área de los polígonos dentro de cada polígono.</li><li>• Calcula estadísticas de resumen sobre los atributos de las entidades dentro de los polígonos.</li></ul>
<b>Área tabulada/ Tabulate Area</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Calcula áreas de entidades que se encuentran dentro de una zona.</li><li>• Zona es una clase de entidad poligonal o un dataset ráster.</li><li>• La entrada puede ser ráster o vector.</li><li>• Emite una tabla.</li><li>• Requiere Spatial Analyst.</li></ul>

## Ejercicio 4: Realizar análisis de superposición

En este ejercicio, utilizará varias herramientas de superposición para ubicar clientes en función de sus relaciones espaciales con los polígonos de tiempo de recorrido. También utilizará las herramientas de Spatial Analyst para resumir la longitud de los arroyos en las cuencas hidrográficas y calcular la cantidad de cada clasificación de uso del suelo en un ráster.

En este ejercicio se realizarán las tareas definidas a continuación:

- Realizar selecciones espaciales basadas en la superposición
- Superponer entidades utilizando Intersect, Identity y Erase
- Obtener un sumatorio de la longitud de todos los ríos de una cuenca hidrográfica
- Calcular las áreas destinadas a determinados usos dentro de una zona de estudio

### Paso 1: Realizar selecciones por localización

En anteriores unidades se han creado los polígonos de Thiessen. En este ejercicio utilizará dicha capa para seleccionar las tiendas que se encuentran dentro de los polígonos. Una forma sencilla de realizar análisis de superposición es mediante selecciones por localización, de forma que obtendremos seleccionadas aquellas entidades que se superponen o se encuentran dentro de otros elementos dentro del mapa.

- Abra el proyecto SNAPCourse y visualice el mapa de proximidad.
- Haga visible únicamente el mapa base existente y la capa Zonas\_Tiendas
- En el panel contenido, cambie el tamaño del símbolo para la capa Customers a 6.
- Haga Zoom al polígono de Thiessen que contiene la mayor cantidad de clientes.



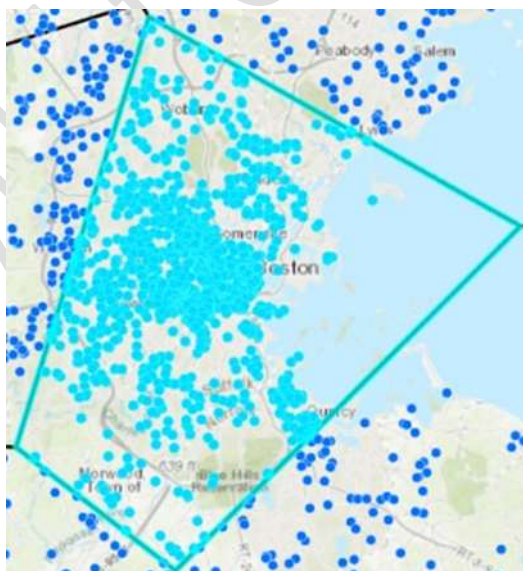
- Desde la pestaña Mapa/ Map, elija la herramienta Seleccionar/ Select

- Haga clic en el polígono de Thiessen para seleccionarlo.



Use la zona seleccionada para seleccionar los clientes que están dentro de ella:

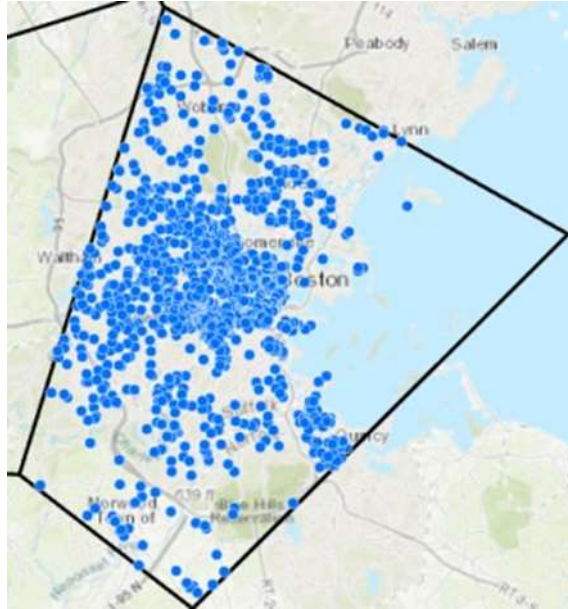
- En la pestaña Mapa/ Map, elija Seleccionar por ubicación / Select By Location.
- Para la Capa de entidades de entrada / Input Feature Layer, elija Customers83
- Para la Relación / Relationship, elija Intersecar / Intersect
- Para Selección de Entidades / Selecting Features, elija Zonas\_Tiendas.
- Haga clic en ejecutar.



Una vez seleccionados los clientes, que se superponen a la zona seleccionada, se procederá a la generación de una nueva capa de la selección que será utilizada para análisis posteriores

En el panel de contenido, haga clic con el botón derecho en la capa Customers, en el ítem selección del menú contextual, y haga clic en Crear capa de entidades seleccionadas / Make Layer From Selected Features

Limpe la selección de la capa Customers.

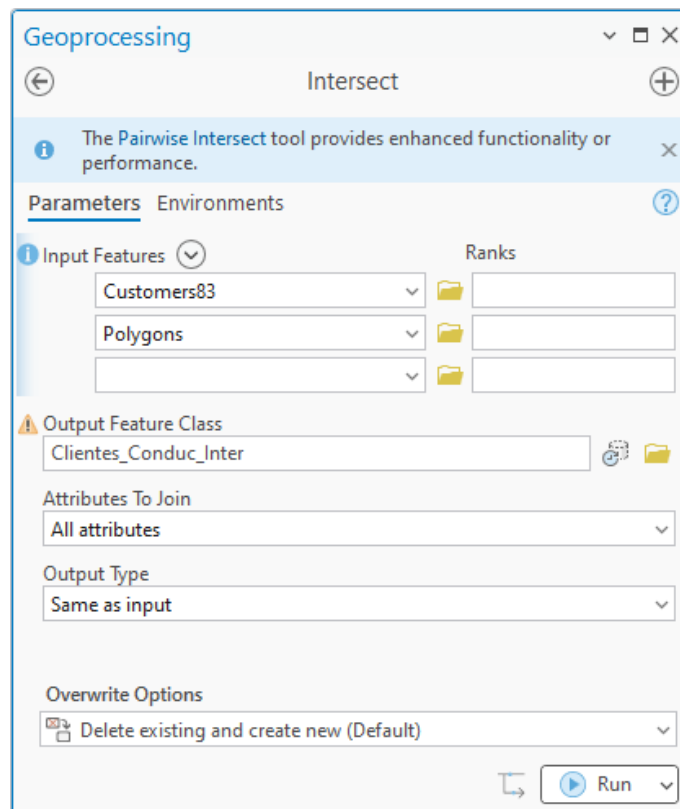


- Guarde el proyecto

## Paso 2: Superponer los clientes con respecto a áreas de servicio obtenidas

En este paso se obtendrán aquellos clientes que viven en un área de influencia determinada por tiempos de conducción. Al igual que en el paso anterior se podría realizar una selección por localización, pero en este caso necesitamos transferir los atributos de la capa Service Area y de la capa Customers dentro del resultado obtenido.

- Haga únicamente visibles Customers, Service Area y el mapa base
- Desde la pestaña Análisis / Analysis, haga clic en Intersect / Intersecar
- Ejecute la herramienta Intersecar / Intersect con los siguientes parámetros:
  - Haz clic en la pestaña Entornos/Environments.
  - Extensión/Extent, elija Customers.H
  - Haga clic en la pestaña Parámetros/Parameters
  - Para las entidades de entrada, elija Customers83 y Service Area\Polygons
  - Para la clase de entidad de salida, escriba **Clientes\_Conduc\_Inter**.



- En el panel contenido, apague la visualización la capa Customers83 y arrastre Clientes\_Conduc\_Inter por encima de la capa Service Area.

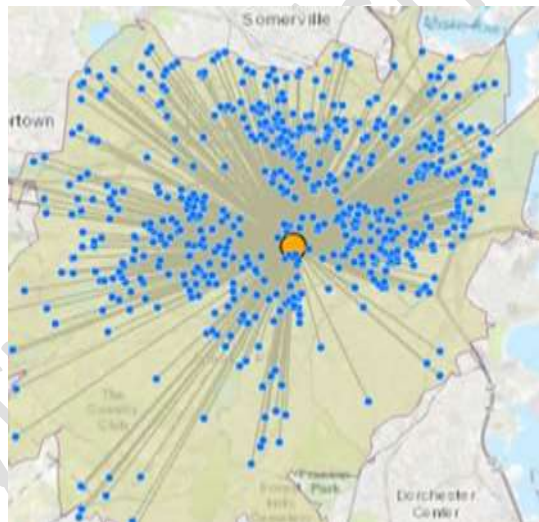


La herramienta Interseccion genera una clase de entidad con los clientes que se superponen con las zonas definidas por los tiempos de conducción. Esta nueva clase de entidad incluirá también los atributos de ambas capas.

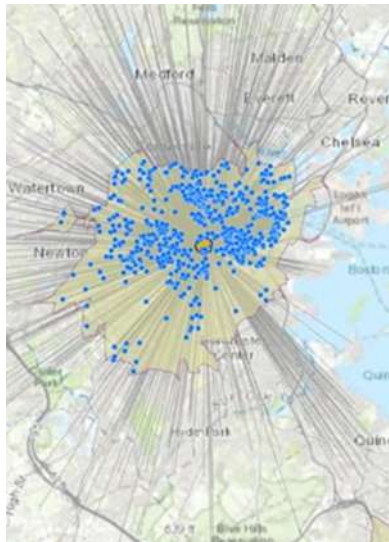
- Abra la tabla de atributos para CustDriveInt.

Podrá consultar para un determinado cliente el ID de la tienda que se encuentra a 15 minutos en coche.

- Cierre la tabla de atributos.
- En la pestaña análisis, haga clic en historial.
- Busque y ejecute la herramienta XY a línea/ XY To Line con los siguientes parámetros:
  - Tabla de entrada: Clientes\_Conduc\_Inter
  - Clase de entidad de salida: Cust15Min
  - Start X Field: X\_Coordinate
  - Start Y Field: Y\_Coordinate
  - End X Field: NEAR\_X
  - End Y Field: NEAR\_Y
- En el panel contenido, cambie el tamaño del símbolo para la capa Clientes\_Conduc\_Inter a 4 pt.
- Haga Zoom al polígono que representa el área de servicio de Boston.



- En el panel Contenido, active y desactive la capa Stores\_16\_KM para ver la diferencia entre 10 y 15 minutos.



Mediante esta visualización es posible determinar para de donde vienen los clientes, cuanto están dispuesto a desplazarse y donde podría existir nuevos clientes potenciales.

- Guarde el proyecto

### Paso 3: Superponer los clientes y las áreas de tiempo de conducción

En este paso se utilizará la herramienta Identity para anexar a la capa de clientes, los campos de tiempo existentes dentro de los polígonos que representan tiempos de conducción.

- En el panel contenido, haga que Customer, Service Area y el mapa base sean las únicas capas visibles.
- En el panel geoprocesamiento, busque Identidad / Identity. Ejecute la herramienta de identidad con los siguientes parámetros:
  - Entidades de entrada: Customer
  - Entidades de identidad: Service Area/Polygons
  - Clase de entidad de salida: CustIdentity
- En el panel contenido, apague la capa Customers.
- Todas las entidades mantienen en la salida. La diferencia es que las entidades tienen atributos de Customer y tiempos de conducción.
- Abra la tabla de atributos CustIdentity.
- Desplácese hasta el extremo derecho de la tabla

FID_SAPolygons1	FacilityID	Name
-1	0	
-1	0	
-1	0	
-1	0	
-1	0	
-1	0	
1	1	Location 1 : 0 - 15
-1	0	
-1	0	
1	1	Location 1 : 0 - 15
1	1	Location 1 : 0 - 15
-1	0	
-1	0	
1	1	Location 1 : 0 - 15

- Cierre la tabla de atributos.
- Acérquese en pantalla a la tienda situada más al sur.
- Haga clic en un cliente del polígono de tiempo de conducción.

El cliente tiene almacenados atributos de tiempo de conducción.

Miles	3.89879
Kilometers	6.273154
FID_SAPolygons1	1
FacilityID	1
Name	Location 1 : 0 - 15
FromBreak	0
ToBreak	15

- Haga clic en un cliente fuera del polígono de tiempo de conducción.

Miles	5.342014
Kilometers	8.5953
FID_SAPolygons1	-1
FacilityID	0
Name	
FromBreak	0
ToBreak	0

No existen tiempos de conducción porque el cliente queda fuera del área de servicio.

En los resultados de la herramienta Identidad, podría simbolizar diferentes colores para un cliente en función de si ese cliente se encuentra dentro de los 15 minutos de una tienda.

- Guarde el proyecto.

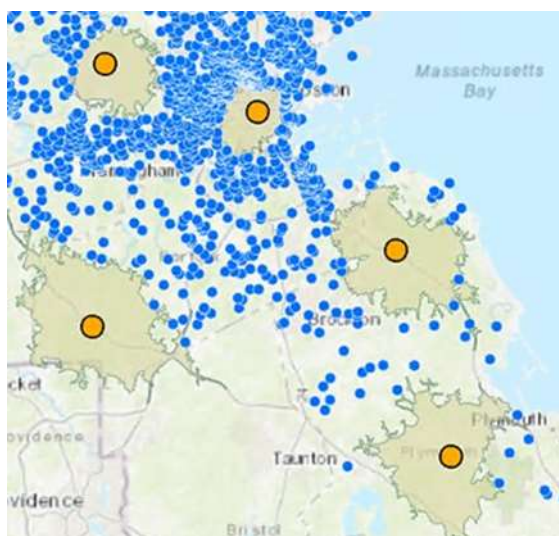
#### Paso 4: Eliminar clientes a menos de 15 minutos de una tienda

Suponga que quiere encontrar una ubicación para una nueva tienda. Debe crear un mapa de clientes potenciales que excluya a los clientes que estén a 15 minutos de otras tiendas. Puede usar una herramienta de superposición denominada Borrar/Errese para eliminar clientes que se superponen a los polígonos de tiempo de conducción.

- En el panel Geoprocesamiento, busque Borrar/ Erase.
- Ejecute la herramienta Borrar/ Erase con los siguientes parámetros:
  - Entidades de entrada: Customers83
  - Entidades de eliminación: Service Area\Polygons
  - Clase de entidad de salida: Clientes\_Potenciales

En el panel contenido, haga que los PotentialCustomers, Service Area y el mapa base sean las únicas capas visibles

- Disminuya el zoom en el mapa hasta que pueda visualizar alguno de los polígonos de tiempo de conducción.



Únicamente podrá visualizar aquellos clientes que se encuentran a más de 15 minutos de otra tienda

- Guarde el proyecto.

### Paso 5: Sumatorio de la longitud de los arroyos de una cuenca

Anteriormente, preparó datos para Ohio. En este paso utilizará estos datos para realizar un análisis de superposición que permita determinar la longitud total de los ríos existente dentro de una cuenca hidrográfica.

- Prepare ArcGIS Pro:
  - Abra o active el mapa de Ohio.
  - Haga que Ohio y Suelos\_Ohio sean las únicas capas visibles.
  - Haga Zoom al área de Cleveland en el noreste de Ohio.

Debido a la cantidad de entidades existentes, enfocará su análisis para ahorrar tiempos de procesamiento en un subconjunto de ellas.

- En la pestaña mapa, haga clic en la herramienta seleccionar.

- Seleccione tres cuencas hidrográficas dibujando un recuadro que toque las siguientes entidades:



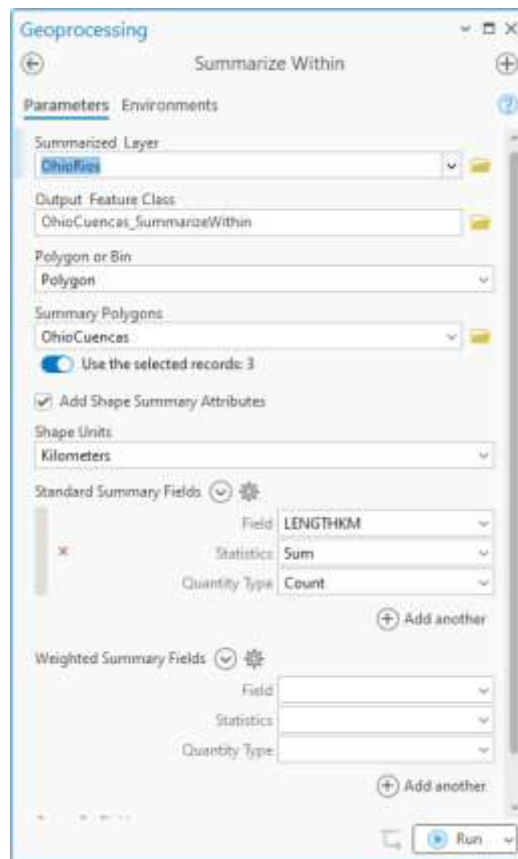
Obtendrás una duración total de las transmisiones dentro de las tres cuencas hidrográficas seleccionadas.



- En el panel geoprocesamiento, haga clic en la pestaña caja de herramientas.
- Expanda Herramientas de análisis/ Analysis Tools y expanda Estadísticas/ Statistics.

Utilizará la herramienta Resumir/ Summarize para obtener la longitud total de los ríos en cada cuenca.

- Ejecute la herramienta Resumir dentro de/ Summarize Within con los siguientes parámetros:
  - Polígonos de entrada: OhioCuencas
  - Entidades de resumen de entrada: OhioStreams
  - Clase de entidad de salida: StreamSummary
  - Campo: LENGTHKM
  - Estadística: suma
  - Unidades: Kilómetros
  - Haga clic en la pestaña Entornos, y configure Extensión en Ohio.



- En el panel contenido, apague las capas Ohio y OhioCuencas



Las tres cuencas hidrológicas que seleccionó son las únicas entidades existentes en la clase de entidad de salida.

- Examine la tabla de atributos para StreamSummary, y desplácese hacia la derecha.
- Observe como tiene la longitud total por de los ríos en cada cuenca hidrográfica.

Summarized length in KILOMETERS	Sum LENGTHKM
793.917692	794.465914
498.310994	498.446372
1001.090066	1001.908226

- Cierre cualquier tabla de atributos abiertas y limpie la selección.
- Guarde el proyecto.

## Paso 6: Calcular el área total para cada tipo de suelo

Anteriormente, extraje solo el NLCD para Ohio utilizando la herramienta Extraer por máscara / Extract By Mask. En este paso, utilizará esos datos para ayudar a determinar el área total de cada tipo de suelo existente en cada cuenca.

- En el panel Contenido, haga que OhioCuencas, Suelos\_Ohio y el mapa base sean las únicas capas visibles.

En el panel geoprocesamiento, haga clic en la pestaña Caja de herramientas / Toolboxes.

- Expanda la caja de herramientas de Análisis Espacial / Spatial Analyst

Utilizará una herramienta de análisis zonal para obtener una tabla con el área de cada uso de suelo dentro de cada cuenca hidrográfica.

- Ejecute la herramienta Área Tabulada/ Tabulate Area con los siguientes parámetros:
  - Raster de entrada o entidad de zona: OhioCuencas
  - Campo de zona: HUC\_8
  - Datos de clase de ráster o de entidad de entrada: Suelos\_Ohio
  - Campo de clase: Category
  - Tabla de salida: LanduseArea
  - Desde la pestaña Entornos/Environments, asegúrese de que la extensión está establecida en Predeterminado.
- Ejecute la herramienta
- En el panel contenido, debajo de Standalone Tables, abra la tabla LanduseArea.

Una vez obtenida la tabla LanduseArea, es posible unirla con la capa OhioCuencas que contiene dicha clasificación de usos de suelo

- Cierre la tabla LanduseArea.
- Guarde el paquete de proyecto como Superposicion.ppkx.

## 5. Análisis de Superficies

Las superficies representan fenómenos continuos que tienen valores en todos los puntos de su extensión, para poder modelizar estos fenómenos se emplea el modelo de datos ráster. En este tema verá los principales flujos de creación de superficies a partir de datos puntuales así como la obtención de superficies derivadas.

La palabra "interpolar" significa estimar un valor que se encuentra entre otros dos valores. Desde una perspectiva GIS, la interpolación espacial se refiere al proceso de estimar o predecir los valores de datos desconocidos para ubicaciones específicas utilizando los valores de datos conocidos. Con GIS, puede usar muestras puntuales para modelar superficies complejas que se adapten a sus necesidades específicas y proporcionen la información necesaria para tomar decisiones informadas y defendibles.

ArcGIS te puede ayudar a ti y a tu organización a encontrar respuestas a las cuestiones espaciales que no son obvias con un simple vistazo a un mapa estático. Los análisis SIG implican seguir un flujo de trabajo determinado que te ayude a identificar la cuestión que estas intentando resolver, los criterios y datos que necesitas y las herramientas de ArcGIS que utilizarás para realizar el análisis. Realizar análisis en tus datos te da un mejor y mayor conocimiento de las relaciones espaciales que existen entre las entidades y te puede ayudar a determinar por qué las cosas ocurren donde ocurren. Luego puedes usar esta información para tomar decisiones y hacer planes de futuro.

El análisis de superficie implica varios tipos de procesamiento, entre los que se incluyen la extracción de nuevas superficies a partir de superficies existentes, la reclasificación de superficies y la combinación de superficies.

### Primera ley de la geografía de Tobler

El renombrado geógrafo y cartógrafo Waldo Tobler formuló una declaración conocida como la Primera Ley de la Geografía:

"Todo está relacionado con todo lo demás, pero las cosas cercanas están más relacionadas que las distantes".

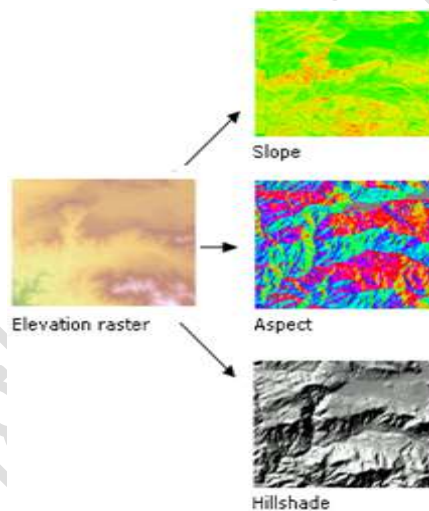
La Primera Ley de la Geografía de Tobler es la base de uno de los conceptos más importantes en el análisis espacial: la autocorrelación espacial. La autocorrelación espacial es una medida del grado en que un conjunto de características espaciales y sus valores de datos asociados tienden a agruparse en el espacio (autocorrelación espacial positiva) o distribuirse aleatoriamente (sin autocorrelación). La autocorrelación espacial es un concepto importante que se utiliza en la interpolación y las estadísticas espaciales.

## ¿Qué es la Extensión ArcGIS Spatial Analyst?

La Extensión ArcGIS Spatial Analyst proporciona una amplia variedad de recursos importantes dedicados al análisis y modelado espacial. Podrá crear, consultar, trazar mapas y analizar datos de rásteres basados en celdas; llevar a cabo un análisis integrado del ráster/vector; obtener información nueva de los datos existentes; consultar la información a través de varias capas de datos; así como integrar completamente los datos de rásteres basados en celdas con fuentes de datos vectoriales tradicionales.

## Aplicaciones

Entre algunos de los ejemplos de funciones que puede realizar se incluyen la obtención de las distancias a partir de puntos, polilíneas o polígonos; el cálculo de la densidad de población a partir de cantidades medidas en puntos concretos; la reclasificación de los datos existentes en clases de adecuación; o la creación de resultados de pendiente, orientación o sombreados a partir de los datos de elevación.



### **Hallar ubicaciones adecuadas.**

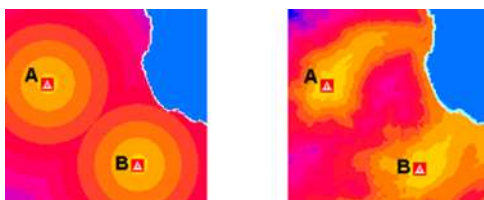
Halle las áreas más adecuadas para determinados objetivos (por ejemplo: el emplazamiento de un nuevo edificio o el análisis de las zonas de alto riesgo de inundación o corrimientos de tierra) mediante la combinación de capas de información.

Por ejemplo, basándose en un conjunto de criterios de entrada que definen que las áreas, con más suelo disponible, con el terreno con menor pendiente y que se encuentran más próximas a las carreteras son las más adecuadas para un proyecto de desarrollo, la siguiente imagen muestra las ubicaciones más adecuadas en verde, aquellas de adecuación media en amarillo y las menos adecuadas de color marrón.



### Llevar a cabo los análisis de distancia y coste del trayecto.

Crear superficies de distancia euclidiana, que permitan conocer la distancia en línea recta existente de una ubicación a otra, o bien crear superficies de distancia con coste ponderado para conocer los costes del trayecto de una ubicación a otra, según un conjunto de criterios de entrada especificados.

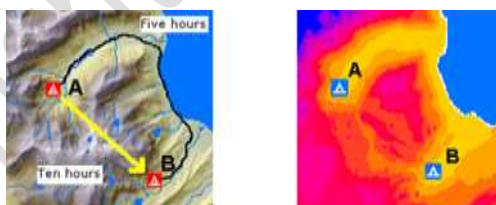


*Análisis de distancia y coste del trayecto.*

Puede calcular la distancia en línea recta existente desde una ubicación (celda) al origen más cercano, o bien puede calcular el coste del trayecto de una ubicación al origen más cercano.

### Identificar la mejor ruta existente entre ubicaciones.

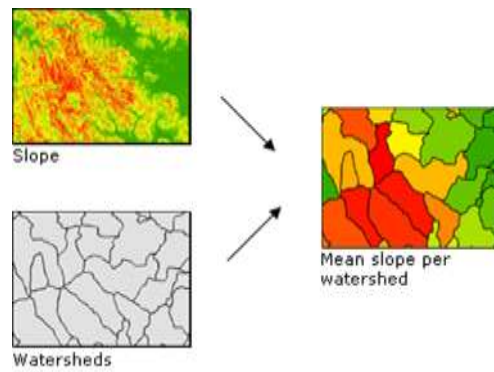
Identifique la mejor ruta o los corredores óptimos para carreteras, redes de abastecimiento, etc. teniendo en cuenta criterios económicos, medioambientales, etc.



La ruta más corta no siempre ha de ser la más económica y existen diversas trayectorias alternativas que podrían tenerse en cuenta.

### Llevar a cabo análisis estadísticos según el entorno local, los vecindarios pequeños o las zonas predeterminadas.

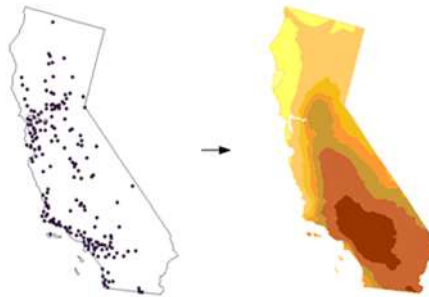
Realizar cálculos a nivel de celda entre diferentes rásteres, como por ejemplo un cálculo de la media de productividad de cultivos en un periodo de 10 años. Estudiar una vecindad calculando, por ejemplo, la variedad de especies existentes en un determinado habitat. Determinar valores medios de una, como la elevación media de cada zona forestal.



*Realizar cálculos zonales, como la pendiente media del terreno existente en cada cuenca hidrográfica.*

### **Interpolar valores de datos para un área de estudio basado en muestras.**

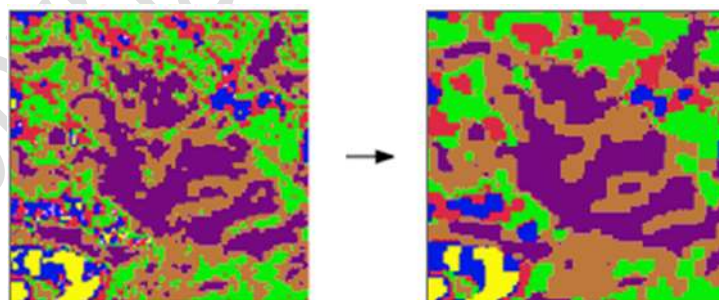
Medir fenómenos en determinadas ubicaciones de una muestra y predecir los valores para el resto de las ubicaciones mediante la interpolación de valores de datos. Crear superficies ráster continuas a partir de puntos de elevación, contaminación o ruido.



*Interpolar datos de muestra de puntos en una superficie de ráster continuo*

### **Limpiar datos para la realización de análisis o visualización.**

Limpiar datasets rásteres de datos que sean erróneos, irrelevantes de cara al análisis a realizar o más detallados de lo que necesita.



*Generalizar un ráster de entrada*

Arriba se han expuesto algunos ejemplos de los tipos de análisis que se pueden llevar a cabo con la extensión ArcGIS Spatial Analyst.

La funcionalidad de la extensión ArcGIS Spatial Analyst está disponible a través de un gran número de herramientas de geoprocésamiento. Puede utilizar estas herramientas en forma individual para lograr tareas detalladas y específicas. Si necesita realizar la misma operación en diversas entradas o ejecutar una secuencia

de operaciones para modelar y analizar relaciones espaciales complejas, puede automatizar el flujo de trabajo ejecutando herramientas de geoprocésamiento dentro de un modelo o un entorno de secuencia de comandos, como Python.

Existen un amplio rango de funcionalidades analíticas en ArcGIS Spatial Analyst. Estas capacidades se pueden categorizar en grupos de funcionalidades relacionadas que se organizan en los conjuntos de herramientas de geoprocésamiento correspondientes. La siguiente tabla incluye estos conjuntos de herramientas y proporciona una breve descripción de las funcionalidades proporcionadas por cada uno.

<b>Conjunto de herramientas</b>	<b>Descripción</b>
<b>Densidad / Density</b>	<p>Al calcular la densidad, expande los valores de entrada sobre una superficie. La magnitud en cada ubicación de muestra (línea o punto) se distribuye en todo el paisaje y se calcula un valor de densidad para cada celda en el ráster de salida.</p> <p>Por ejemplo, el análisis de densidad puede tomar los conteos de población asignados a centros de ciudades y distribuir las personas por todo el paisaje de una forma más realista.</p>
<b>Distancia / Distance</b>	<p>Hay dos formas principales de realizar el análisis de distancia en ArcGIS Spatial Analyst: distancia euclidiana y coste de distancia. Las herramientas de Distancia euclidiana miden la distancia en línea recta desde cada celda al origen más cercano, donde el origen identifica los objetos de interés. La herramienta Coste de distancia (o distancia con coste ponderado) extiende la distancia euclidiana agregando un factor de coste al viaje a través de cualquier celda en particular. Se puede modelar más complejidad de distancia con las herramientas de Distancia de ruta, las cuales pueden incorporar restricciones verticales y horizontales al movimiento. También hay herramientas para identificar corredores y rutas sobre el entorno.</p> <p>Un ejemplo de aplicación de las herramientas de distancia es determinar que, aunque sea más corto subir la montaña en una ruta directa al destino, de hecho, sería más fácil y, por lo tanto, más rápido caminar alrededor de ella.</p>
<b>Extracción / Extraction</b>	<p>Las herramientas de Extracción permiten extraer (recortar) un subconjunto de celdas por su ubicación espacial o por los atributos de celda. La ubicación puede identificarse mediante una forma en particular, como un círculo o polígono. Se puede utilizar una consulta lógica sobre los valores del atributo para definir las celdas que se extraerán.</p>

	<p>Un ejemplo es extraer celdas superiores a los 100 metros en elevación desde un ráster de superficie.</p>
<p><b>Generalización/ Generalization</b></p>	<p>Muchas veces, un dataset ráster contiene datos que son erróneos o irrelevantes para el análisis a realizar, o son más detallados de lo necesario. Las herramientas de Generalización ayudan a identificar esas áreas y automatizan la asignación de valores más confiables a las celdas que componen las áreas.</p> <p>Por ejemplo, si un dataset ráster se derivó de la clasificación de una imagen de satélite, puede contener muchas áreas pequeñas y aisladas que se clasifican incorrectamente. Al utilizar las herramientas de generalización, puede limpiar los datos.</p>
<p><b>Interpolación/ Interpolation</b></p>	<p>Las herramientas de interpolación de superficie crean una superficie (o predicción) continua a partir de valores de punto muestreados. Mientras que la representación de superficie continua de un dataset ráster, por lo común, se utiliza para la elevación (altura), también puede representar otro fenómeno como el pH del suelo, la concentración de contaminación o el ruido.</p>
<p><b>Álgebra de mapas / Map Algebra</b></p>	<p>Las expresiones de Algebra de mapas se pueden introducir en la herramienta Calculadora ráster para ejecutar el Spatial Analyst.</p>
<p><b>Reclasificar/ Reclass</b></p>	<p>Reclasificar los datos significa simplemente reemplazar los valores de celda de entrada con valores de celda de salida nuevos.</p> <p>Puede reclasificar los datos de varias formas: por valores individuales o por rangos, intervalos o áreas, o mediante un valor alternativo.</p> <p>Algunas razones comunes para reclasificar los datos incluyen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reemplazar valores individuales basados en información nueva</li> <li>• Agrupar determinados valores</li> <li>• Reclasificar valores a una escala común</li> <li>• Asignar valores de celda específicos a NoData</li> </ul> <p>Configurar celdas NoData a un valor</p>
<p><b>Superficie/ Surface</b></p>	<p>Con estas herramientas, puede derivar información nueva acerca de un dataset de superficie. Para cada ubicación, puede determinar el ángulo de la superficie (pendiente), la dirección</p>

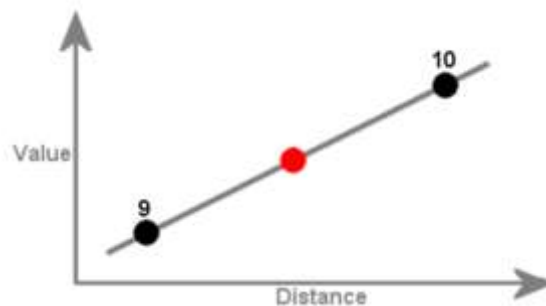
de la pendiente descendente más empinada (orientación), o la derivada segunda de la superficie (curvatura).

También puede generar un dataset de línea que conecte las ubicaciones de igual valor (curvas de nivel), crear un relieve sombreado, calcular los cambios de volumen entre dos superficies y determinar la visibilidad de las ubicaciones.

## Interpolando Superficies

### ¿Qué es la interpolación?

La interpolación es el proceso para estimar valores desconocidos existentes entre valores conocidos.



*En el ejemplo, una línea recta pasa entre dos puntos de valores conocidos. Puedes estimar el valor del punto desconocido al encontrarse a mitad de distancia entre ambos valores. El valor interpolado para el punto medio podría ser 9.5.*

Las herramientas de interpolación de superficie crean superficies continuas a partir de valores de puntuales obtenidos como muestra.

Realizar medidas de todas las ubicaciones de un área de estudio para determinar alturas, concentraciones o magnitudes de un fenómeno generalmente es difícil o costoso. En cambio, puede medir el fenómeno en ubicaciones de muestra, dispersadas estratégicamente de manera que a posteriori se puedan asignar valores al resto de localizaciones. Las muestras realizadas pueden seguir un patrón regular, pueden ser aleatorias o estar basadas en un esquema de muestreo predefinido.

La representación de la superficie continua de un dataset ráster representa medidas, como elevaciones, concentraciones o magnitudes (por ej. elevación, acidez o nivel de ruido). Las herramientas de interpolación de superficie hacen predicciones a partir de mediciones efectuadas en muestras.

Las herramientas de interpolación, por lo general, se dividen en métodos determinísticos y estadísticos.

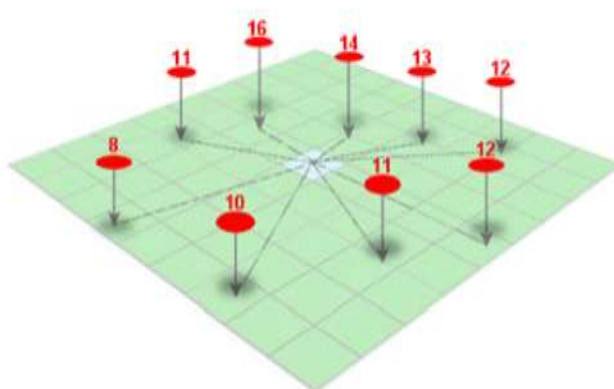
- Los métodos determinísticos de interpolación asignan valores a las ubicaciones basándose en los valores medidos circundantes y en fórmulas

matemáticas específicas que determinan la suavidad de la superficie resultante.

- Los métodos determinísticos incluyen IDW (ponderación de distancia inversa), Vecino natural, Tendencia y Spline.
- Los métodos estadísticos están basados en modelos estadísticos que incluyen la autocorrelación (la relación estadística entre los puntos medidos). Gracias a esto, las técnicas de estadística geográfica no sólo tienen la capacidad de producir una superficie de predicción, sino que también proporcionan alguna medida de certeza o exactitud de las predicciones.
- Kriging es un método de interpolación de estadísticas geográficas.

Las herramientas de interpolación restantes, De topo a ráster y De topo a ráster por un archivo, utilizan un método de interpolación diseñado específicamente para crear superficies continuas a partir de líneas de curvas de nivel, y los métodos también contienen propiedades favorables para crear superficies para el análisis hidrológico.

La interpolación espacial, calcula los valores desconocidos, partiendo de un conjunto de puntos distribuidos homogéneamente en un área, y cuyos valores son conocidos. La distancia entre la celda cuyo valor es desconocido, a cualquier punto de la muestra, contribuye decisivamente en la estimación final del valor.



*Los valores desconocidos estimado para una determinada celda, es función de la distancia existente a todos y cada uno de los puntos de la muestra.*

Se podría realizar una interpolación espacial para crear superficies partiendo de un número de puntos de muestra, cuanto mayor sea el número de puntos empleados mejor definida estará la superficie determinada.

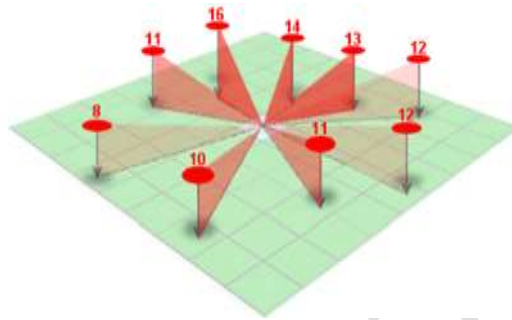
En general los puntos de muestreo deberán estar distribuidos homogéneamente a través del área de estudio. Algunas zonas, pueden requerir una mayor densidad de puntos debido a un determinado fenómeno concentrado en esa localización.

### **Autocorrelación espacial**

El principio subyacente de la interpolación espacial es la primera ley de la geografía. Formulada por Waldo Tobler, esta ley establece que todo está relacionado con todo lo demás y que las cosas que están cerca tienden a tener características similares.

La propiedad que mide el grado en que afecta la cercanía o lejanía de objetos en las relaciones entre ellos, se denomina autocorrelación espacial. Atendiendo a este criterio, si llueve en un lado de la calle, se puede prever con un alto nivel de confianza que está lloviendo en el otro lado de la calle. Tendría menos certeza sobre si está lloviendo en todo el pueblo, y menos aún acerca del estado del tiempo en una provincia adyacente.

La mayoría de los métodos de interpolación aplican la autocorrelación espacial dando mayor peso o importancia a los puntos de la muestra más cercanos a una determinada ubicación, que a los que estén más alejados.

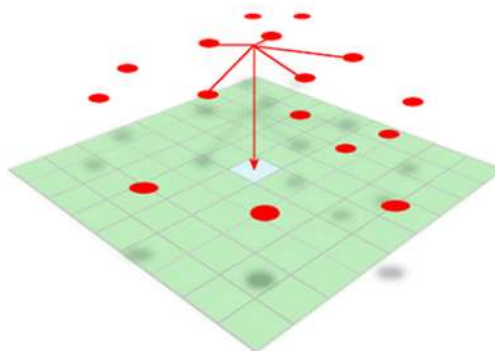


*En la imagen, los triángulos más oscuros indican una mayor influencia de los puntos de la muestra en la determinación del valor de la celda*

### **Tamaño de la muestra**

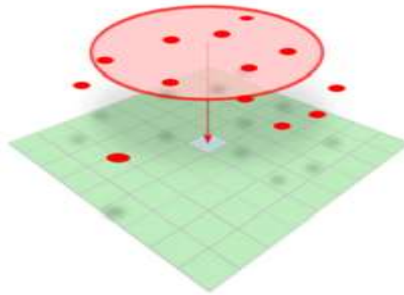
La mayoría de los métodos de interpolación, permiten controlar el número de puntos de la muestra, usados para estimar los valores de la celda. Por ejemplo, si limitas el tamaño de la muestra a 5 puntos, el interpolador únicamente utilizará los 5 puntos más cercanos para estimar el valor de la celda.

La distancia a cada punto de la muestra varía dependiendo de la distribución de los puntos. Si tienes una gran cantidad de puntos muestreados, y reduces el número de puntos a utilizar en el cálculo, aumentará la velocidad de cálculo al reducirse el número de puntos que serán utilizados para estimar el valor de la celda.



*Cuando el tamaño de la muestra se reduce a 5 puntos, como en el caso de la imagen, únicamente los 5 puntos más cercanos serán utilizados en el cálculo del valor estimado de la celda. El resto de puntos serán desechados.*

Puedes controlar también el tamaño de la muestra definiendo un radio de búsqueda. El número de puntos encontrados dentro de dicho radio, dependerá de la distribución espacial de dichos puntos. Se pueden utilizar algunos o todos los puntos encontrados para el cálculo del valor de la celda.



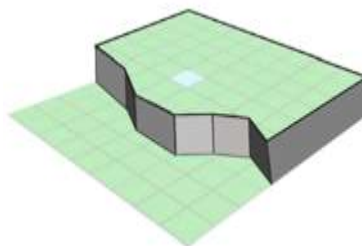
*Si el radio de búsqueda ha sido determinado, solo los valores de los puntos de la muestra encontrados dentro de dicho radio se utilizarán para calcular el valor estimado de la celda. Si el radio de búsqueda es variable y el número mínimo de puntos es de 8, el radio de búsqueda variará hasta contener los 8 puntos establecidos.*

Por tanto, a la hora de definir el número de puntos que participarán en el cálculo podremos hacerlo de dos maneras:

- Estableciendo un radio de búsqueda, de manera que todos los puntos contenidos en dicho radio se utilizarán para la interpolación
- Estableciendo un número de puntos, de manera que el radio de búsqueda será variable hasta completar dentro de él, el número de puntos establecidos.

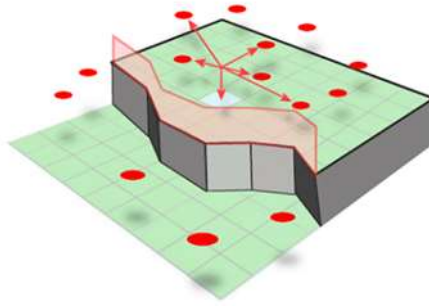
### **Barreras de interpolación**

Las barreras físicas que existen en cualquier terreno, como pueden ser ríos o acantilados, presentan cambios abruptos que hay que tener en cuenta cuando se creamos modelos digitales del terreno utilizando un método de interpolación. Los valores a cada lado de la barrera representan una interrupción en los valores de superficie al ser drásticamente diferentes.



*Los valores de elevación cambian de manera repentina cerca de por ejemplo un acantilado, influyendo en gran medida en los valores estimados para las celdas.*

La mayoría de los métodos de interpolación tienden a suavizar esas diferencias, calculando valores medios a ambos lados de la interrupción. El Método Inverse Distance Weighter permite incluir barreras en el análisis. Las barreras permiten prevenir que el interpolador utilice en el cálculo, puntos que se encuentran en el otro lado de la interrupción



*Cuando utilizas barreras en la interpolación, el valor estimado para la celda es únicamente calculado desde los puntos existentes a un lado de la barrera.*

## Métodos de interpolación

En ocasiones es difícil decidir qué método de interpolación es mejor para realizar un determinado estudio. Aunque Kriging proporciona el análisis más complejo, esto no significa que sea el mejor método a emplear.

El método de interpolación a escoger dependerá fundamentalmente del grado de conocimiento que se tenga, de los datos con lo que se vaya a trabajar.

Los cuatro métodos de interpolación más comunes son:

- Inverse Distance Weighted (IDW): literalmente está basado en el concepto de autocorrelación espacial. Asume que cuanto más cerca esté un punto de la muestra a la celda a la que se quiere estimar el valor, más se parecerá este valor al valor del punto de la muestra.
- Spline: este método garantiza la obtención de superficies suavizadas.
- Kriging: es uno de los métodos de interpolación más complejos y potentes. Aplica métodos estadísticos sofisticados que consideran características únicas de dataset. Para su utilización es necesario tener una base sólida de métodos y conceptos geoestadísticos.
- Natural Neighbors: interpola una superficie basándose en la distribución espacial de los puntos de la muestra. El valor estimado es obtenido aplicando pesos a los valores de muestra más cercanos a él.

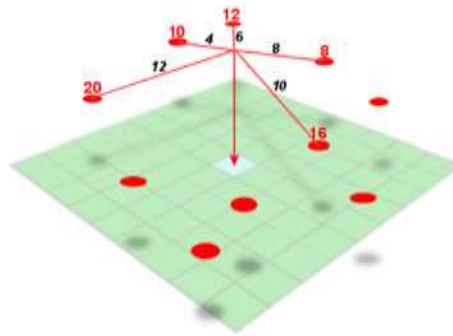
### Inverse Distance Weighted

Este método es prácticamente el más sencillo de comprender dentro de los métodos de interpolación. Cuando utilizas este método, estás suponiendo que todos los puntos tienen el mismo peso en el cálculo.

Este método trabaja mejor para muestras homogéneas con una gran cantidad de puntos. No considera ningún tipo de tendencia existente en los datos, por ejemplo, si los valores de la superficie actual cambian más en la dirección Norte-Sur (por la pendiente, el viento o cualquier otro valor), la superficie interpolada podría tener en cuenta esta característica para preservarla.

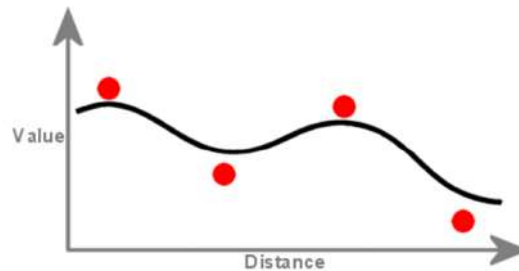
La interpolación IDW considera los valores de los puntos de la muestra y la distancia de separación entre ellos. Los valores de los puntos de la muestra más cercanos a la

celda donde se quiere estimar su valor, tendrán más influencia que los valores que se encuentran más alejados.



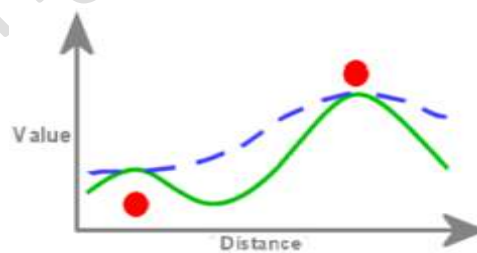
*Cada uno de los puntos de la muestra, tienen diferentes valores y están a diferentes distancias de la celda cuyo valor se ha de estimar.*

Los valores estimados obtenidos son promedios, por lo tanto estarán siempre dentro del rango de valores (máximo - mínimo) de puntos de la muestra. La superficie de elevación obtenida suavizará tanto elevaciones como valles.



*La superficie creada con IDW no excederá del rango de valores de los puntos de la muestra, no pasando a través de ellos.*

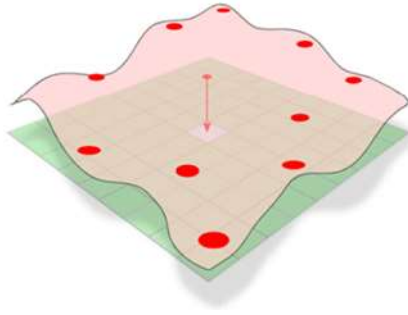
Se puede ajustar la influencia relativa de los puntos de la muestra. Es decir se puede incrementar la influencia que los puntos de control tienen sobre el proceso de interpolación, acentuando picos y valles.



*La línea sólida representa más influencia.*

## **Spline**

En lugar de un promedio de valores, como hace el método IDW, el método de interpolación Spline se adapta a una superficie flexible a través de los valores puntuales de la muestra.



*El método de interpolación Spline, estima los valores desconocidos adaptando una superficie a través de los puntos de la muestra.*

El método de interpolación Spline es conveniente para estimar valores altos o bajos que no se incluyen en los puntos de la muestra.



*La superficie creada con el método de interpolación Spline pasa por cada uno de los puntos de control y puede exceder el rango de valores del conjunto de puntos de la muestra.*

En el caso que los puntos de la muestra este muy cercanos y que existan grandes diferencias en sus valores, este método de interpolación no trabajará bien.

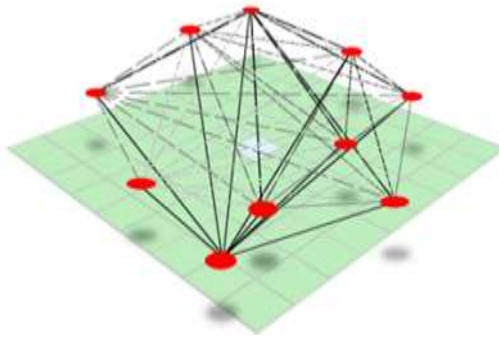
Los fenómenos que provocan cambios repentinos en los valores de la superficie (acantilados, líneas falla...), no son representados correctamente por superficies con curvas suavizadas. Para este tipo de fenómenos es conveniente la utilización de la interpolación IDW, donde se pueden utilizar barreras que modelen cambios bruscos en los valores.

Existen dos tipos de Spline: Regularized y Tensión.

- Tensión: genera superficies más planas que el tipo Regularized para los mismos puntos de la muestra, forzando que los puntos estimados sean cercanos a los puntos de la muestra. Se puede decir que el método Tensión produce una superficie más rígida que la creada por el método Regularized que es más elástica.

## **Kriging**

Como IDW, Kriging es una técnica basada en la ponderación de valores promediado con la diferencia que la formula usada en kriging es matemáticamente mucho más sofisticada. Kriging mide la distancia entre todos los posibles pares de puntos de la muestra y utiliza esta información para modelar la autocorrelación espacial en la superficie que estas interpolando.



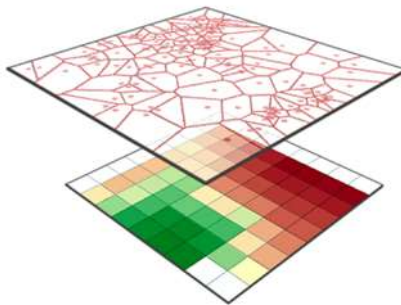
*Cuando interpolas una superficie utilizando Kriging, la distancia y la dirección de todos los pares de puntos se cuantifica para proporcionar información sobre la autocorrelación espacial. Después el mejor modelo es automáticamente aplicado a los datos, estimando los valores desconocidos para las celdas.*

Existen dos métodos generales ampliamente utilizados: Ordinary y Universal.

- Universal Kriging asume que existe una tendencia o direccionalidad en los datos. Por ejemplo, podrías conocer cuáles son los vientos predominantes o la menor pendiente de una colina a través de los datos.
- Ordinary Kriging asume que no existen tendencias en los datos (asunción estándar).

### **Natural Neighbors**

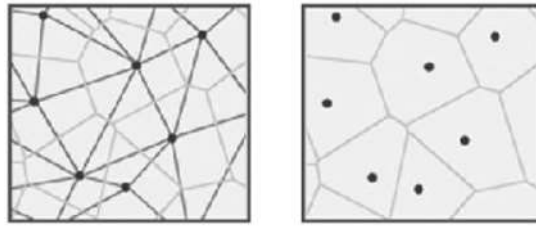
En la interpolación Natural Neighbors, los valores estimados para una determinada localización son un promedio ponderado de los valores de los vecinos naturales. El peso es proporcional al área definida por los polígonos Voronoi calculados para cada uno de los valores.



*Arriba: polígonos de Voronoi determinados desde un conjunto de puntos de entrada.*

*Abajo: para cada celda en el raster de salida, el promedio ponderado de los valores de los centros de las celdas de los vecinos más próximos.*

En la imagen de la izquierda los puntos de la muestra son conectados por la triangulación de Delaunay, con los polígonos de Voronoi de fondo. En la imagen de la derecha, se han construido los polígonos de Voronoi, a partir de la intersección de las mediatrices de las aristas de la triangulación. El resultado, son polígonos que encierran el área más cercana a cada punto de la muestra.



## Herramientas de interpolación disponibles

En la siguiente tabla se enumeran las de herramientas de Interpolación disponibles y una breve descripción de cada una.

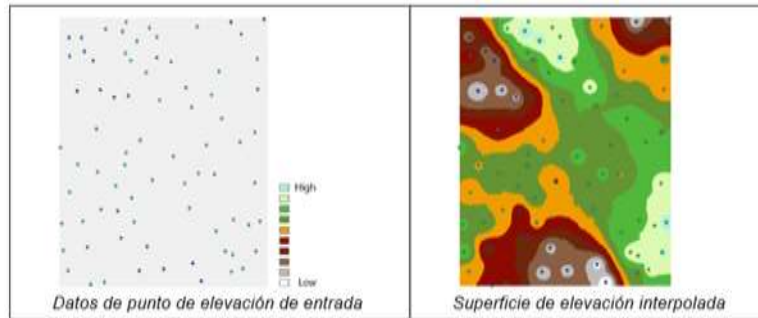
Herramienta	Descripción
<b>IDW</b>	Interpola una superficie ráster a partir de puntos utilizando una técnica de distancia inversa ponderada (IDW).
<b>Kriging</b>	Interpola una superficie ráster a partir de puntos utilizando kriging.
<b>Vecino natural / Natural Neighbor</b>	Interpola una superficie ráster a partir de puntos utilizando una técnica de vecinos naturales.
<b>Spline</b>	Interpola una superficie ráster a partir de puntos utilizando una técnica de spline de curvatura mínima bidimensional. La superficie resultante pasa exactamente a través de los puntos de entrada.
<b>Spline con barreras / Spline with Barriers</b>	Interpola una superficie ráster, con barreras, a partir de puntos utilizando una técnica de spline de curvatura mínima. Las barreras se introducen como entidades poligonales o de polilínea.
<b>Topo a ráster / Topo to raster</b>	Interpola una superficie hidrológicamente correcta a partir de datos de punto, línea y polígono.

Recuerda que la interpolación predice valores para las celdas de un ráster a partir de una cantidad limitada de puntos tomados como muestra. Puede utilizarse para prever valores desconocidos de cualquier dato como: elevación, precipitaciones, concentraciones químicas o niveles de ruido.

### Interpolar una superficie de elevación

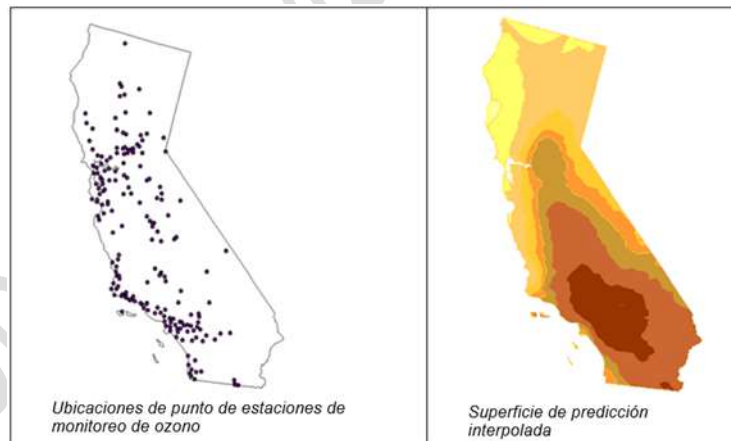
Un uso común de la interpolación a partir de puntos es crear una superficie de elevación a partir de un conjunto de mediciones de una muestra.

En la siguiente imagen, cada símbolo puntual representa ubicaciones donde se midió la elevación. Al interpolar, se estiman los valores de cada celda entre estos puntos de entrada.



### Interpolar una superficie de concentración

En el siguiente ejemplo, se utilizaron herramientas de interpolación para estudiar la correlación existente entre la concentración de ozono y las enfermedades pulmonares en California. En la imagen a la izquierda, se muestran las ubicaciones de las estaciones de monitoreo de ozono. En la imagen a la derecha, se observa la superficie interpolada, que suministra predicciones para cada ubicación de California. La superficie se calculó mediante el método kriging.



## Ejercicio 5.1: Interpolación de superficies a partir de datos puntuales

En este ejercicio se introducen algunas de las técnicas de interpolación de superficie, disponibles en la extensión de ArcGIS Spatial Analyst.

Se le facilitará una serie de muestras de puntos ficticios para las medidas de profundidad de nieve en posiciones específicas a todo lo largo de su área de estudio, lo cual incluye una porción del suroeste del Lago Tahoe, California.

Utilizará varios de los métodos de interpolación disponibles en ArcGIS Spatial Analyst para crear superficies de terreno, a partir de una capa de puntos y para que visualmente compare los resultados. La muestra de puntos está distribuida a todo lo largo del área y por consiguiente, cualquiera de los métodos de interpolación, puede hallarse disponible para crear la superficie.

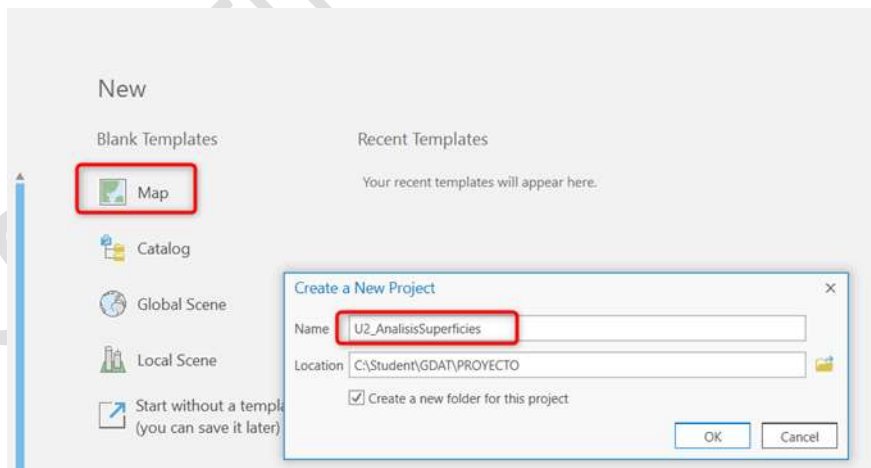
Después de completar este ejercicio, podremos:

- Crear superficies utilizando una variedad de técnicas de interpolación.
- Evaluar resultados de interpolación.

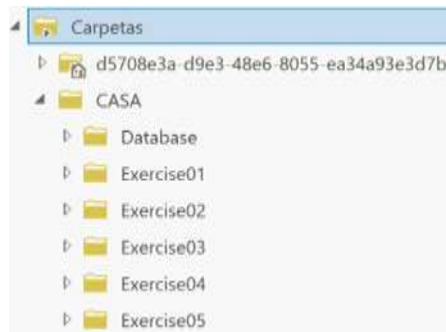
### Paso 1: Abrir un mapa y hacer conexión a carpeta

Primero, hará una conexión con su carpeta CASA que contiene los datos del alumno.

- Inicie ArcGIS Pro.
- Genere un nuevo proyecto denominado AnalisisSuperficies



- Realice una conexión a la carpeta de los datos del curso
- En la ventana de diálogo conectar a carpeta, navegue hasta...\CASA y haga clic en Aceptar. La carpeta CASA se mostrará en la ventana del Catálogo.



- Importe desde la carpeta Exercise03 el fichero Interpolate.mxd, haciendo clic con el botón de la derecha

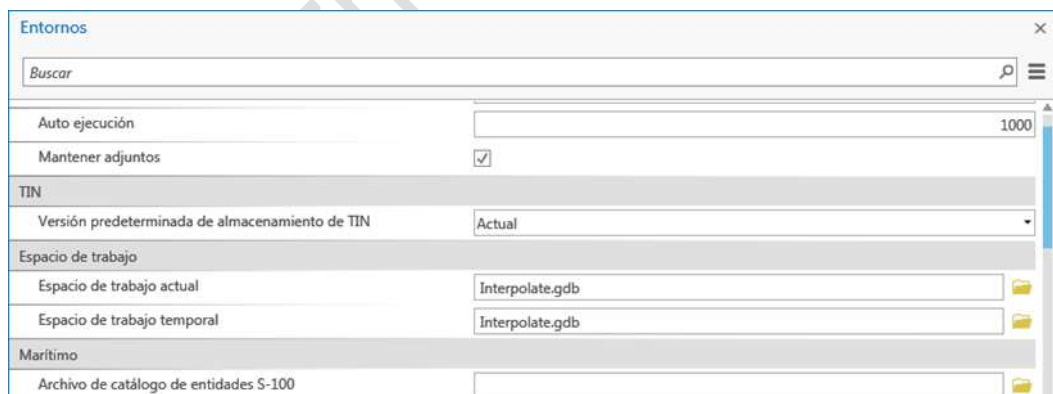
En este momento se muestra un ráster de terreno, llamado arlandmask, para el área de estudio. Los puntos rojos representan puntos de muestra donde la profundidad de nieve ha sido registrada en pulgadas.

## Paso 2: Ajustar el entorno de análisis

Es recomendable que antes de usar cualquier herramienta, se ajuste el entorno apropiado para el geoprocesamiento.

En la pestaña Analisis/Analysis, elija Entorno / Environments.

- En la ventana de Parámetros del entorno, haga clic sobre Espacio de Trabajo / Workspace para expandirlo.
  - Para el Espacio de Trabajo actual / Current Workspace, seleccione la base de datos Interpolate.gdb existente dentro de la carpeta Database.
- Haga lo mismo para el Espacio de Trabajo temporal / Scratch Workspace



- Desplácese hacia la parte inferior y expanda Análisis Ráster / Raster Analyst.
  - Para el Tamaño de Celda / Cell Size, seleccione la opción Igual que la capa arlandmask.
- Para Máscara, seleccione arlandmask de la lista desplegable.



- Haga clic en la opción Aceptar para cerrar el cuadro de diálogo.

### Paso 3: Interpolar usando el método IDW

El IDW interpola dándole mayor peso a los puntos de muestra más cercanos a la celda cuyo valor está siendo interpolado. Mientras la distancia entre puntos y celdas aumenta, su influencia disminuye.

El IDW no interpolará valores más allá de las muestras previstas (Ejemplo: No puede predecir cordilleras o valles si estos no se encuentran representados en el conjunto de muestras). Los mejores resultados se obtienen con muestreo denso.

**Nota:** Antes de usar las herramientas de interpolación, debe asegurarse de que su muestra de entrada de datos no tenga más de un punto que coincida en cualquier posición de las coordenadas x, y. Puede utilizar la herramienta de Eliminar Idéntico/ Delete Identical si tiene una licencia Standard. Como alternativa, puede utilizar la herramienta Adquirir Eventos / Collect Events (en la caja de herramienta Estadísticas Espacial > Utilidades) o en Herramienta de Adquirir Eventos con representación / Collect Events with Rendering, en la caja de herramientas de Representación en pantalla) para descubrir esto. Seleccione y suprima puntos duplicados antes de utilizar el interpolador. Para este ejercicio la capa de punto de nieve es la adecuada.

- En la tabla de contenidos, haga clic con el botón derecho en la capa de snowpoints y abra su tabla de atributos

El campo SNOWDEPTH contiene medidas de promedios de la profundidad de la nieve por cada uno de los 271 puntos de muestra. Utilizará este campo para su interpolación para crear una superficie de profundidad de nieve a través del área de estudio.

- Haga clic con el botón derecho en la opción del campo llamado SNOWDEPTH y seleccione Estadísticas / Statistics

OBJECTID	Shape	STATION	SNOWDEPTH
1	Punto	111	17
2	Punto	112	19
3	Punto	113	17
4	Punto	114	19
5	Punto	115	12
6	Punto	116	13
7	Punto	117	19
8	Punto	118	23

Context menu options:

- Orden ascendente
- Orden descendente
- Orden personalizado...
- Ocultar campo(s)
- Calcular campo
- Calcular geometría
- Estadísticas

Observe que los rangos de profundidad de nieve van de 0 a 28 pulgadas, y la profundidad media de nieve es de unas 12 pulgadas.

- Cierre la ventana de estadísticas de puntos de nieve y la ventana con la tabla de atributos.

El IDW trabaja mejor cuando los puntos de muestra captan los extremos de las superficies y la superficie es relativamente suave. Si el muestreo de puntos de entrada

es escaso o muy disperso, los resultados pueden no representar muy bien a la superficie real.

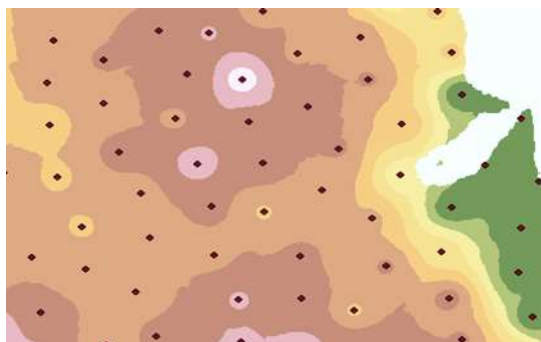
- Expanda las herramientas de Interpolación / Interpolation existentes dentro de la caja de herramientas de Spatial Analyst
- Haga doble clic sobre la herramienta del IDW para abrir su cuadro de diálogo.
- Establezca sus parámetros como se indican a continuación:
  - Entidades de punto de entrada: snowpoints
  - El campo de valor de Z: snowdepth
  - El ráster de salida: ... \ CASA \ Database \ Interpolate.gdb \ idw1
  - El tamaño de la celda de salida: 30 / arlandmask
  - Potencia: 2
  - Radio de búsqueda: Variable
  - Configuración Radio de búsqueda:
    - Número de puntos: 12
    - Distancia Máxima: [Dejar en blanco]
  - Entidades de multilínea de la barrera de entrada: [Dejar en blanco]



- Haga clic sobre la opción Aceptar para ejecutar la herramienta.

La capa de salida ráster idw1, se añade al mapa

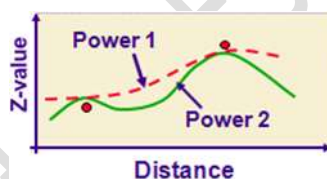
- Elija Zoom en el despliegue para obtener una apariencia más cercana en la salida.



- En la tabla de contenidos, examine la leyenda de idw1.

Observe que el IDW es fiel a la máscara. Los valores máximos y mínimos en la superficie idw1 interpolada, sólo ocurren en la muestra de punto, porque el interpolador promedia las muestras y la superficie no necesariamente las atraviesa. Cada punto tiene una influencia dominante en la superficie y en sus alrededores inmediatos.

El IDW permite controlar el significado de las muestras, basadas en su distancia desde la celda que está siendo interpolada. Cuando se especifica un valor superior para el parámetro de Potencia, se pone más énfasis en los puntos próximos. Especificando un valor inferior para la potencia se provee de mayor influencia a muestras que son más lejanas.



Puede establecer un radio de búsqueda variable o fija.

Utilizando un radio de búsqueda variable, se puede especificar el número mínimo de muestras a usar, al calcular el valor de la celda interpolada. Esto hace que el radio de búsqueda sea variable para cada celda interpolada, dependiendo de lo lejos que tenga que buscar para encontrar el número mínimo de muestras.

Con un radio de búsqueda fijo, el radio del círculo utilizado para encontrar los puntos de entrada, es el mismo para cada una de las celdas interpoladas. El radio predeterminado es cinco veces el tamaño de la celda del ráster de salida. Especificando un número mínimo de muestras, se asegura que se utilizarán muchas muestras en la interpolación de cada celda.

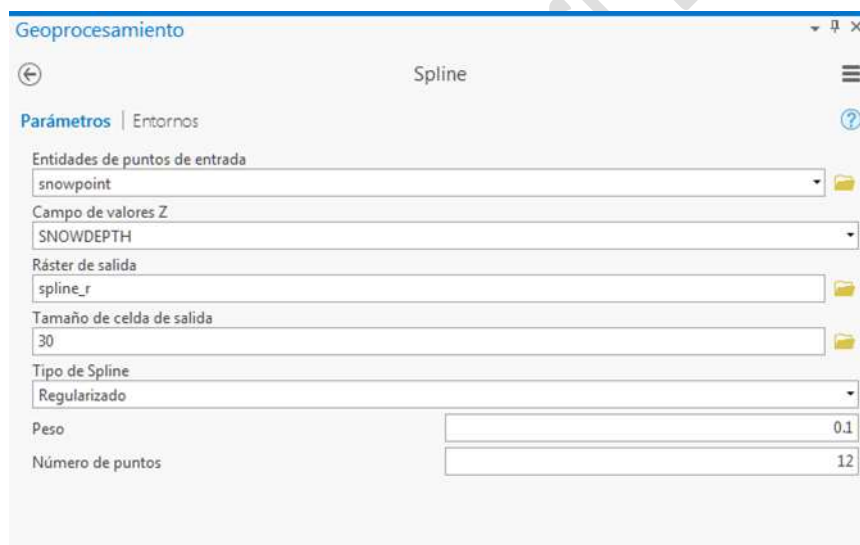
- Comprima el idw1 y las capas arlandmask.
- Haga clic en Extensión completa.

#### Paso 4: Interpolación utilizando el método Spline

La herramienta Spline utiliza un método de interpolación que estima valores usando una función matemática que minimiza la curvatura general de la superficie. La superficie resultante pasa exactamente a través de los puntos de entrada.

Primero ejecute la herramienta Spline utilizando el método Regularizado. En este método, los valores superiores usados por el parámetro del Peso, producen superficies más suaves. Los valores del Peso se fijan normalmente entre 0 y 0.5. El predeterminado es 0.1.

- En la ventana de catálogo, haga doble clic sobre la herramienta Spline (en la herramienta de Interpolación).
- Ajuste sus parámetros como se indica a continuación:
  - Las entidades del punto de entrada: snowpoint
  - El valor del campo Z: SNOWDEPTH
  - Ráster de salida: spline\_r
  - Tamaño de la celda de salida: 30 / arlandmask
  - Tipo de Spline: REGULARIZADO
  - Peso: 0.1
  - Número de puntos: 12
  - Haga clic sobre Aceptar.

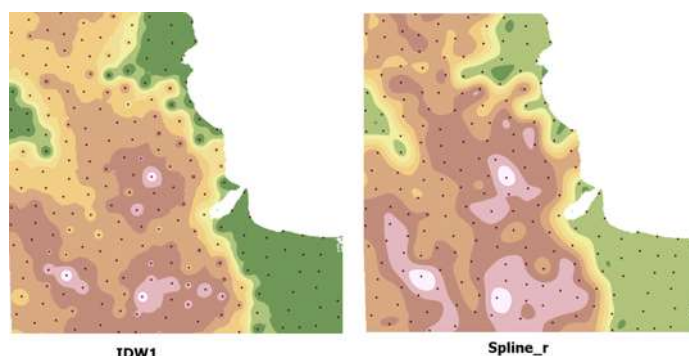


- Confirme que la capa del snowpoints aparece la primera en la tabla de contenidos. Si no es así, arrástrela hacia la parte superior. Comparará los resultados del spline y el IDW, utilizando la opción de herramientas en la barra de herramientas de Efectos. Seleccione la capa spline\_r y haga clic en la pestaña contextual de Apariencia. Seleccione la opción de Barrido.



- Haga clic sobre el mapa y mantenga presionado el botón del ratón. Arrastre el puntero del ratón de arriba abajo o de un lado para otro.

- La capa spline\_r se desliza hacia atrás, permitiéndole compararlo con la capa del idw1 que se encuentra debajo.



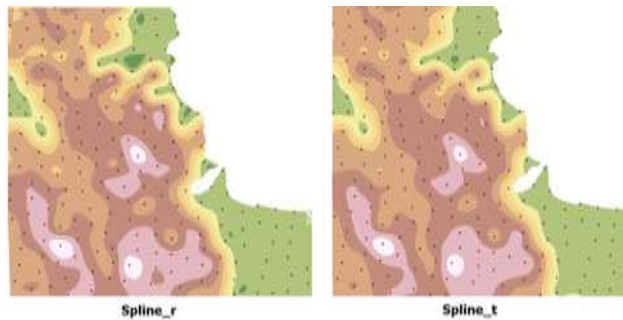
En la leyenda para la capa del spline\_r, observe que los valores de la superficie exceden el rango de muestra de 0 a 28 pulgadas; El método Spline ha previsto colinas y valles

- Desactive la capa del idw1

Luego, utilice el método Tensión. El método Tensión afina la rigidez de la superficie, según el carácter del fenómeno modelado. Crea una superficie más gruesa con valores más estrechamente espaciados en la muestra de un rango de datos.

- Un valor de 0 para el resultado del parámetro del Peso en la superficie más suave, en donde los valores de Peso más alto dan como resultado una superficie más gruesa. Los Valores Típicos de Peso son 0, 1, 5, y 10.
- Haga doble clic sobre la herramienta Spline y establezca sus parámetros como se explica a continuación:
  - Las entidades de los puntos de entrada: snowpoint
  - Campo del valor Z: SNOWDEPTH
  - Ráster de salida: spline\_t
  - Tamaño de la celda de salida: 30 / arlandmask
  - Tipo de Spline: TENSIÓN
  - Peso: 0.1
  - Número de puntos: 12
- Haga clic sobre Aceptar.
- Confirme que la capa snowpoint está la primera en la tabla de contenidos.

Utilice de nuevo la funcionalidad de Barrido para comparar ambas capas



Observe en la leyenda que spline \_t tiene un rango de valores más pequeño que el spline \_r. El método Tensión ha creado una superficie más comprimida con colinas más cortas y valles menos profundos.

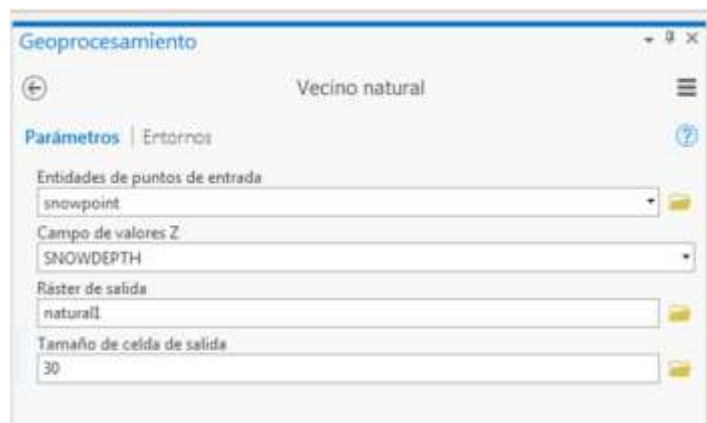
- Desactive spline\_r y spline\_t,

### Paso 5: Interpolación utilizando el método de Vecinos Naturales

El método de interpolación de Vecinos Naturales es similar al IDW. Una diferencia principal es cómo se seleccionan los puntos de muestras y cómo se ponderan al interpolar cada celda. Este usa polígonos Thiessen para encontrar los vecinos naturales para una celda que utiliza un área ponderada (no distancia-ponderada) método para ponderar las muestras. Al igual que IDW, la superficie de salida no excederá el rango de las muestras de entrada.

Este interpolador tiene una ventaja sobre las demás. Puede maniobrar un número muy grande de muestras que podrían causar que otros interpoladores fallezcan.

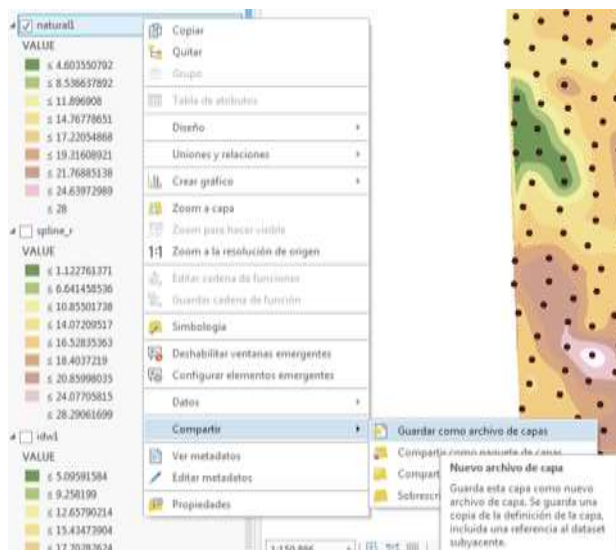
- Haga doble clic sobre la herramienta Vecinos Naturales / Natural Neighbor (en la Caja de Herramienta de Interpolación) y establezca sus parámetros como se indica a continuación:
  - Entidades del punto de entrada: snowpoint
  - Valor del campo Z: SNOWDEPTH
  - Ráster de salida: natural1
  - Tamaño salida de celda: 30 / arlandmask
- Haga clic sobre Aceptar.



- Examine el ráster de salida.

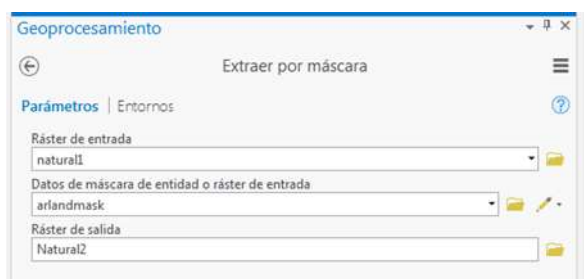
El método de Vecinos Naturales sólo interpola valores para las celdas que caen dentro del casco convexo de los puntos de muestra (es decir, el polígono hecho conectando todos los puntos extremos). Necesitará recortar la superficie de salida para la máscara y manualmente asignarle la simbología a la superficie recortada.

- Guarde la simbología existente en dicho raster mediante un fichero de capas. Acceda con el botón de la derecha sobre la capa natural1 y haga clic en Compartir/Guardar como archivo de capas



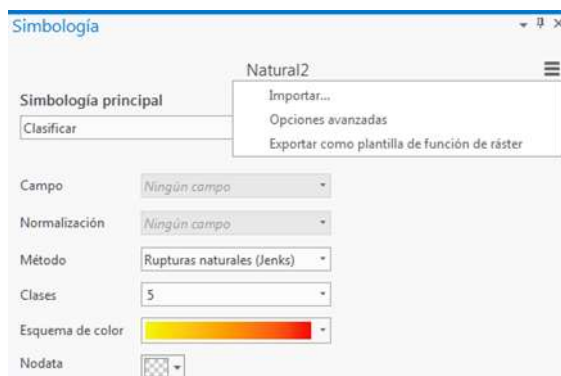
Nombre el fichero de capas como natural1.lyrx y guárdelo dentro de la carpeta Exercise3 existente en los datos del curso

- Expanda la herramienta de Extracción / Extraction.
- Haga doble clic sobre la herramienta Extracción por máscara / Extract by Mask y establezca sus parámetros como se indica a continuación.
  - Ráster de entrada: Natural1
  - Rásters de entrada o datos de entidad de máscara: arlandmask
  - Ráster de salida: Natural2
- Haga clic sobre Aceptar

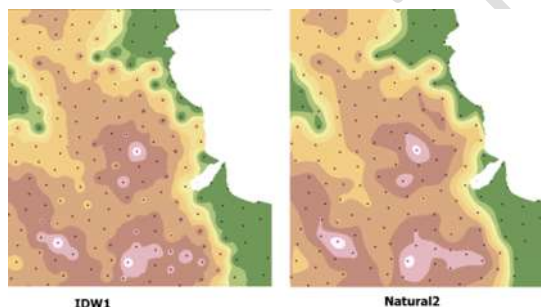


- Con la capa Natural2 seleccionada acceda a la pestaña Apariencia, y haga clic en simbología

- En la esquina superior derecha de la ventana de diálogo, haga clic en Importar.



- Utilice como fichero de simbología a importar el fichero natural1.lyrx generado anteriormente
- Apague todas las capas excepto snowpoint, natural2, e idw1.
- Con la capa natural2 seleccionada haga un barrido para comparar natural2 con idw1.



Todos los interpoladores que ha utilizado en este ejercicio son normalmente aplicados a las superficies como la lluvia, niveles de ruido, etc., en lugar de superficies topográficas. La herramienta Topo a Ráster / Topo to Raster se utiliza para obtener superficies de alta calidad topográfica e hidrológicamente correctas.

- Apague y minimice todas las capas excepto las de snowpoint y arlandmask.

## Paso 6: Evalúe los resultados de la interpolación

En este paso, probará la precisión de sus resultados de interpolación.

Es difícil de evaluar la validez de una superficie interpolada porque no existe una superficie correcta con la que pueda comparar sus resultados. La única información disponible para usted es el aporte de las muestras fijadas.

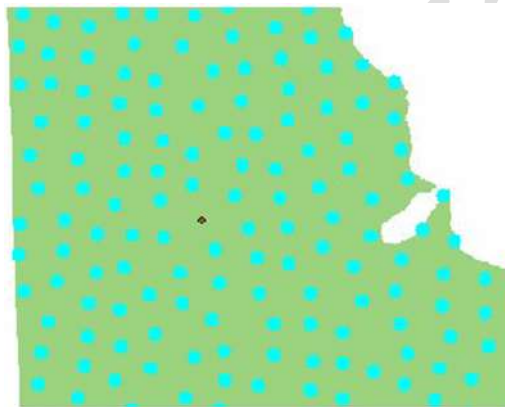
Un método para validar una superficie interpolada es eliminar cierta cantidad de los puntos de muestra, interpolar la superficie usando los puntos de muestra restantes, y luego verificar que la superficie interpolada predijo el valor del punto de muestra que eliminó.

Las organizaciones que crean superficies críticamente importantes, como los estudios realizados sobre el calentamiento global, siguen este método

exhaustivamente. Es decir, si tienen 1 millón de muestras, ejecutan la interpolación 1 millón de veces, excluyendo cada punto en un turno y prueban los resultados; por ello estas organizaciones usan superordenadores.

En este paso, utilizará una versión simplificada de este método. Eliminará una muestra, ejecutará interpoladores diferentes para las muestras restantes, y verificará qué interpolador se acercó más a predecir el valor de la muestra eliminada.

- Si es necesario, expanda la capa snowpoint.
- Seleccione todos los puntos en la capa snowpoint haciendo clic derecho sobre la capa y escogiendo Selección > Seleccione todo / Selection > Select all.
- En la barra de herramientas, haga clic sobre Entidades seleccionadas por la herramienta Rectángulo .
- Pulse la tecla de Shift o Control en su teclado y haga clic sobre un punto aleatorio en la mitad del mapa para deseleccionarlo.

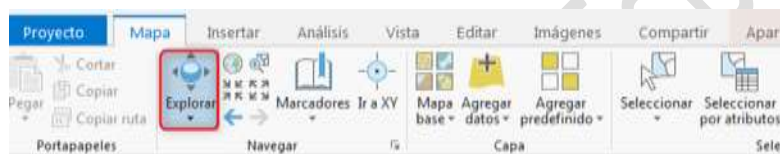


Sólo los puntos seleccionados serán usados por la herramienta de interpolación IDW.

- Haga doble clic sobre la herramienta IDW y establezca sus parámetros como se indica a continuación:
  - Entidades del punto de entrada: snowpoint
  - Valor del campo Z: SNOWDEPTH
  - Ráster de salida: idw2
  - Tamaño de la celda de salida: 30 / arlandmask
  - Potencia: 2
  - Radio de búsqueda: Variable
  - Configuración del Radio de búsqueda:
    - Número de puntos: 12
    - Distancia Máxima: [Dejar en blanco]
  - Entrada de las entidades de multilínea de la barrera: [Dejar en blanco]



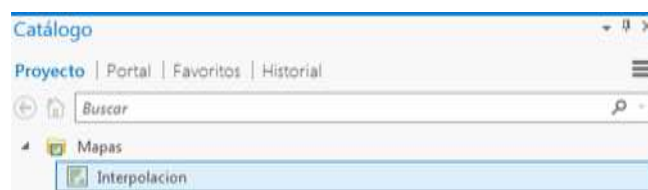
- Haga clic en Aceptar.
- Haga Zoom en la muestra de punto no seleccionado.
- Consulte la información del punto del mapa que se ha quitado de la selección



- Observe entidad SNOWDEPTH que se muestra en la ventana Identificar.
- Ahora podrá identificar el valor de SNOWDEPTH de la misma posición que en la capa idw2.
- En la ventana Identificar, seleccione idw2 de la lista desplegable Identificar.
- Haga clic sobre el mismo punto no seleccionado en el mapa y observe el valor de su Píxel, como se muestra en la ventana Identificar.



- Repita el proceso anterior para comparar estos valores con los resultados de la interpolación spline.
- Cuando termine, cierre la ventana Identificar.
- Guarde el proyecto y renombre el mapa como Interpolacion



## **Conclusión**

Utilizando parámetros predeterminados, todos los métodos de interpolación crean superficies útiles y básicamente similares.

Su elección de un método de interpolación debería depender de su conocimiento de la superficie que está moldeando. Puede usar sus conocimientos de la realidad para evaluar el éxito de los interpoladores.

Su elección de método también podría depender de su comprensión del método. Por ejemplo, un método avanzado de interpolación podría ser más sofisticado que IDW (y crear una superficie más precisa), pero IDW podría ser preferible si usted puede entender los resultados mejor.

## Ejercicio 5.2: Interpolación de una Superficie y especificar una barrera

Una barrera es una clase de entidad de línea que limita la búsqueda del interpolador para muestras de puntos de entrada. Una línea puede representar un acantilado/precipicio, una falla de terremoto, o alguna otra interrupción en el comportamiento de una superficie. En el proceso de interpolación, sólo se usan los puntos de muestra del mismo lado de la barrera de la celda que se esté procesando.

Las barreras nos permiten también mejorar los tiempos de procesamiento. Puede mejorar la ejecución generalizando las líneas de barrera para eliminar vértices extraños.

Utilizará las líneas del terreno como barreras en la interpolación de la profundidad de la nieve.

En este ejercicio, realizará los siguientes pasos:

- Crear superficies utilizando una barrera para restringir cálculos usados por IDW.
- Crear un paquete de proyecto.

### Paso 1: Abra un documento de mapa

- Importe en el proyecto anteriormente creado el fichero Barriers.mxd. existente en ...\\CASA\\Exercise03

Observe la máscara para el estudio del área y los puntos de muestras de la profundidad de la nieve. Aparece también una capa mostrando líneas de terreno, pero estará apagada.

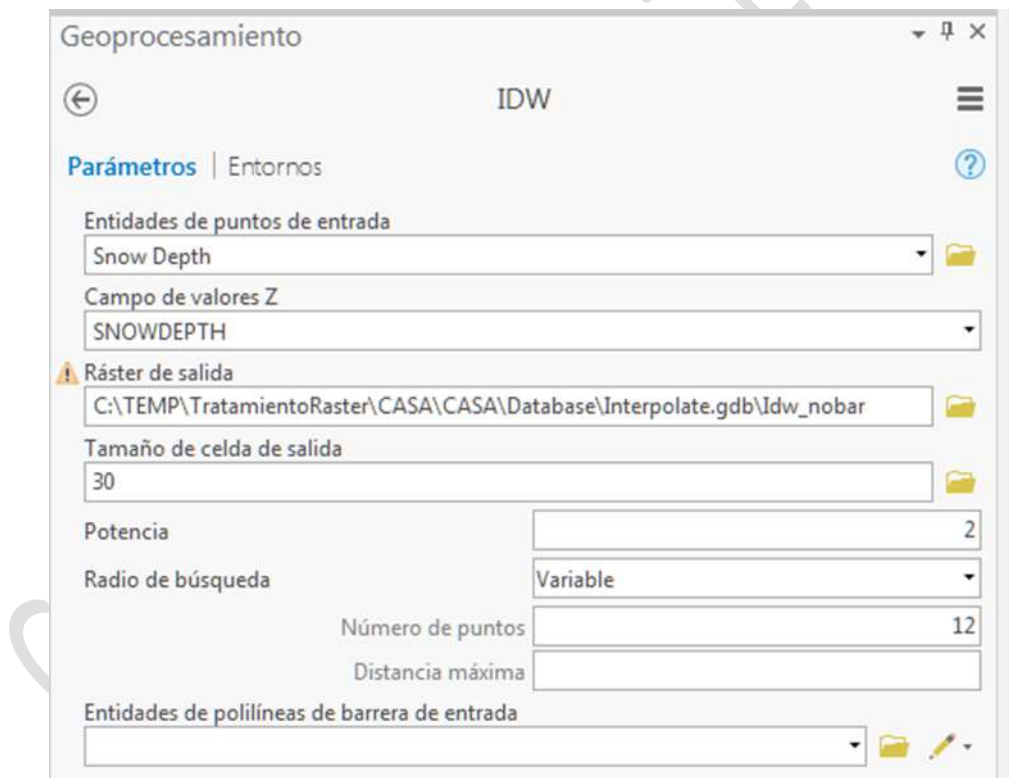
- Ajuste la configuración del entorno para este ejercicio como se indica a continuación:
  - Espacio de trabajo actual: ..\\CASA\\Database\\Interpolate.gdb
  - Espacio de trabajo temporal: ..\\CASA\\Database\\Interpolate.gdb
  - Coordenadas de salida: Land Mask
  - Extensión Procesamiento: Land Mask
  - Análisis Raster - Tamaño de la Celda: Land Mask
  - Análisis Raster - Máscara: Land Mask

### Paso 2: Utilice IDW sin barreras

En este paso, utilizará la ventana de Búsqueda para encontrar y abrir herramientas. Es una forma fácil de encontrar herramientas si no está seguro en qué caja de herramientas o subconjunto se encuentra localizada una herramienta.

Primero ejecutará a IDW sin barrera alguna.

- En la ventana de Búsqueda, escriba IDW y haga clic sobre el botón de Búsqueda .
- Haga clic sobre IDW (Spatial Analyst) para poner en marcha la herramienta y establecer sus parámetros como se indica a continuación:
  - Entidades del punto de Entrada: Snow Depth
  - Campo de valores de Z: SNOWDEPTH
  - Ráster de salida: Idw\_nobar
  - Tamaño de la celda de salida: 30
  - Potencia: 2
  - Radio de búsqueda: Variable
  - Configuración del Radio de Búsqueda:
    - Número de puntos: 12
    - Distancia Máxima: [Dejar en blanco]
  - Entidades de la barrera de multilínea: [Dejar en blanco]



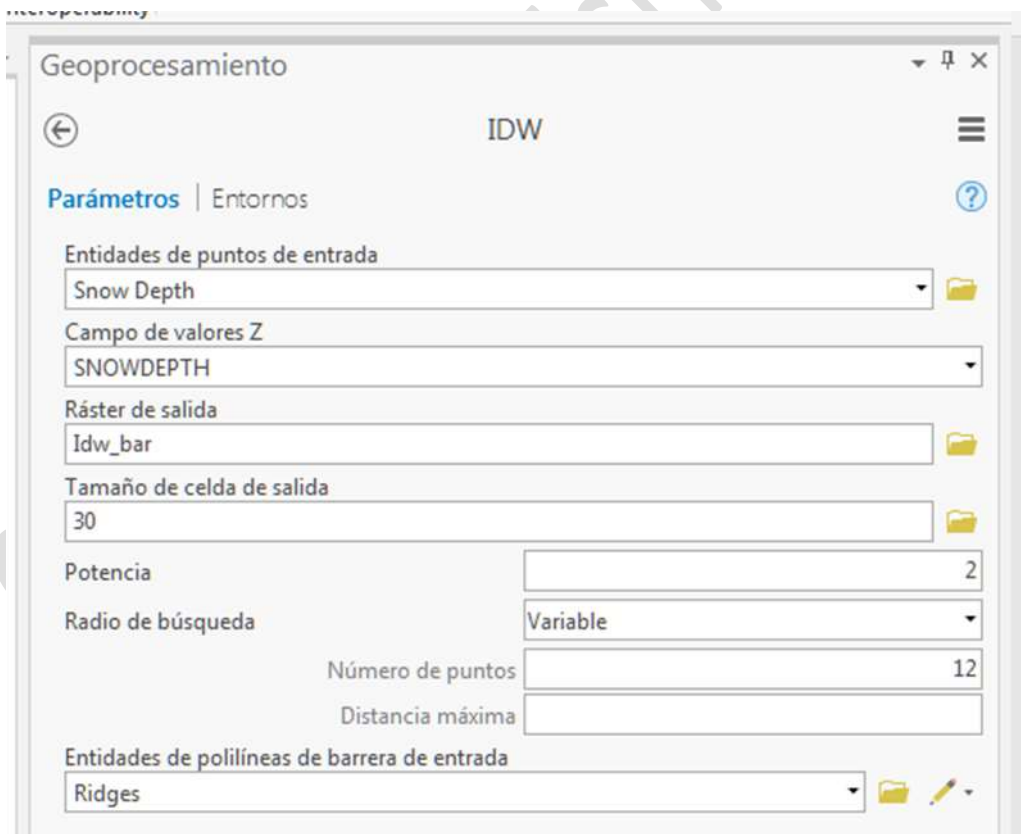
- Haga Clic en Ejecutar.

### Paso 3: Utilice IDW con barreras

En este paso, creará otra superficie representando profundidad de nieve, pero esta vez incluirá en el análisis las líneas naturales del terreno.

Las líneas de la cima servirán como barreras para restringir los cálculos usados por IDW. Cuando la herramienta utilice estas líneas como barreras, evitará que la función de IDW use los valores de puntos de muestra del otro lado de la cima. En cierto sentido, compartimentan el proceso de IDW.

- Haga clic sobre la herramienta de IDW (Spatial Analyst) otra vez y establezca sus parámetros como se indica a continuación:
  - Entidades del punto de Entrada: Snow Depth
  - Campo del valor de la Z: SNOWDEPTH
  - Ráster de salida: Idw\_bar
  - Tamaño de la celda de salida: 30
  - Potencia: 2
  - Radio de búsqueda: Variable
  - Configuración del Radio de Búsqueda:
    - Número de puntos: 12
    - Distancia Máxima: [Dejar en blanco]
  - Entidades de la barrera de multilínea: Ridges



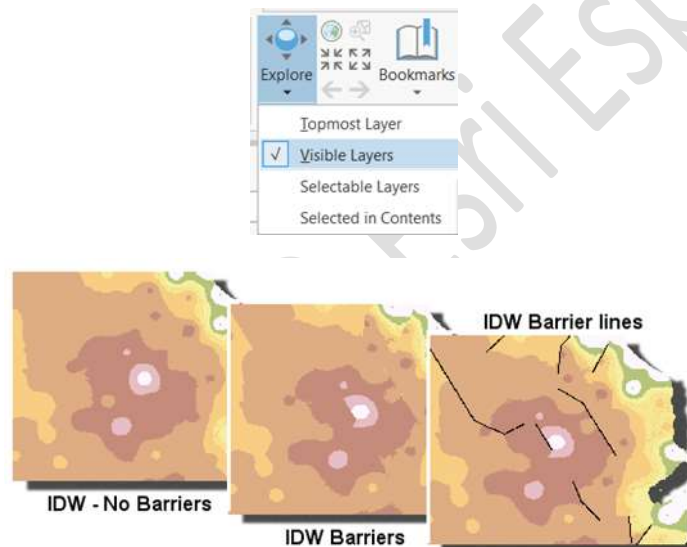
- Haga clic en Aceptar.

Las barreras representan las posiciones de entidades lineales conocidas para interrumpir la continuidad de una superficie interpolada. Las entidades de barrera no tienen valores Z, pero actúan como los límites en el ajuste seleccionado, de los puntos

de la muestra de entrada, utilizados para interpolar los valores Z. La barrera asegura que sólo esas muestras en el mismo lado de la misma, sean utilizadas al interpolar el valor de una celda. Precipicios, fallas, o acantilados son típicos ejemplos de barreras que se utilizan en la interpolación.

#### Paso 4: Compare superficies interpoladas

- Desactive la capa de Snow Depth.
- Seleccione la capa idw\_bar y, desde la pestaña de Apariencia, active la opción de Barrido para compararla con idw\_nobar.
- Active la capa de Ridges para visualizar las barreras.
- Utilice la herramienta Explorar para consultar posiciones a lo largo de las barreras, observando así el efecto de la barrera en la interpolación. En Explorar, asegúrese de seleccionar Capas Visibles / Visible layers en la lista desplegable.



Al utilizar una barrera, la superficie fue interpolada desde el borde de la extensión hasta las barreras, y luego se detiene. Lo mismo en el lado opuesto de las barreras; la interpolación ocurrió desde el borde superior hasta las barreras y luego se detuvo.

- Guarde el proyecto.

#### Paso 5: Generar un paquete de proyecto

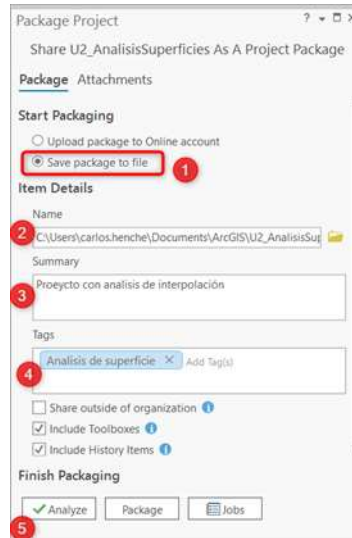
Una vez guardado el proyecto, generarás un Paquete de proyecto (.ppkx).

Un Paquete de proyecto es un archivo que contiene todos los mapas y los datos a los que se hace referencia en sus capas, así como las conexiones a carpetas, las cajas de herramientas, el historial de geoprocetamiento y los adjuntos.

- Haz clic en la pestaña Compartir/Share.



- Especifica un nombre de proyecto y guárdalo en una carpeta dentro de su Sistema Operativo.
- Nombra el Paquete de proyecto como CursoSNAP.ppkx
- Analiza el proyecto y haz clic en Paquete/Package.



## Conclusión

Podría mejorar la precisión de una superficie IDW utilizando capas de línea como barreras. En superficies de elevación, las barreras pueden representar cambios abruptos en la elevación, como precipicios.

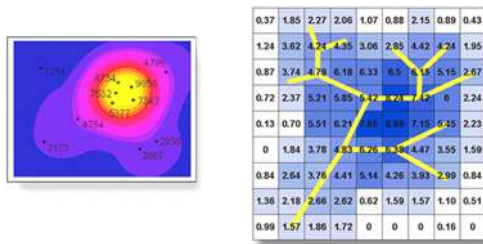
## 6. Calculando Densidad

Las herramientas de Densidad, permiten distribuir valores a las celdas circundantes.

- Devuelven un valor por unidad de área.
- No existe interpolación en su cálculo

Al calcular la densidad, está expandiendo, de alguna manera, los valores (de la entrada) sobre una superficie. La magnitud en cada ubicación de la muestra (línea o punto) se distribuye en todo el área de estudio y se calcula un valor de densidad para cada celda en el ráster de salida.

Para los mapas de densidad, se aplica un área de búsqueda circular que determina la distancia para buscar las entidades de la muestra (línea o punto) o para expandir los valores alrededor de cada ubicación y calcular un valor de densidad.



La siguiente tabla enumera las herramientas de Densidad disponibles y proporciona una breve descripción de cada una.

Herramienta	Descripción
<b>Densidad kernel / Kernel Density</b>	Calcula una magnitud por unidad de área a partir de entidades de punto o polilínea mediante una función kernel para adaptar una superficie suavemente estrechada a cada punto o polilínea.
<b>Densidad de línea / Line Density</b>	Calcula una magnitud por unidad de área a partir de entidades de polilínea que se encuentran dentro de un radio alrededor de cada celda.
<b>Densidad de punto / Point Density</b>	Calcula una magnitud por unidad de área a partir de entidades de puntos que se encuentran dentro de una vecindad alrededor de cada celda.

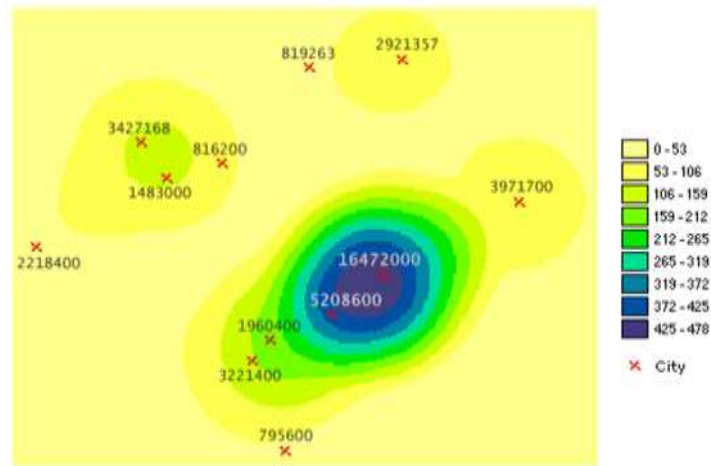
### Comprender el análisis de densidad

El análisis de densidad parte de cantidades conocidas de algunos fenómenos y las expande a través de la superficie, basándose en la cantidad que se mide en cada ubicación y en la relación espacial de las ubicaciones de las cantidades medidas.

## ¿Por qué densidad de mapas?

Las superficies de densidad muestran dónde se concentran las entidades de punto o línea. Por ejemplo, puede tener un valor conocido que representa el número total de personas en un punto, pero desea conocer más sobre la expansión de la población en la región. Como las personas de una población no viven en una ubicación puntual, si se calcula la densidad, se puede crear una superficie que muestre la distribución prevista de la población a lo largo de una determinada extensión.

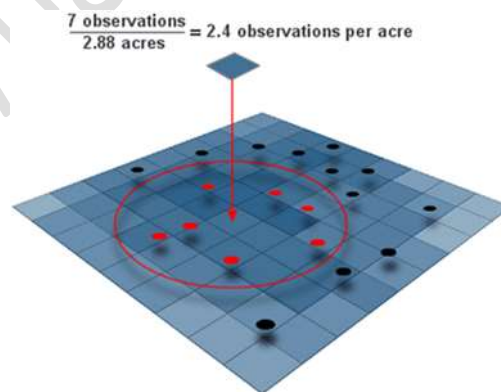
La siguiente imagen ofrece un ejemplo de una superficie de densidad.



*Ejemplo de la superficie de densidad de la población*

La herramienta Densidad distribuye una cantidad medida de una capa de punto de entrada produciendo una superficie continua.

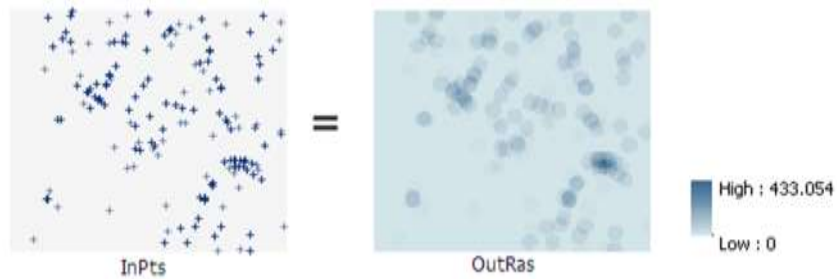
Se puede calcular utilizando cálculos simples o de kernel. En un cálculo de densidad simple, los puntos o líneas que caen en la misma área de búsqueda se suman y luego se dividen por el tamaño del área de búsqueda, obteniendo un valor de densidad en cada celda.



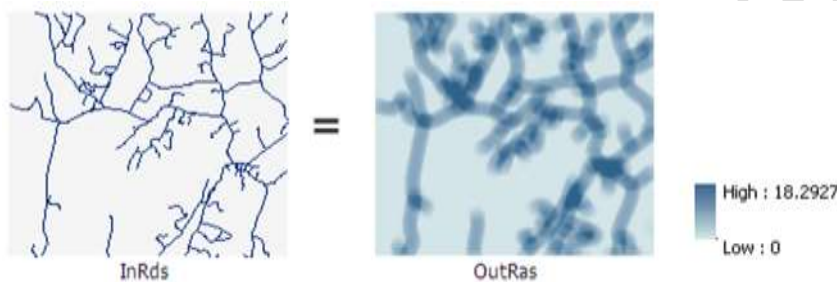
*Cálculo de densidad simple, en donde el tamaño de búsqueda influye en el resultado.*

*El tamaño de la radio de búsqueda afecta el resultado de un cálculo de la densidad. Un radio de búsqueda más grande produce una superficie más lisa. Un radio de búsqueda más grande es más probable que abarque más puntos con datos.*

La diferencia entre las herramientas de Densidad de punto y Densidad de líneas es que la primera se aplica a entidades de punto y la segunda a entidades lineales. Las dos calculan la cantidad que se especificó en el Campo de población que cae dentro de la vecindad identificada y divide esa cantidad por el área de la vecindad.



*Densidad de punto aplicando con una vecindad de 30 m*



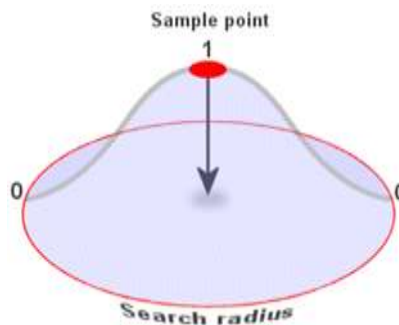
*Densidad de línea aplicando con una vecindad de 30 m*

La Densidad kernel expande la cantidad conocida de la población para cada punto fuera de la ubicación del punto. Las superficies resultantes que rodean a cada punto en la densidad kernel se basan en una fórmula en donde el valor más alto se encuentra en la ubicación del punto y disminuyen hasta cero en la distancia de radio de búsqueda. Para cada celda de salida, se calcula el número total de intersecciones

### **Cómo funciona la densidad kernel**

La herramienta Densidad kernel calcula la densidad de los valores teniendo en cuenta la vecindad de esas entidades. Puede calcularse para las entidades de punto y de línea. Matemáticamente, es un método más sofisticado para calcular la densidad.

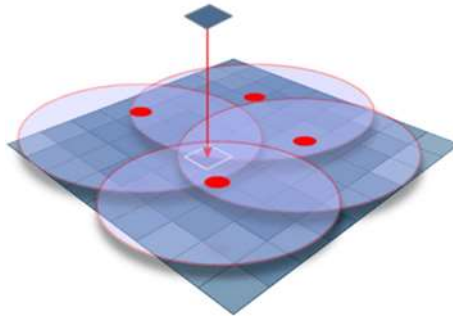
Cuando se aplica el método Kernel, se obtiene una área circular alrededor de cada punto de la muestra (no de cada celda) para aplicar una función matemática que asigna 1 a la localización del punto y 0 a los límites del vecindario.



*Función matemática aplicada: 1 en la ubicación del punto, 0 en el límite de vecindad.*

Si dos o más áreas circulares se superponen en el centro de la celda, el valor para la celda es la suma de los valores kernel superpuestos, divididos por el área del radio de búsqueda. El valor de la densidad estará en unidades específicas, tales como kilómetros cuadrados.

La función del núcleo en general, crea una superficie más suavizada que la creada por el método simple.



*El valor de la densidad de la celda se determina sumando los valores de todas las superficies de kernel donde se superponen al centro de la celda.*

### **Densidad kernel para entidades puntuales**

La Densidad kernel calcula la densidad de las entidades puntuales existentes alrededor de cada celda ráster de salida.

Conceptualmente, se ajusta una superficie curva uniforme sobre cada punto. El valor de superficie es más alto en la ubicación del punto y disminuye a medida que aumenta la distancia desde el punto y alcanza cero en la distancia Radio de búsqueda desde el punto. Sólo es posible un vecindario circular. El volumen bajo la superficie es igual al valor Campo de población para el punto, o 1 si se especifica NONE. Para calcular la densidad de cada celda ráster de salida, se agregan los valores de todas las superficies kernel en donde se superponen con el centro de la celda ráster.

Si se utiliza una configuración de campo de población que no sea NONE, el valor de cada elemento determina la cantidad de veces que se va a contar el punto. Por ejemplo, un valor de 3 haría que el punto se cuente como tres puntos. Los valores pueden ser de tipo entero o punto flotante.

Por defecto, una unidad se selecciona basado en la unidad lineal de la definición de proyección de los datos de la entidad de punto de entrada o como se haya especificado en la configuración de entorno del sistema de coordenadas de salida. Si se selecciona una unidad de área, la densidad que se calculó para la celda se multiplica por el factor apropiado antes de que se escriba en el ráster de salida.

Por ejemplo, si las unidades de entrada son metros, las unidades de área de salida serán kilómetros cuadrados, de manera predeterminada. Comparar un factor de escala de unidades de metros a kilómetros tendrá como resultado que los valores serán diferentes por un multiplicador de 1.000.000 (1.000 metros x 1.000 metros).

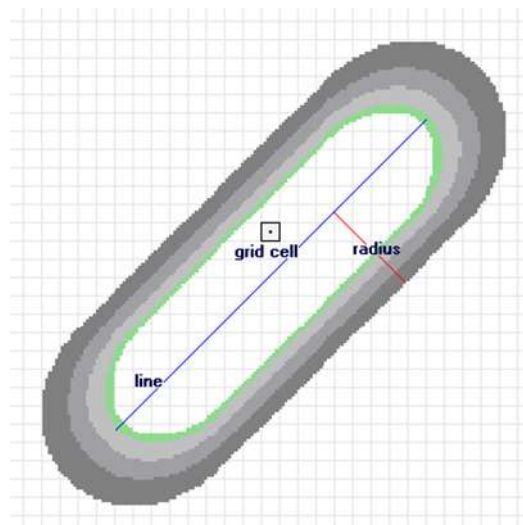
Aumentar el radio no cambiará en gran medida los valores de densidad que se calcularon. Aunque caerán más puntos dentro de la vecindad más grande, este número se dividirá por un área más grande cuando calcule la densidad. El efecto

principal de un radio más grande es que la densidad se calcula considerando una mayor cantidad de puntos, que pueden estar más lejos de la celda ráster. Esto tiene como resultado un ráster de salida más generalizado.

#### Densidad kernel para entidades lineales

La Densidad kernel también puede calcular la densidad de las entidades lineales en la vecindad de cada celda ráster de salida.

Conceptualmente, se ajusta una superficie curva uniforme sobre cada línea. Su valor es más grande en la línea y disminuye a medida que se aleja de la línea y alcanza cero en la distancia Radio de búsqueda que se especificó desde la línea. Para calcular la densidad de cada celda ráster de salida, se agregan los valores de todas las superficies kernel en donde se superponen con el centro de la celda ráster.



*Muestra un segmento de línea y la superficie kernel que se ajusta sobre el mismo*

Puede controlar las unidades de densidad al seleccionar manualmente el factor apropiado. Para establecer que la densidad esté en metros por metro cuadrado (en lugar del valor predeterminado de kilómetros por kilómetro cuadrado), establezca las unidades de área a SQUARE\_METERS. Del mismo modo, para que las unidades de densidad de la salida estén en millas por milla cuadrada, establezca las unidades de área a SQUARE\_MILE.

Si se utiliza un campo de población que no sea NONE, se considera que la longitud de la línea es su longitud real multiplicada por el valor del campo de población para esa línea.

## Ejercicio 5.3: Calculando Densidad

Las densidades de superficies son útiles para mostrar concentraciones de fenómenos, como población. Cuando se calcula la densidad de la población, se distribuye la población sobre el paisaje y devuelve un valor como número de personas por milla cuadrada. ArcGIS Spatial Analyst tiene tres herramientas de densidad: Densidad de líneas, Densidad de puntos y la Densidad Kernel. Vamos a usar las tres.

Después de completar este ejercicio, podrá:

- Calcular la densidad de entidades de línea.
- Calcular la densidad de entidades de punto.
- Calcular la densidad de entidades de punto utilizando una función de kernel.

### Paso 1: Importe un nuevo mapa

- Importe el fichero Density.mxd. existente en la carpeta Exercise05 de los datos del curso
- Renombre el mapa como AnálisisDensidad.
- Observe el área de estudio de Tahoe con una capa de carreteras y una capa del USGS Geographic Names information System (GNIS), sus siglas en Inglés para Sistema de Información de Nombres Geográficos.
- En la pestaña Análisis, seleccione Entornos y ajuste el entorno para este ejercicio como se indica a continuación:
  - Espacio de Trabajo actual: ..\ CASA \ Database \ Tahoe.gdb
  - Espacio de Trabajo temporal: ..\ CASA \ Database \ Tahoe.gdb
  - Coordenadas de Salida: Las mismas que la capa Land
  - Extensión de procesado: La misma que la capa Land
  - Tamaño de la Celda: El mismo que la capa Land
  - Máscara: Land

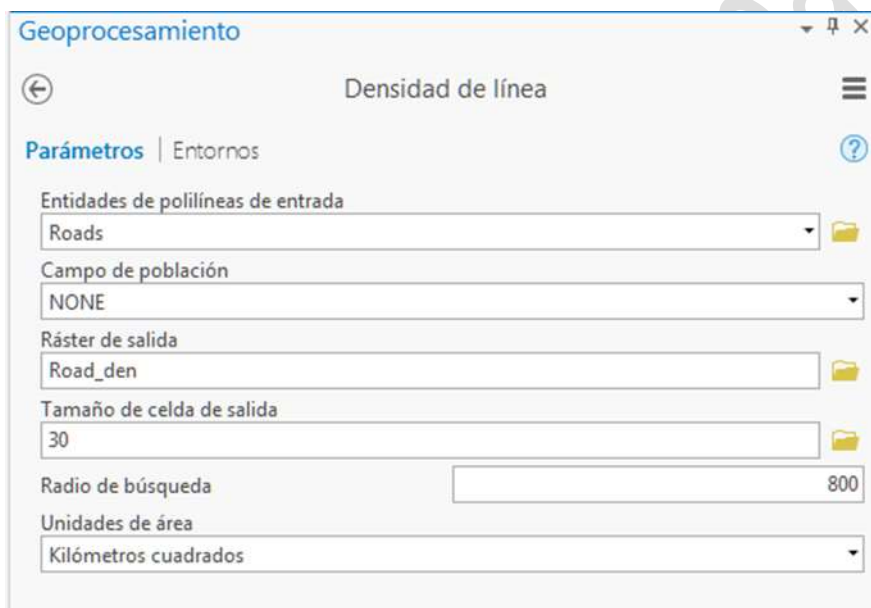
### Paso 2: Cálculo de Densidad de línea

#### **Primero calculará la densidad de línea.**

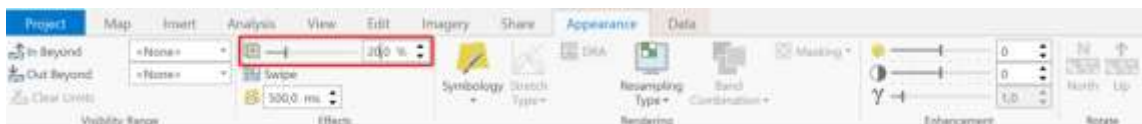
La herramienta densidad de línea calcula la densidad de entidades de línea en las proximidades de cada celda de salida, como las millas de carreteras por milla cuadrada. Este trabaja creando un círculo de un radio específico alrededor de cada celda. La longitud de la porción de cada línea dentro del círculo esta multiplicado por su valor del campo Demográfico. Los valores son sumados y el total es dividido por el área del círculo para calcular la densidad.

Nota: Para los ejercicios restantes, utilice la ventana de Búsqueda o navegue hacia herramientas específicas dentro de la ventana de Catálogo para abrir herramientas. Recuerde que necesita hacer doble clic sobre una herramienta en la ventana de Catálogo para abrir el cuadro de diálogo.

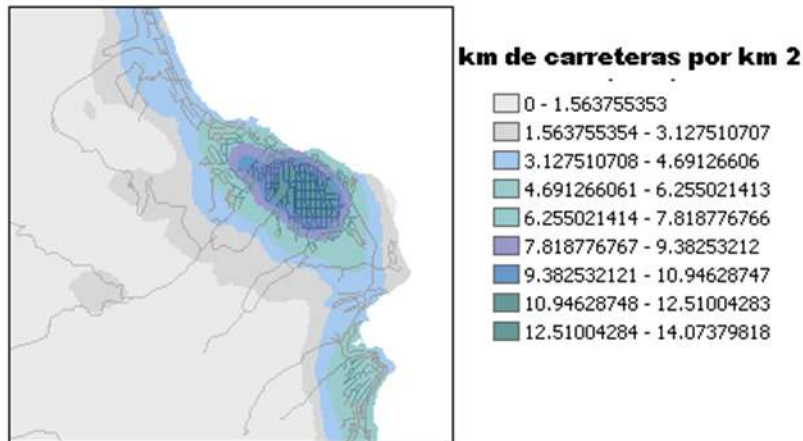
- Abra la herramienta Densidad de líneas / Line density (Spatial Analyst) y establezca sus parámetros como se indica a continuación:
  - Entidades de multilínea de salida: Roads
  - Campo de población: NONE
  - Ráster de salida: road\_den
  - Tamaño de la celda de salida: 30 (Pista: Configuración de Análisis de ráster)
  - Búsqueda del radio: 800
  - Unidades del área: KILÓMETROS \_ CUADRADOS



- Haga clic sobre Aceptar.
- En la tabla de contenidos, haga clic sobre capa Roads y arrastre hacia justo debajo de road\_den.
- Desactive todas las capas excepto road\_den y Roads.
- Ajuste la transparencia de la capa Road\_den al 20%



- Haga Zoom en el área mostrada en el siguiente gráfico (cerca de la parte superior del mapa).



Los valores en la leyenda representan kilómetros de carretera por kilómetro cuadrado. Fíjese que los valores de road\_den se incrementan en áreas con más carreteras. Dentro de los usos de la herramienta de Densidad de línea, se podría utilizar para encontrar áreas tranquilas para un modelo del hábitat con fauna silvestre o para el diseño de carreteras nuevas para alcanzar áreas remotas.

- Haga Zoom hasta máxima extensión del mapa.
- Apague y desactive todas las capas.
- Active la capa USGS GNIS.

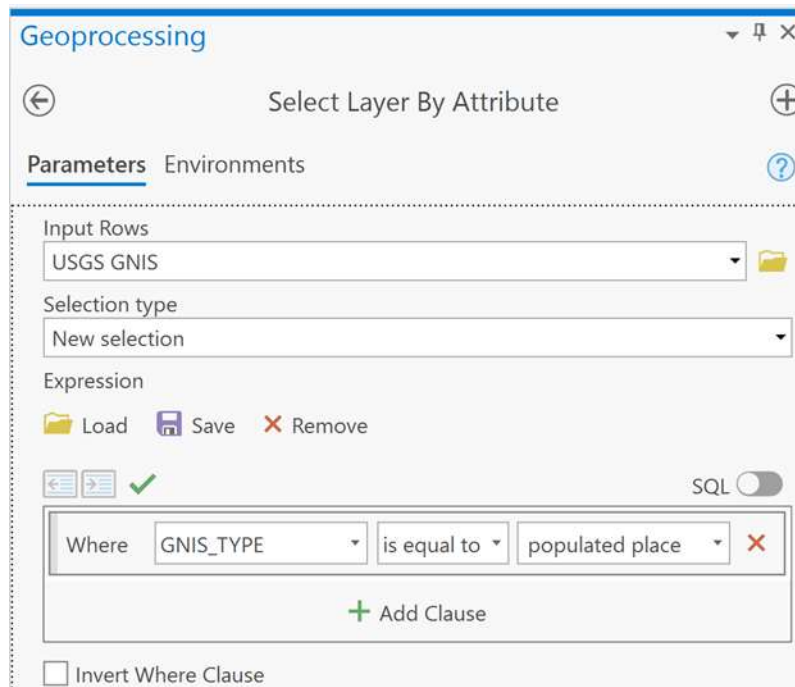
### Paso 3: Cálculo de Densidad de punto

En este paso, usted seleccionará lugares poblados de la capa USGS, Sistema de Información de Nombres Geográficos (GNIS) y luego creará una superficie para mostrar la densidad de población en su estudio del área del Lago Tahoe. La selección será ejecutada por la herramienta de Densidad de puntos.

□ En la cinta de opciones, seleccione la opción Selección por Atributos./ Select by Attributes

En la ventana de diálogo Selección por Atributos./ Select by Attributes, cree la expresión GNIS\_TYPE LIKE 'populated place', haciendo lo siguiente:

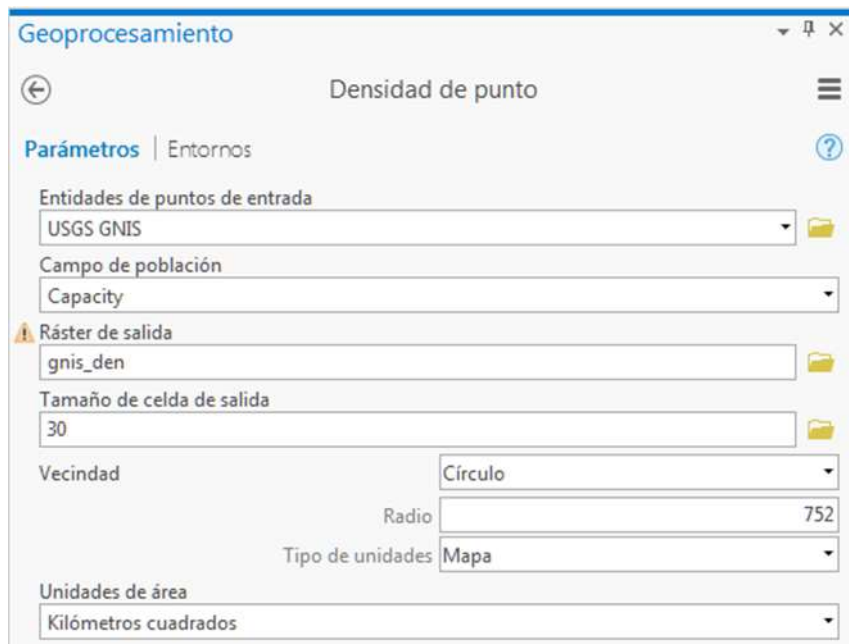
- Haga doble clic sobre "GNIS\_TYPE" en la lista de atributos.
- Haga clic sobre el operador es Igual a.
- Por último, elija 'lugares poblados' / 'populated place' en la lista de valores.
- Haga clic en Ejecutar.



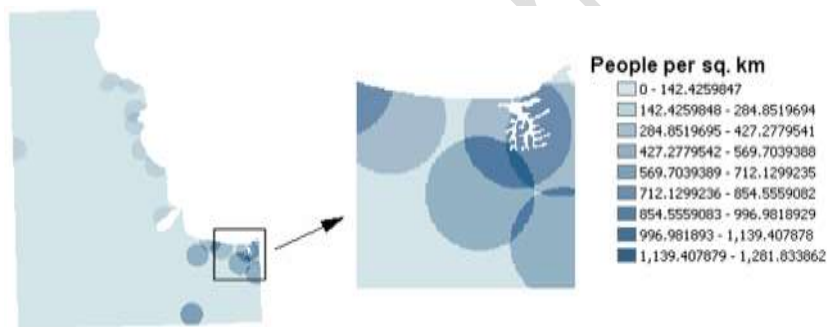
En la parte inferior de la tabla de atributos de la capa USGS\_GNIS observe como se muestra que existen 22 puntos seleccionados.

Se calcula la densidad de punto, encontrando el número de puntos dentro del Radio de búsqueda para una celda y luego dividiendo ese número por el área del círculo. Si se especifica un campo demográfico, los valores de atributo dentro del círculo son sumados en lugar del número de puntos. El resultado es el valor de densidad para cada celda, como personas por milla cuadrada.

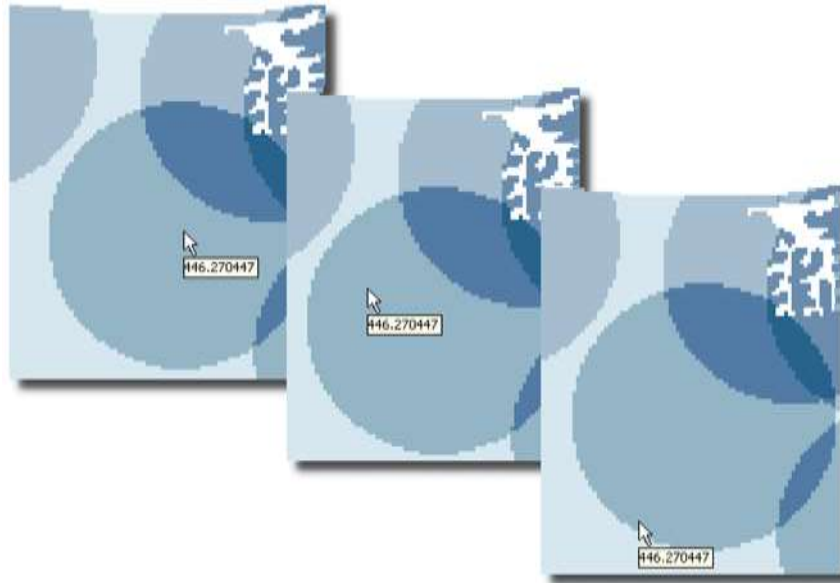
- Abra la herramienta de Densidad de puntos / Point Density en el conjunto de herramientas de Densidad / Density tools y establezca sus parámetros como se indica a continuación:
  - Entidades del punto de entrada: USGS GNIS
  - Campo de población: Capacity
  - Ráster de salida: gnis\_den
  - Tamaño de la celda de salida: 30
  - Vecindad: Círculo
  - Ajuste de Vecindad:
    - Radio: 1000
    - Unidades: Mapa
  - Unidades de área: KILÓMETROS \_ CUADRADOS
- Haga clic en Aceptar.



- Desactive la capa USGS GNIS y haga zoom en el área del mapa mostrado en el siguiente gráfico.



- Habilite Mostrar Comentarios Emergentes de Mapa / Show Maps Tips para la capa gnis\_den. Para ello acceda a las propiedades de la capa > Vista View.
- Mueva el puntero del ratón sobre la capa gnis\_den y observe los valores mostrados sobre la capa.



En el siguiente paso, usará la herramienta de Densidad Kernel / Kernel Density, que es similar a las otras dos herramientas de densidad, pero que usa una técnica que permite alisar la distribución de valores.

#### Paso 4: Cálculo de la densidad Kernel

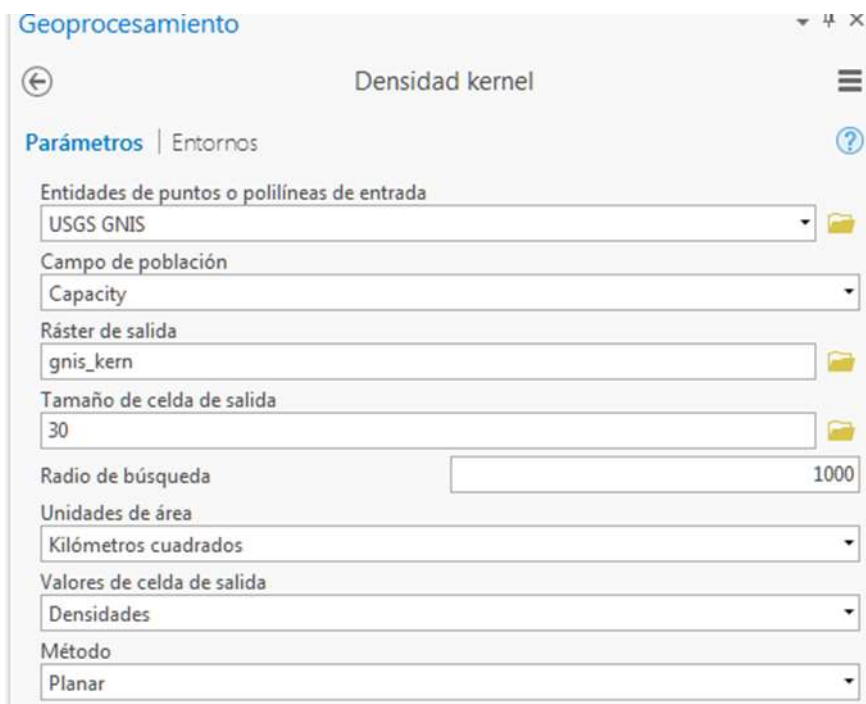
La herramienta de Densidad Kernel es similar a las de Densidad de Punto y Densidad de Línea; acepta entradas de puntos y líneas. A diferencia de ellos, sus valores de densidad decrecen a medida que se incrementa la distancia a cada una de las entidades.

Para los puntos, la herramienta de Densidad Kernel ajusta una superficie suavemente curva sobre cada punto de entrada, cuya forma es el círculo definido por el radio de búsqueda (como un búffer). La superficie se construye para que su volumen sea igual al valor del campo demográfico para el punto (o 1, si ningún campo demográfico estuviera establecido). El valor de la superficie es más alto en la posición del punto y disminuye a cero a medida que aumenta la distancia hacia el límite del radio de búsqueda. La densidad de una celda de salida se calcula sumando los valores de todas las superficies kernel que cubren la celda central.

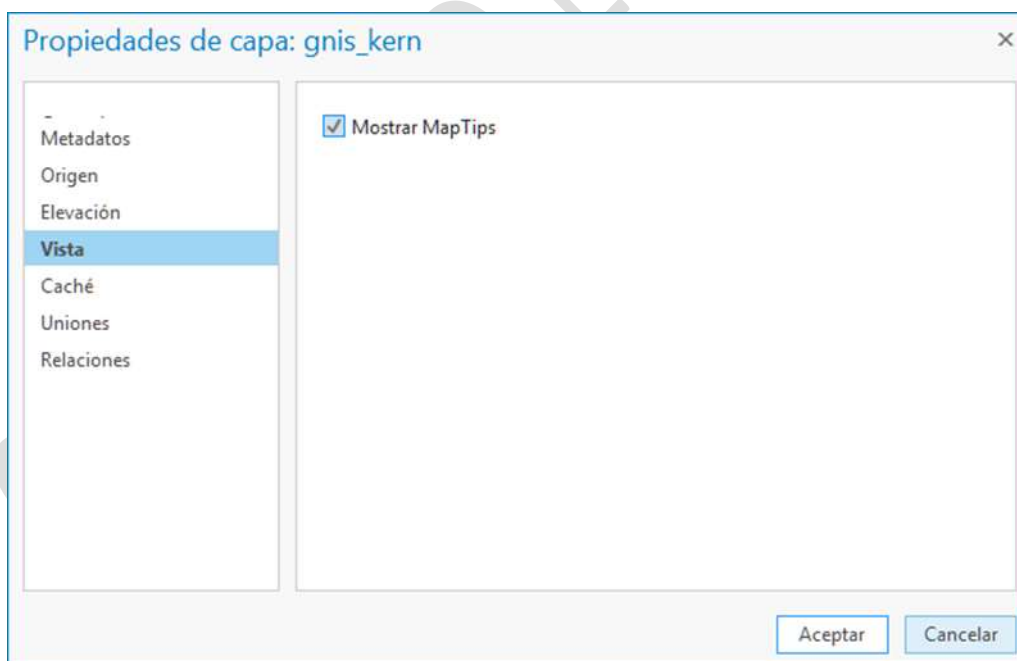
Ahora, ejecutará la herramienta Densidad Kernel con los datos GNIS y comparará los resultados creados usando la herramienta de Densidad de Punto.

- Abra la herramienta Densidad Kernel / Kernel Density (en la caja de herramienta Densidad) y establezca sus parámetros como sigue:
  - Entidades del punto de entrada: USGS GNIS
  - El campo demográfico: Capacity
  - Ráster de salida: gnis\_kern
  - Tamaño de la celda de salida: 30
    - Radio de búsqueda: 1000
    - Unidades de área: KILÓMETROS \_ CUADRADOS

- Clic sobre Aceptar.



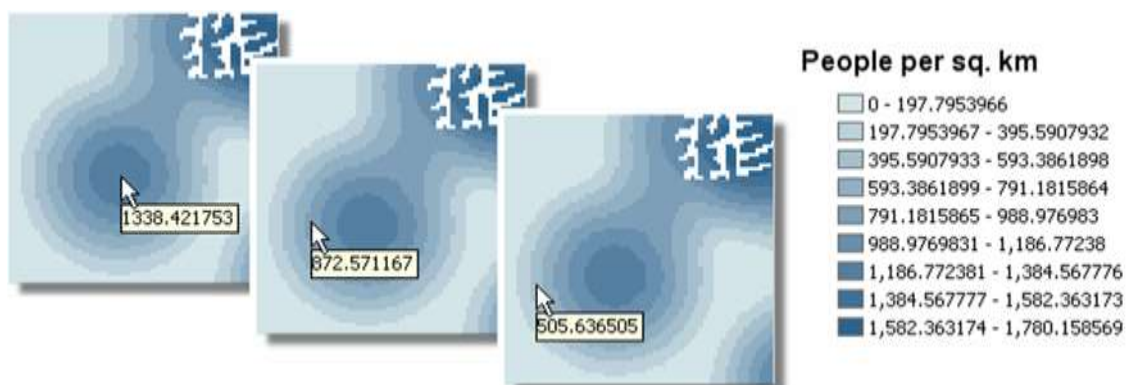
- Habilite Mostrar Comentarios Emergentes de Mapa / Show Maps Tips para la capa gnis\_kern. Para ello acceda a las propiedades de la capa.



Nota: Si es necesario, haga zoom en la misma área del mapa que usted examinó después de ejecutar la herramienta de Densidad de Punto.

- Con la capa gnis\_kern seleccionada active el barrido desde la cinta de opciones de la pestaña apariencia. Debería visualizar una diferencia clara entre la gnis\_den y capas gnis\_kern, donde gnis\_den parece como círculos superpuestos y el gnis\_kern parece más como contornos.

- Desactive la capa gnis\_den.
- Mueva el puntero del ratón sobre la capa gnis\_kern y observe los valores mostrados sobre la capa.



En la superficie gnis\_kern, los valores de densidad decrecen con distancia desde los puntos.

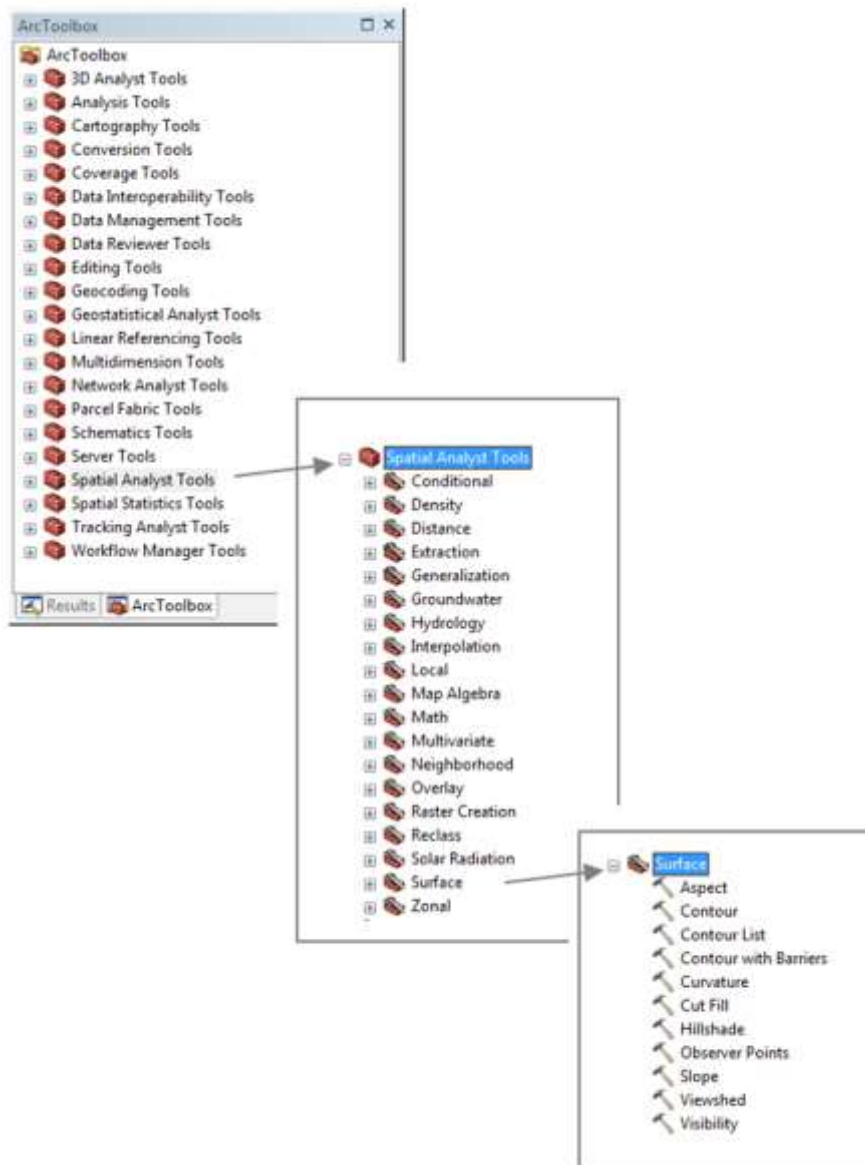
- Guarde el proyecto

### Conclusión

Las superficies de Densidad revelan patrones en los datos que de otra manera no son evidentes. Aunque un radio de búsqueda mayor tiende a generalizar los datos, podría necesitar aumentar el tamaño de la vecindad de búsqueda para poder encontrar patrones significativos. El método Kernel de análisis de densidad crea una superficie de densidad ligeramente más lisa que el método de punto.

## 7. Análisis de Superficies

Como ya se estudió en materias anteriores, en el panel de Geoprocesamiento la extensión Spatial Analyst también existen un conjunto de herramientas agrupadas en la toolset Surface que nos van a permitir realizar diferentes análisis sobre una determinada superficie.



### Vista general del conjunto de herramientas Superficie

Con las herramientas de Superficie, puede cuantificar y visualizar características del terreno, representado por un modelo de elevación digital.

A partir de una superficie de elevación de ráster como entrada, con estas herramientas puede obtener información produciendo un nuevo dataset que identifica un patrón específico dentro de un dataset original. Puede derivar patrones que no eran evidentes en la superficie original, como curvas de nivel, ángulo de

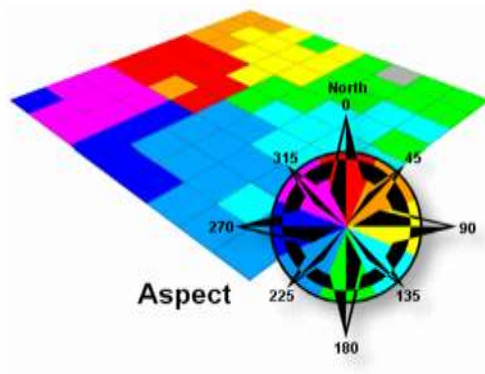
pendiente, la dirección de pendiente descendente más empinada (Orientación), relieve sombreado (Sombreado) y cuenca visual.

Cada herramienta de superficie permite comprender una superficie que puede utilizarse como un fin en sí misma o como entrada para análisis adicionales.

## Orientación

Sus valores identifican la dirección de la pendiente descendente desde cada celda hacia sus vecinas.

Los valores representan grados medidos según las agujas del reloj (0° -360°)



*Norte - 0° - Rojo*

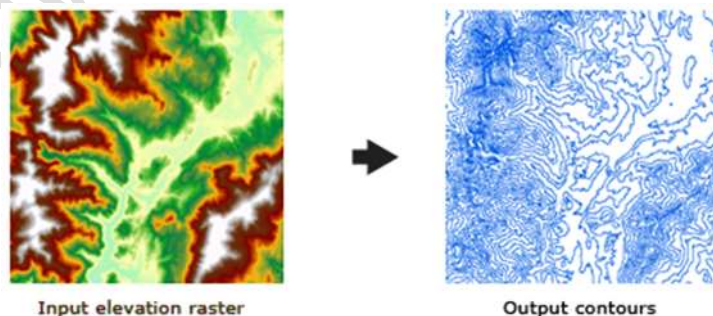
*Este - 90° - Amarillo*

*Sur - 180° - Verde*

*Oeste - 270° - Azul*

## Curva de nivel

Líneas que conectan ubicaciones de igual valor en un dataset ráster que representa fenómenos continuos como elevación, temperatura, precipitación, contaminación etc.



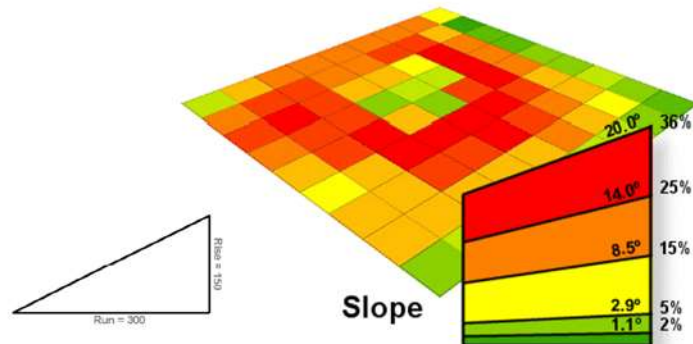
Input elevation raster

Output contours

Las herramientas de creación de curvas de nivel, Curva de nivel, Lista de curva de nivel y Curva de nivel con barreras se utilizan para crear un dataset de entidades de polilínea a partir de un ráster de entrada.

## Pendiente

Sus valores identifican la dirección de la pendiente descendiente desde cada celda hacia sus vecinas. Su valor puede ser expresado en grados o en tanto por ciento.

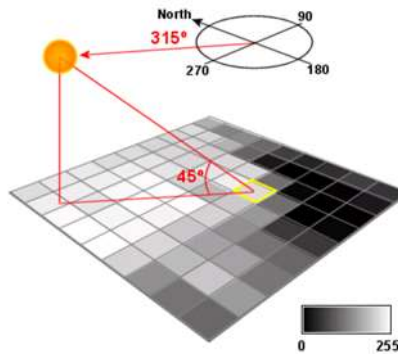


*En la imagen las celdas en rojo pendientes empinadas, mientras que las celdas verdes representan superficies de menor inclinación*

## Sombreado

Representa la iluminación existente sobre cada celda de la superficie de elevación.

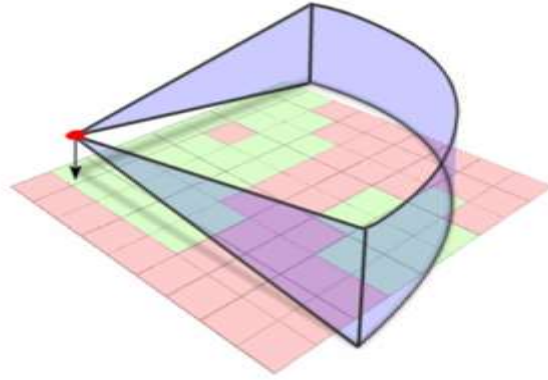
- El rango de valores del ráster de salida oscilan desde 0 (sin iluminación) a 254 (máxima iluminación).
- Los valores son calculados en función de la posición específica de la fuente de luz y del valor de elevación de las celdas, en relación con sus vecinas.



*La herramienta Sombreado calcula la iluminación de las celdas en función de fuente de luz y de los valores de elevación de las celdas.*

## Visibilidad

La herramienta visibilidad identifica las áreas de una superficie que se pueden ver desde uno o más observadores. La entrada es un ráster o una superficie TIN, generando como salida un nuevo ráster. Cada celda en el ráster generado almacena el número de observadores desde los que se puede visualizar.



*Los valores visibles son representados de color verde, mientras que los valores que no son visibles por ningún observador son representados de color rojo.*

Los puntos de observación pueden ser entidades de una capa de puntos o vértices de una capa de líneas.

Copyright @ Esri España

## Ejercicio 5.4: Crear un sombreado de elevaciones

En este ejercicio, usará la herramienta de análisis de superficie ArcGIS Spatial Analyst para explorar los usos cartográficos del sombreado de elevaciones.

Después de completar este ejercicio, sabrá:

- Crear sombreado de elevaciones.
- Crear relieve sombreado.
- Crear un sombreado suavizado de elevaciones.

### Paso 1: Abrir un documento de mapa

- Si es necesario, inicie ArcGIS Pro con su proyecto del curso.
- En la ventana de Catálogo, navegue hasta ...\\CASA\\Exercise06.
- Importe el fichero Hillshade.mxd y renombre el mapa como Superficies.

Podrá visualizar una superficie de elevación ráster. Hay otro ráster de la tierra y zonas de agua en la tabla de contenidos, pero actualmente se encuentran desactivados.

- Confirme que la configuración del entorno para este ejercicio esté establecida de la siguiente manera:
  - Espacio de Trabajo actual: ..\\CASA\\Database\\ Exercise06.gdb
  - Espacio de Trabajo temporal: ..\\CASA\\Database\\ Exercise06.gdb
  - Sistema Coordenadas de Salida: Igual que Capa Elevation.
  - Extensión de procesado: Igual que Capa Elevation.
  - Tamaño de la Celda: Igual que Capa Elevation.
  - Máscara: Ninguna

### Paso 2: Crear un sombreado de elevación estándar

En este paso, creará un sombreado de elevación estándar para comparar con otros sombreados que creará. Creará dos sombreados de elevaciones utilizando la herramienta de Sombreados de elevación– una con el sol al noroeste y otra con el sol al suroeste – para ver el efecto que tienen las sombras en su percepción de la superficie.

- En la tabla de contenidos, expanda la capa Elevation.

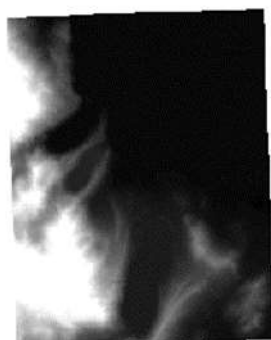
Este mapa de las superficies de elevación, mostrado de esta forma, no provee mucha información topográfica. Los valores grises indican las aéreas altas (blanco) y las aéreas bajas (negro), pero la mayor parte de los detalles de la superficie están ocultos. El sombreado de elevación puede revelar este tipo de detalles ocultos.

Primero, creará un sombreado de elevación estándar utilizando los valores predeterminados para acimut y altura.

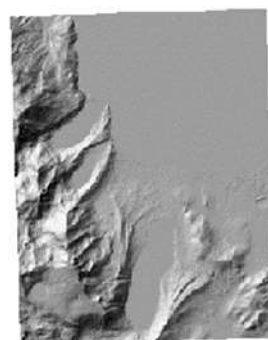
- Abra la herramienta de Sombreado de Elevación / Hillshade (Spatial Analyst) y establezca sus parámetros de la siguiente manera:
  - Ráster de entrada: Elevation
  - Ráster de salida: hill\_std
  - Acimut: 315
  - Altura: 45
  - Sombras modelo: [Dejar sin marcar]
  - Factor Z: 1



- Clic sobre Aceptar.



**Elevation**



**hill\_std**

Como podemos ver, es más fácil identificar montañas y valles a partir del sombreado de elevación que desde una superficie de elevación “en bruto”.

La herramienta de sombreado trabaja comparando la orientación de una celda (su pendiente y orientación) con la ubicación de la fuente de luz, que se establece con el acimut y altura. Las celdas situadas directamente de cara a la fuente de luz están bien iluminadas y se les da un valor de escala de grises de 255 (blanco). A las celdas situadas directamente en dirección opuesta a la fuente de luz se les dan un valor

dentro de la escala de grises de 0 (negro). A otras celdas se les dan sombras intermedias de grises.

El acimut (brújula) y altura (grados sobre el horizonte) controlan la ubicación del sol. Cambiar el acimut expone a diferentes celdas, mientras que cambiar la altura hace a las sombras más largas o más cortas.

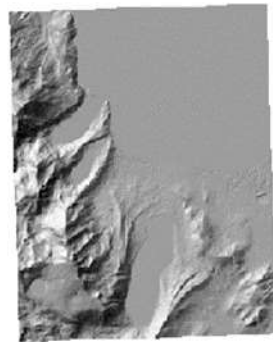
Para aplicaciones cartográficas, deberá siempre colocar el sol en el norte para que las sombras en el sombreado de elevación caigan en la parte inferior de la montaña. Si el sol está en el sur, las sombras caerían en la parte superior de la montaña, y la mayoría de las personas percibirían las montañas como depresiones.

Ahora ejecutará la herramienta de sombreado de nuevo con el sol al suroeste para que pueda ver este efecto.

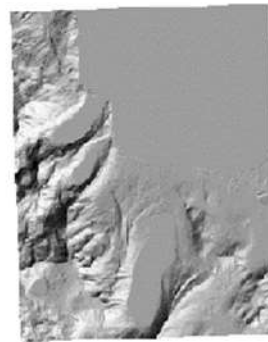
- Abra la herramienta de Sombreado de elevación / Hillshade de nuevo y establezca los parámetros de la siguiente manera:
  - Ráster de entrada: Elevation
  - Ráster de salida: hill\_depr
  - Acimut: 135
  - Altura: 45
  - Sombras modelo: [Dejar sin marcar]
  - Factor Z: 1
- Clic sobre Aceptar.



- Active y desactive hill\_depr para ver el efecto.



hill\_std



hill\_depr

En hill\_depr, la mayoría de las personas verá los lagos como mesetas y las montañas como valles.

- Desactive y comprima todas las capas.

### Paso 3: Crear un mapa en relieve sombreado con una elevación sombreada

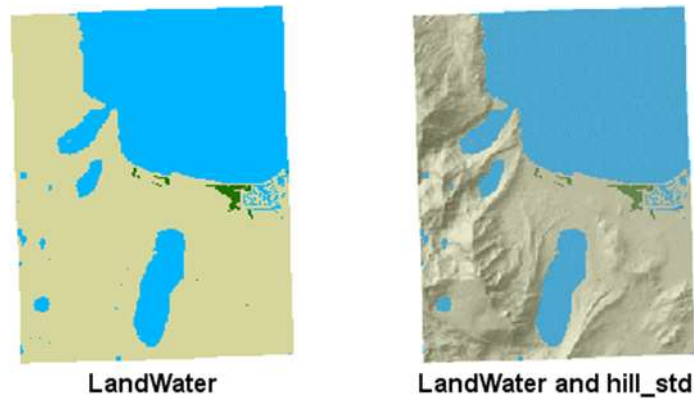
Combinando el sombreado de elevación con una capa transparente de datos de colores temáticos, como vegetación, se produce un producto cartográfico muy atractivo, y es fácil de hacer. El sombreado proporciona un sentido en la dimensión del mapa y le permite visualizar el terreno en virtud de los datos. En este paso, crearemos un mapa de relieve sombreado.

- Mueva LandWater a la parte superior de la tabla de contenidos.
- Active las capas LandWater y hill\_std.

La capa LandWater se simboliza de manera simple, con las aguas en azul, la tierra en marrón, y los pantanos en verde. Por sí mismo no es muy impresionante.

- Establezca una transparencia del 50%





El sombreado de elevación está ahora parcialmente visible a través de la capa LandWater y le da una sensación de dimensión al mapa.

Puede dibujar cualquier capa temática transparente sobre un sombreado, como vegetación, uso de la tierra, caminos y corrientes, incendios forestales, y así sucesivamente. Puede también utilizar múltiples capas con diferentes transparencias.

- Cierre la ventana de Análisis de Imagen y desactive todas las capas.

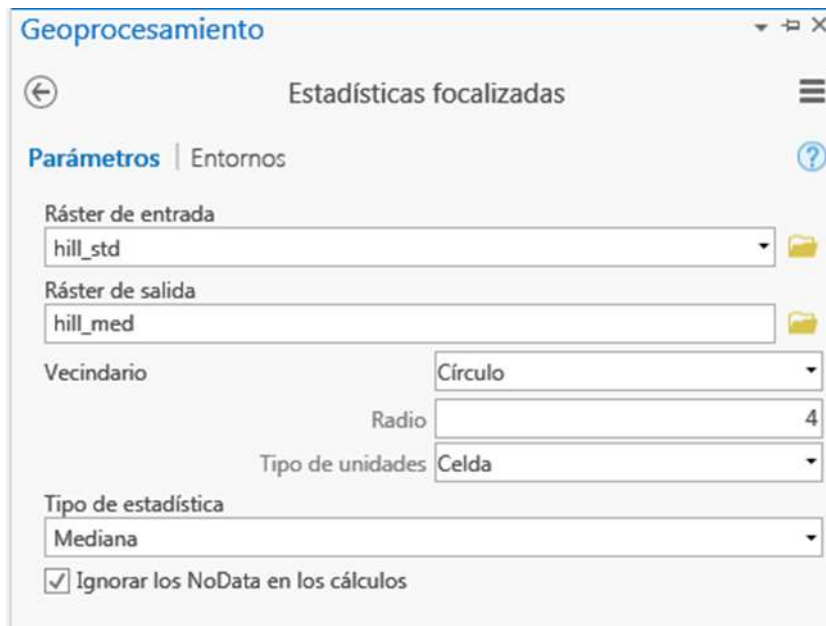
#### Paso 4: Crear un mapa de relieve suavizado

Para algunas aplicaciones cartográficas, se desea que el sombreado sea más suave para que no interfiera en las capas temáticas que dibuje sobre ellas. El estilo de sombreado Suizo hace exactamente eso; hace desaparecer los detalles en la superficie, y simula una perspectiva aérea haciendo a las elevaciones más altas, más claras; y a las más bajas, más oscuras.

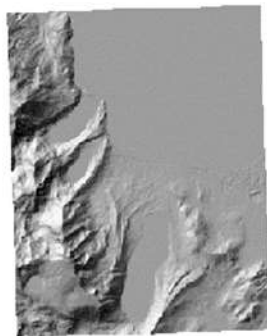
Con el método de estilo Suizo, simplemente creará un sombreado de elevación estándar, suavízelo utilizando la función Vecindad, pese el sombreado de elevación con la elevación, y combine los sombreados de elevación alisados y ponderados con transparencia.

Primero, alise su sombreado de elevación estándar utilizando la herramienta de Estadísticas Focalizadas y el tipo estadístico de la mediana.

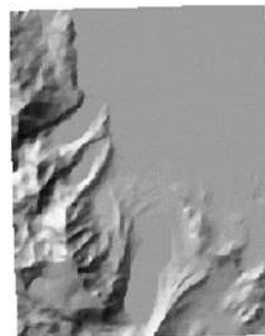
- Abra la herramienta Estadísticas Focalizadas / Focal Statistics (Spatial Analyst) y establezca los parámetros de la siguiente manera:
  - Ráster de entrada: hill\_std
  - Ráster de salida: hill\_med
  - Vecindad: Círculo
  - Radio: 4
  - Unidades: Celda
  - Tipo Estadísticas: MEDIANA
  - Ignorar NoData en cálculos: Marcado/Verificado



- Haga Clic sobre Aceptar.
- Compare realizando un barrido las capas hill\_std con Hill\_med



hill\_std



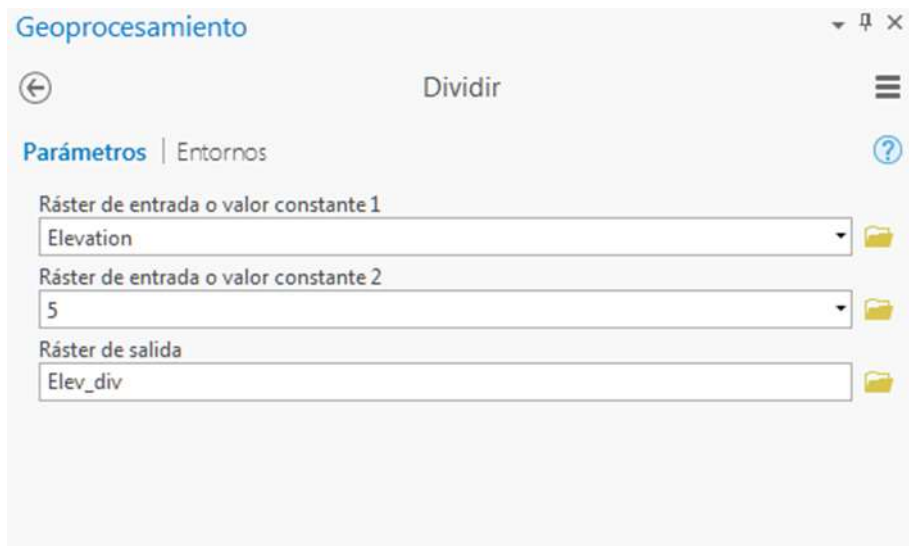
hill\_med

- El sombreado suavizado aparece borroso porque la herramienta Estadística Focal elimina muchos de sus detalles.
- Desactive la capa hill\_med.

El próximo paso es pesar el sombreado de elevación estándar con el ráster de elevación con la finalidad de enfatizar las elevaciones más altas. Lo hará dividiendo la altura por cinco y sumando el resultado al sombreado de elevación estándar.

Primero dividirá los valores del sombreado de elevación estándar por cinco.

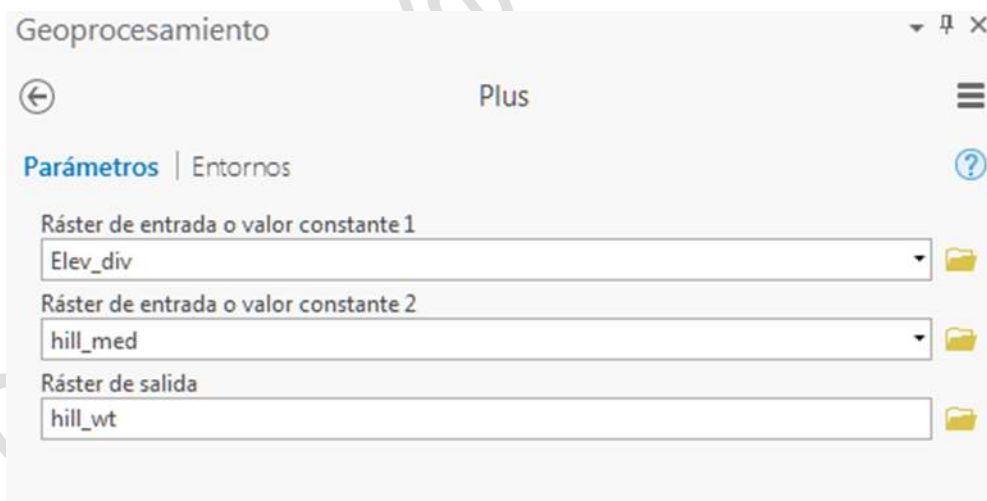
- Abra la herramienta de División / Divide (Spatial Analyst) y establezca los parámetros de la siguiente manera:
  - Ráster de entrada o valor constante 1: Elevation
  - Ráster de entrada o valor constante 2: 5
  - Ráster de salida: Elev\_div



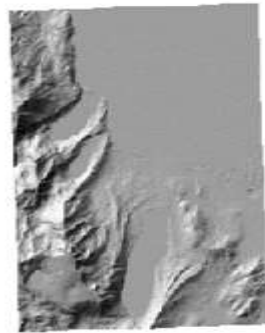
- Haga Clic sobre Ejecutar.

Ahora sume el resultado al sombreado de elevación estándar.

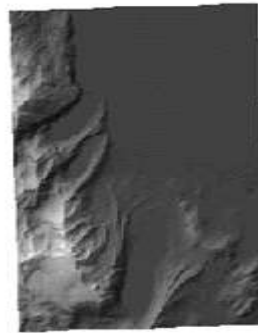
- Abra la Plus / Plus (Spatial Analyst) y establezca los parámetros de la siguiente manera:
  - Raster de entrada o valor constante 1: Elev\_div
  - Raster de entrada o valor constante 2: hill\_med
  - Raster de salida: hill\_wt



- Haga Clic sobre Ejectuar
- Desactive y cierre la capa Elev\_div.
- Compare con la funcionadlidad de barrido las capas hill\_st y hill\_wt



hill\_std



hill\_wt

En hill\_wt, observe que las elevaciones más altas son más brillantes que las elevaciones bajas. Esto proporcionará el efecto de perspectiva aérea en el producto final del mapa.

Para obtener el efecto completo del estilo suizo, combinará las capas hill\_med y hill\_wt con una capa temática usando transparencia. El orden del dibujo es importante.

- Desactive todas las capas excepto la hill\_wt, hill\_med, y LandWater.
- Reordene las capas en la tabla de contenidos y establezca sus transparencias de la siguiente manera:

Capa/Orden	Transparencia
1. LandWater	55%
2. hill_std	35%
3. hill_wt	0%

El mapa ahora muestra el efecto completo del estilo de sombreado Suizo. Puede compararlo con el sombreado estándar.

- Mueva hill\_std justo debajo de LandWater en la tabla de contenidos y actívela.
- Utilice la herramienta de Swipe o el botón de capa de Parpadeo para comparar hill\_std con el estilo Suizo de sombreado de elevación.



Swiss style



LandWater and hill\_std

En el estilo suizo, el terreno está menos detallado y las elevaciones más altas son más brillantes. Es posible ajustar la apariencia modificando la transparencia, brillo, y el contraste de las tres capas.

Puede alisar más la superficie ejecutando la herramienta de Estadísticas Focalizadas varias veces en el sombreado de elevación original (o en la superficie de la elevación antes de crear el sombreado original), usando la salida de cada uno como la entrada para el siguiente.

Los beneficios de esta técnica de sombreado de elevación cartográfica, se aprecian mejor cuando se imprimen en una impresora de alta calidad, en su escala prevista, que para estos datos es 1:60000

- Guarde el proyecto

## **Conclusión**

En este ejercicio se ha mostrado cómo se pueden crear sombreados de elevación desde un ráster de elevación para alcanzar un efecto 3D. Este efecto simulado de sombra es creado mediante la asignación de un valor de iluminación desde 0 hasta 255 a cada celda de acuerdo con un acimut y altura especificada para el sol. Acimut es la dirección angular del sol (su dirección de brújula). El rango de valores válidos es desde 0 hasta 360. El valor por defecto es de 315 grados (noroeste). La altura es el ángulo del sol sobre el horizonte. El rango de valores válidos desde 0 hasta 90. El valor por defecto es de 45 grados.

Puede crear mapas en relieve mostrando la elevación del ráster original de manera transparente con el ráster de sombreado de elevación.

## Ejercicio 5.5: Calcular pendiente y orientación

La pendiente y el aspect son dependientes de la forma o morfología de una superficie. La pendiente es el cambio en z sobre la distancia a través de una celda, y la orientación es la dirección del camino de mayor pendiente a través de la celda relativa al norte (o la orientación de una celda). En este ejercicio, calculará tanto la pendiente como la orientación.

Después de completar este ejercicio, será capaz de:

- Calcular la pendiente.
- Calcular la orientación.
- Reclassificar pendiente en las zonas.

### Paso 1: Abrir un documento de mapa

- En este ejercicio continuaremos con el proyecto anteriormente creado.
- Navegue al archivo ...\\CASA\\Exercise06 e importe Surface.mxd.
- Renombre el mapa como Orientación.
- Confirme que la configuración del entorno de este ejercicio haya sido establecida de la siguiente manera:
  - Espacio Trabajo Actual: ..\\CASA\\Database\\Exercise6.gdb
  - Espacio de Trabajo Temporal: ..\\CASA\\Database\\Exercise6.gdb
  - Sistema Coordenadas de Salida: Igual que la capa de elevación
  - Extensión de Procesamiento: Igual que la capa de elevación
  - Tamaño de la Celda: Igual que la capa de elevación
  - Máscara: Ninguna

### Paso 2: Calcular pendientes como porcentaje

La pendiente es la inclinación del terreno para una celda. Se mide como el cambio en el valor Z, respecto la distancia de nueve celdas vecinas alrededor de cada celda. La pendiente se usa típicamente con los datos de elevación, pero también podría ser útil para analizar otros tipos de superficies. Por ejemplo, con una superficie de lluvias, la pendiente refleja el rango de cambio en las lluvias (es decir, las pendientes más pronunciadas tienen valores que cambian más rápido).

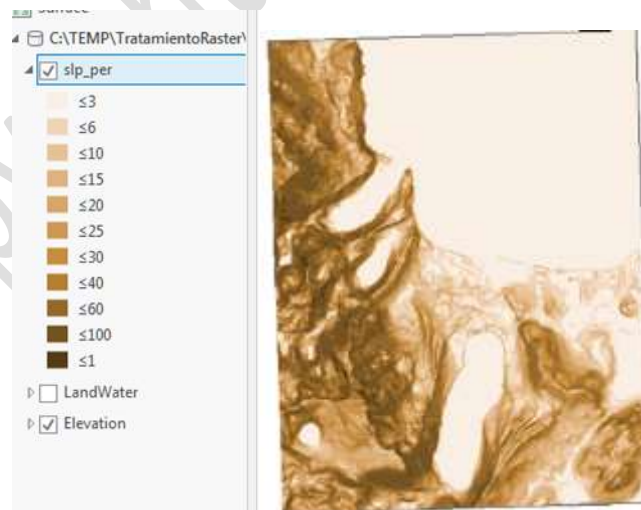
La pendiente puede expresarse en grados o como un porcentaje de subida sobre la distancia horizontal recorrida. Los grados se suelen usar en aplicaciones científicas, mientras que el porcentaje es más usado en estudios de transporte (por ejemplo, una señal que diga "Precaución: tramo con 6% de pendiente").

En este paso, ejecutara la herramienta de Pendiente para calcular el porcentaje de la pendiente.

- Abra la herramienta de Pendiente / Slope (Spatial Analyst) y establezca los parámetros de la siguiente manera:
  - Ráster de entrada: Elevation
  - Ráster de salida: slp\_per
  - Medición de Salida: PERCENT\_RISE
  - Factor Z: 1



- Haga Clic sobre Aceptar.



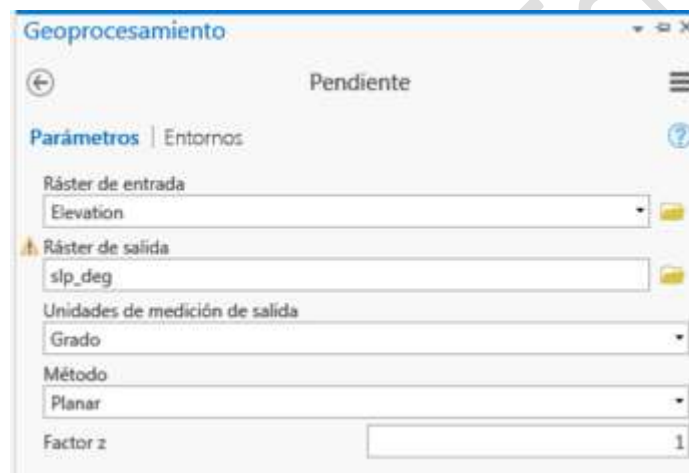
En la leyenda para slp\_per, tenga en cuenta que el rango de valores va de 0 hasta aprox. 100 por ciento. El porcentaje de la pendiente es calculado como la altura entre la distancia, así que si hay una gran subida sobre un recorrido corto, los valores pueden aproximarse al infinito.

La herramienta de Pendiente asigna automáticamente un renderizador apropiado a la capa de salida. Esta usa un renderizador clasificado con cerca de diez clases y el método de Cortes Naturales (Jenks) y asigna a las clases la rampa del color de rampa de marrones.

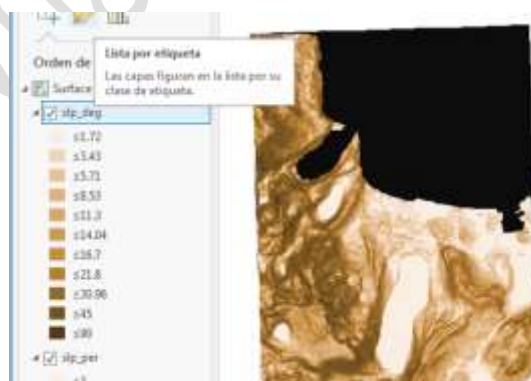
### Paso 3: Calcular pendiente en grados

Ahora ejecutará la herramienta de Pendiente para volver a la pendiente en grados.

- Abra la herramienta de Pendiente / Slope y establezca los parámetros de la siguiente manera:
  - Ráster de entrada: Elevation
  - Ráster de salida: slp\_deg
  - Medición de Salida: GRADO
  - Factor Z: 1



- Haga Clic sobre Aceptar



Fíjese que en la leyenda para slp\_deg el rango de valores va de 0 hasta aproximadamente 90 grados. La pendiente más alta posible es de 90 grados: una colina vertical.

En un modelo de escenario de un complejo de esquí, las mejores pistas de esquí son aquellas con pendiente entre 15 y 45 grados. Menos de 15 grados es muy plano,

mientras que aquellas sobre 45 grados son muy peligrosas. Reclasificará los valores de la pendiente en rangos que reflejen esta condición.

#### Paso 4: Reclasificar pendientes en las zonas

Probablemente habrá escuchado a personas hablar sobre alcanzar la cima de una montaña o superar una fuerte pendiente. ¿Pero cómo de fuerte es la inclinación? En este paso, medirá el terreno alrededor de Tahoe, hasta saber cómo de difícil sería subir o esquiar. Los valores que usará se resumen en la siguiente tabla.

Pendiente	Descripción
< 15 grados	Terreno Plano
15-45 grados	Terreno Base
45+ grados	Terreno Peligroso

Usará la herramienta de Reclasificar para reclasificar el ráster slp\_deg dentro de estas tres clases.

- Abra la herramienta de Reclasificar / Reclassify (Spatial Analyst) y establezca los parámetros de la siguiente manera:
  - Ráster de entrada: slp\_deg
  - Campo de reclasificación: Value
  - Ráster de salida: Clasificación
  - Establezca a 3 los intervalos de clasificación
    - De 0 a 15
    - De 15 a 45
    - De 45 a 60,693989

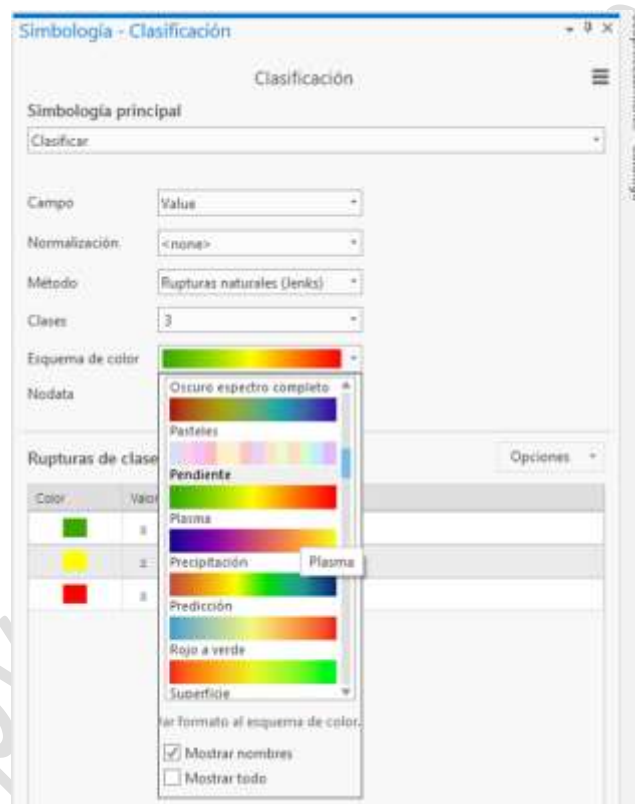


Puede ver cuántos elementos existen en cada clase haciendo clic en su tabla de atributos. El número de elementos aparece debajo del histograma en el cuadro de diálogo de Clasificación.

- Modifique la simbología de la capa Clasificación



- Modifique la simbología del raster generado, seleccionando Clasificar como método de simbología y seleccionando la rampa de color Pendiente.
- Elija el esquema color de Pendiente / Slope de la lista desplegable.

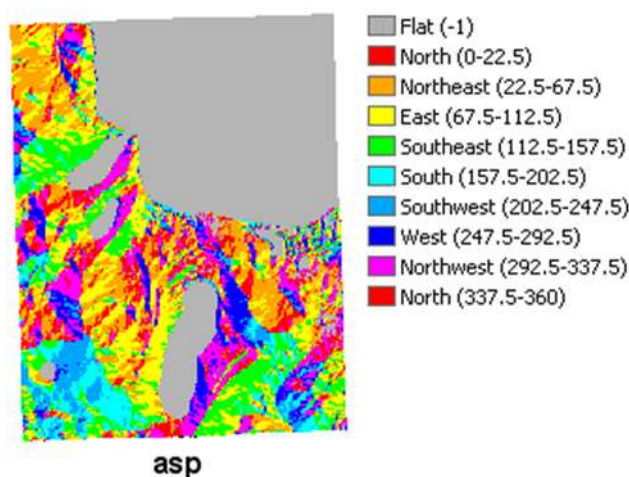


- Haga clic en Aceptar en el cuadro de diálogo de Propiedades de Capa.

## Paso 5: Calcular orientación

El cálculo de la orientación trata de extraer el valor de orientación de una celda en relación al norte geográfico. Ésta funciona buscando la dirección de flujo del máximo valor de cambio en el valor-z desde una celda a sus vecinos. En otras palabras, la orientación es la dirección de la pendiente. Internamente, se usa el mismo algoritmo para ambas herramientas de Pendiente y de Orientación. Simplemente devuelven diferentes medidas del gradiente. La orientación se obtiene como grados de brújula desde 0 a 360, con -1 reservado para las celdas planas.

- Ahora ejecutará la herramienta de Orientación.
- Abra la herramienta de Orientación / Aspect (Spatial Analyst) y establezca los parámetros de la siguiente manera:
  - Ráster de entrada: Elevation
  - Ráster de salida: asp
- Si fuese necesario, modifique la simbología del ráster generado, estableciendo Clasificar como método y selecciona la rampa de color Orientación.



Como la herramienta de Pendiente, Orientación asigna la simbología apropiada a la capa de salida.

En el contexto de un modelo de esquí, podría haber utilizado la herramienta de Orientación para encontrar las pendientes con baja exposición al sol, asumiendo que las pendientes orientadas al norte reciben menos sol que las pendientes del sur, pero el método de sombreado de elevación que utilizó devuelve una medida más confiable. A pesar de todo, la herramienta de Orientación es útil en muchas aplicaciones de análisis del terreno.

El uso de la herramienta de Orientación en algunos tipos de análisis es un reto por la naturaleza de la medida angular; un orientación de 359 grados está muy cerca de un orientación de 1 grado (solo están a 3 grados de separación), pero matemáticamente son 358 grados de separación.

- Guarde el proyecto

## Conclusión

Acaba de aprender como calcular la pendiente y la orientación usando la herramienta de Pendiente y la herramienta de Orientación. La pendiente mide la inclinación de una superficie y se puede expresar en grados o porcentaje. La orientación es la dirección de la brújula en la cual una pendiente topográfica aparece; normalmente se expresa en grados de latitud y longitud.

## Ejercicio 5.6: Calcular visibilidad y cuenca visual

El análisis de Cuencas Visuales examina cada celda para determinar si tiene una línea de visión clara para uno o más puntos de observación, en función de si hay celdas que bloquean la línea de visión, entre la celda objetivo y el observador. Devuelve un simple recuento del número de observadores que pueden ver la celda.

Existen varias aplicaciones potenciales para el análisis de cuencas visuales en GIS, como ocultar antiestéticas áreas de almacenamiento, o ubicaciones de antenas de telefonía móvil.

A lo largo de este ejercicio, realizará:

- Determinar las localizaciones visibles de una superficie ráster.
- Determinar la exposición visual de ubicaciones de observadores múltiples.

### Paso 1: Abrir un documento de mapa

- Navegue hacia el archivo ...\\CASA\\Exercise06 e importe Viewshed.mxd.
- Renombre el mapa como Visibilidad.
- Visualizará las siguientes capas:
  - ParkFacilities: Puntos de observación.
  - LandMask: Una Máscara; zonas de tierra tienen un valor, y el Lago Tahoe es NoData.
  - TopoMap: Un mapa topográfico escaneado como fondo.
  - erhill: Un sombreado de elevación.
  - Elevation: Una superficie de elevación de ráster.
- Confirme que la configuración del entorno, para este ejercicio, se encuentre establecida de la siguiente manera:
  - Espacio de trabajo actual: ..\\CASA\\Database\\Exercise6.gdb
  - Espacio de trabajo temporal: ..\\CASA\\Database\\Exercise6.gdb
  - Sistema Coordenadas de Salida: Igual que Capa de Elevación.
  - Extensión: Igual que Capa Elevation.
  - Tamaño de la Celda: Igual que Capa Elevation.
  - Máscara: Ninguna.

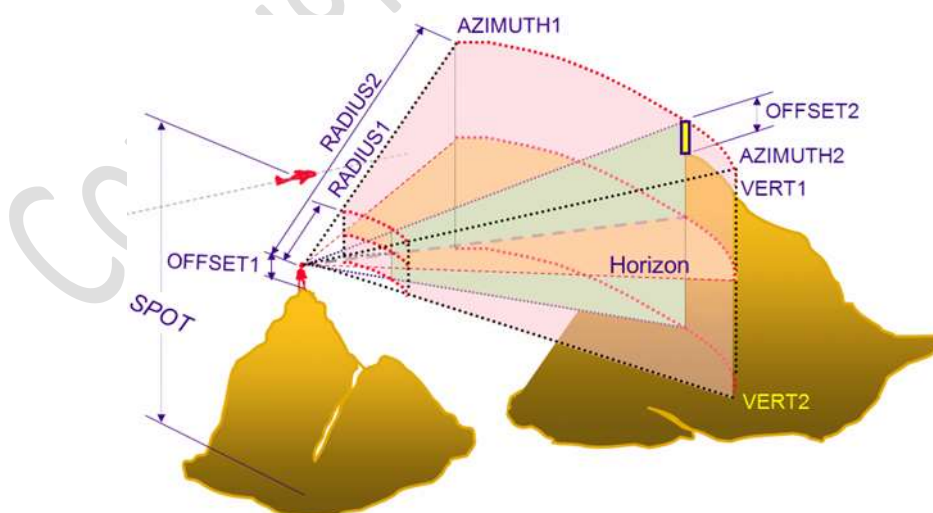
### Paso 2: Examinar una tabla de atributos

En este escenario, el Servicio del Parque Nacional tiene problemas con la comunicación de radio dentro de sus instalaciones y necesita construir una torre repetidora. El lugar de la torre debe proporcionar una vista de todas las instalaciones.



Cada instalación tiene un mástil de radio. El mástil de la sede mide 100 pies de alto; y todas las demás, 50 pies de alto. La torre de repetición ha de ser de 100 pies de alto.

La herramienta de Cuenca Visual es fácil de usar y tiene pocos parámetros para establecer. Esto se debe a que la mayoría de los parámetros son llevados como atributos de observadores de entrada, los cuales pueden ser puntos o líneas en una clase de entidad. Todos los atributos de los parámetros son opcionales (tienen valores predeterminados), pero si se utilizan, tienen que almacenar números y los campos deben tener nombres especiales.



- Abra la tabla de atributos para la capa ParkFacilities.

Shape	Id	Ranger_Des	OffsetA	OffsetB	OBJECTID
Point	0	Park Headquarters	100	100	1
Point	0	Visitors Center	50	100	2
Point	0	Paradise Flat campgr...	50	100	3
Point	0	Eagle Falls campgrou...	50	100	4

La capa ParkFacilities tiene los atributos OffsetA y OffsetB. OffsetA es la altura del mástil de radio cada instalación y OffsetB la altura de la torre de repetición propuesta para todos los puntos (100 metros).

- Cierre la tabla de atributos.

### Paso 3: Calcular cuencas visuales

A continuación, comenzará ejecutando la herramienta de Cuencas Visuales.

- Abra la herramienta de Cuencas visuales / ViewShed (Spatial Analyst) y establezca los parámetros de la siguiente manera:
  - Ráster de entrada: Elevation
  - Entidades de observador de punto o multilínea de entrada: ParkFacilities
  - Ráster de salida: View1
  - Factor Z: 1
  - Utilice correcciones de curvatura de tierra: [Dejar sin marcar]
- Haga clic sobre Aceptar.



El valor actual de la celda es un recuento del número de observadores que pueden ver cada celda.

Si observa la tabla de atributos podrá realizar una selección de los lugares que son vistos por cada observador



1:171.198 | 120.2297363°W 38.8644199°N

View1 X

Campo: Selección:

OBJECTID	Value	Count
1	0	25041
2	1	17662
3	2	51613
4	3	12823
5	4	315

Haga clic para añadir una fila nueva.

En el próximo paso, va a re-simbolizar esta capa para mostrar cuántas instalaciones puede ver cada celda.

#### Paso 4: Hacer un mapa de sitios potenciales para una torre de retransmisión

La herramienta de Cuencas Visuales se ha calculado sin especificar máscara de análisis (que no ha establecido), por tanto, también se ha calculado la visibilidad de las celdas en zonas del lago. Para eliminar estos valores que no nos interesan para el análisis, las reclasificara a NoData.

Recuerde, las máscaras se establecen en el cuadro de diálogo Entornos en la pestaña Geoprocesamiento.

- Cambie la Configuración de Entorno para que la máscara se establezca en LandMask.
- Abra la herramienta Extraer por Máscara / Extract by Mask (Spatial Analyst) y establezca los parámetros de la siguiente manera:
  - Ráster de entrada: View1

- Ráster de entrada o datos de las entidades de máscara: Exercise06.gdb\arlandmask
- Ráster de salida: View2



- Haga clic sobre Aceptar.

Ahora modificará los colores de los símbolos de View2 y hará el mapa final.

- Clic con el botón derecho en cada símbolo en la leyenda de View2 y asigne los siguientes colores (en paréntesis se dan recomendaciones específicas):
  - Valor 0: No Color
  - Valor 1: Verde claro (Verde Tzavorite)
  - Valor 2: Verde medio (Verde Peridot)
  - Valor 3: Verde Oscuro (Verde Tarragon)
  - Valor 4: Rojo Brillante (Rojo Mars)

Symbol	<VALUE>	Label	Count
	<all other values>	<all other values>	
<b>&lt;Heading&gt;</b>			
	0	0	24504
	1	1	15088
	2	2	47261
	3	3	13098
	4	4	315

- Desactive todas las capas excepto ParkFacilities, View2, TopoMap, y erhill.
- Establezca al 50% la transparencia de View2

Las celdas rojas brillantes son aquellas que son visibles desde las cuatros instalaciones del parque. La torre de transmisión nueva puede estar localizada en cualquiera de estas ubicaciones.

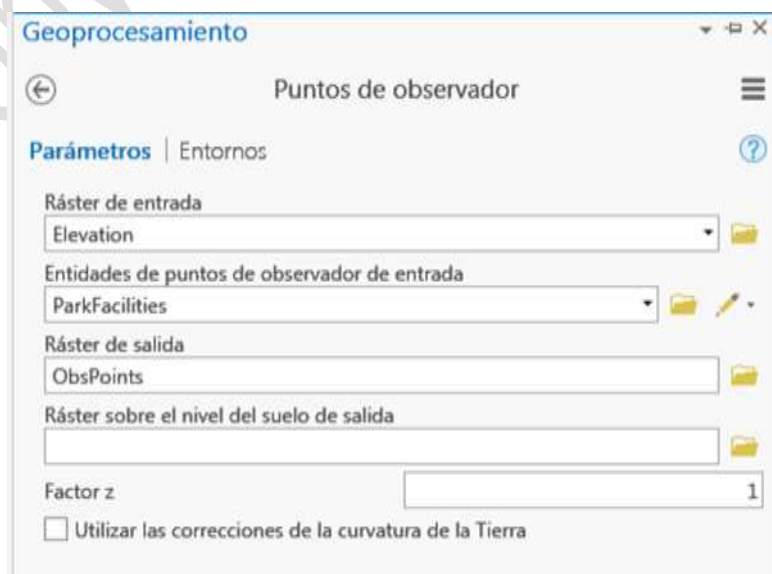


- Desactive la capa de View2.

## Paso 5: Determinar la exposición visual de instalaciones de parques

La herramienta de Puntos de Observador es similar a la herramienta de Cuencas Visuales, excepto que sólo acepta entidades de puntos para observadores de entrada y está limitada a 16 puntos. Las identificaciones de los observadores que pueden ver cada celda, son registradas en el ráster de salida de la tabla de atributos.

- Abra la herramienta de Puntos de Observación / Observer Points (Spatial Analyst) y establezca los parámetros de la siguiente manera:
  - Ráster de entrada: Elevation
  - Entidades de observador de punto de salida: ParkFacilities
  - Ráster de salida: ObsPoints
  - Factor Z: 1
  - Utilice las correcciones de curvatura de la tierra: [Dejar sin marcar]



- Haga clic sobre Aceptar



- Abra la tabla de atributo para la capa ObsPoints.

OBJECTID *	Value	Count	OBS1	OBS2	OBS3	OBS4
1	0	24504	0	0	0	0
2	1	5828	1	0	0	0
3	2	7429	0	1	0	0
4	3	42879	1	1	0	0
5	4	1	0	0	1	0
6	5	1584	1	0	1	0
7	6	41	0	1	1	0
8	7	8474	1	1	1	0
9	8	1830	0	0	0	1
10	9	210	1	0	0	1
11	10	2547	0	1	0	1
12	11	4591	1	1	0	1
13	14	33	0	1	1	1
14	15	315	1	1	1	1

Además de los atributos estándar VALUE y COUNT, existen atributos llamados OBS1 hasta OBS4. Estos atributos son usados para registrar la visibilidad de cada celda desde cada punto de entrada.

Por ejemplo, cada celda de ráster que puede ser vista por Observador 1 contendrá un valor de 1 en el campo OBS1. Las celdas que no pueden ser vistas desde el punto de observación se les asigna un valor de 0.

- Cierre la tabla de atributos.

### Paso 6: Extraer lugares de superficie ráster visible desde solamente un punto de observación

Puede utilizar los campos OBS para identificar aquellas celdas del ráster que pueden ser vistas desde un punto de observación específico. Por ejemplo, supongamos que quiere mostrar todas las regiones del ráster que pueden ser vistas sólo desde la sede

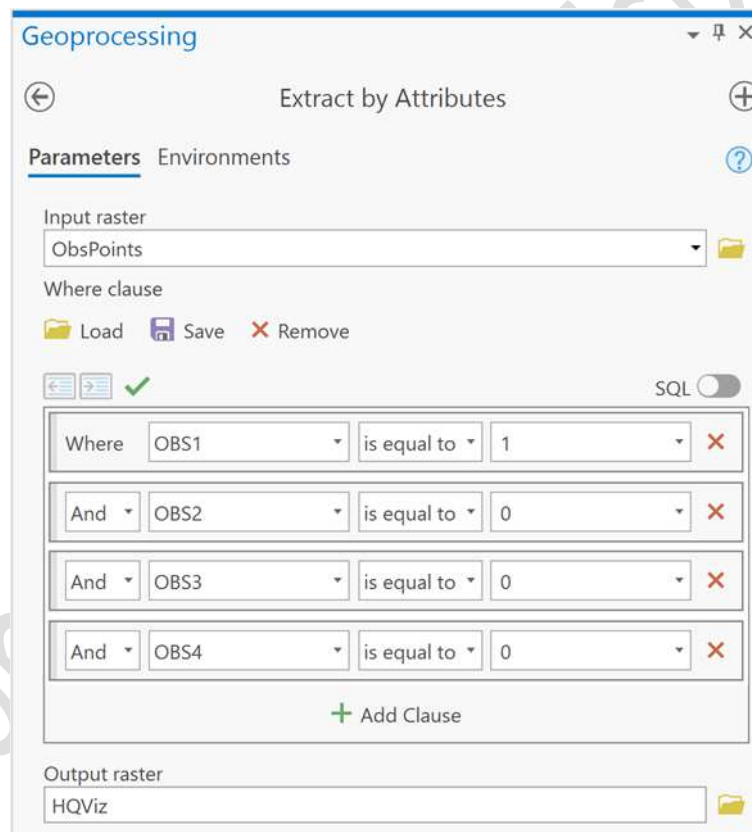
del parque (OBS1). Puede seleccionar la línea donde el valor del Observador 1 (OBS1) es 1 y los valores para todos los demás observadores (OBS2, OBS3, y OBS4) es 0. Las regiones del ráster que pueden ser vista sólo por el Observador 1 serán resaltadas en el mapa.

Además, también puede utilizar la herramienta Extraer por Atributos para crear una superficie permanente.

- Abra la herramienta Extraer por consulta de Atributos / Extract by Attributes (Spatial Analyst) y establezca los parámetros de la siguiente manera.

Pista: Para la cláusula Where, puede hacer clic en el botón SQL y crear la expresión en el Generador de Consultas, o puede escribir la expresión directamente en el campo.

- Ráster de entrada: ObsPoints
- Clausula Where: OBS1 = 1 AND OBS2 = 0 AND OBS3 = 0 AND OBS4 = 0
- Ráster de salida: HQViz



- Haga clic sobre Aceptar.
- Simbolice la capa HQViz con un color rojo y establezca la transparencia a 50%.
- Desactive todas las capas excepto ParkFacilities, HQViz, TopoMap, y erhill.
- Guarde el proyecto.

## **Conclusión**

En este ejercicio ha calculado una Cuenca Visual para Tahoe utilizando cuatro puntos de observador (instalaciones del parque). Para calcular Cuencas Visuales, necesita una capa de elevación y una capa de observación, de entidades de punto o líneas. El valor de cada celda, en el ráster de cuencas visuales, representa el número de puntos de observador desde donde la celda es visible.

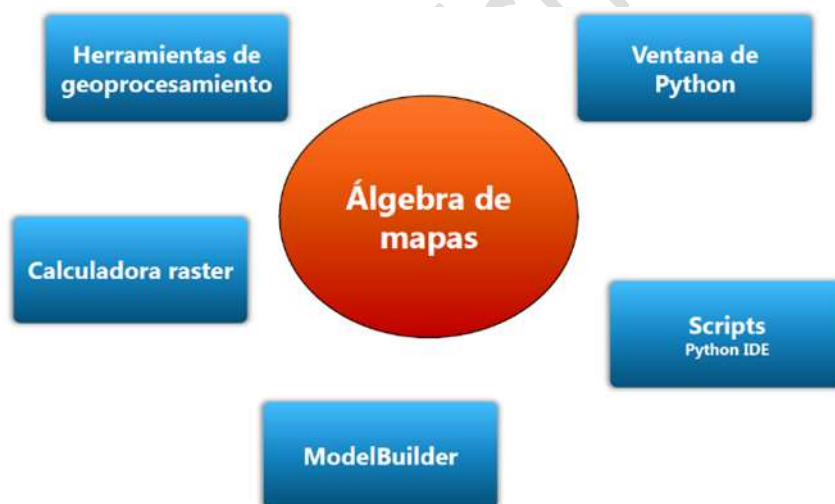
## 8. Álgebra de mapas

La herramienta de Álgebra de mapas es una herramienta sencilla pero potente. A través de ella se pueden ejecutar todas las herramientas, los operadores y las funciones de la extensión ArcGIS Spatial Analyst para realizar análisis geográficos. El Álgebra de mapas está disponible en el módulo de Spatial Analyst por medio del paquete ArcPy de Python.

Se puede acceder a todas las herramientas de Spatial Analyst por medio de expresiones algebraicas. Al integrarse en Python, todas las funcionalidades de Python, ArcPy y sus extensiones (módulos, clases, funciones y propiedades) están disponibles para ejecutar tanto expresiones simples como sintaxis más complejas

Existen cinco maneras de utilizar el Álgebra de mapas:

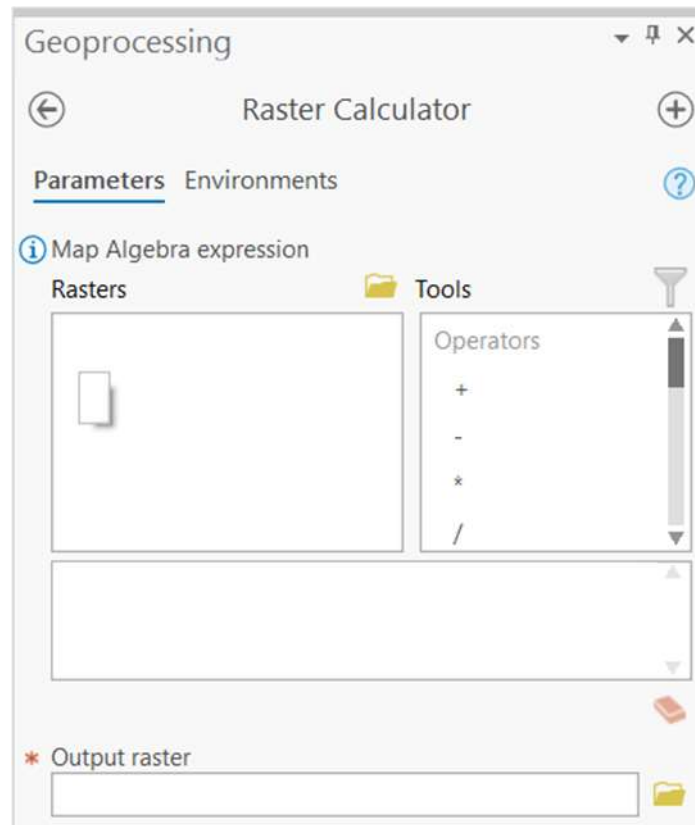
- La herramienta Calculadora ráster
- La ventana de Python
- Un entorno de desarrollo integrado Python IDE
- ModelBuilder
- Herramientas de geoprocésamiento



*Modos de acceder al Álgebra de mapas.*

### Calculadora ráster

Esta herramienta, permite crear y ejecutar una expresión de álgebra de mapas generando como salida un ráster. Al igual que otras herramientas de geoprocésamiento, la Calculadora ráster se puede utilizar como una herramienta independiente, pero también se puede integrar en ModelBuilder.



La herramienta Calculadora ráster no se puede utilizar en entornos donde se implementen secuencias de comandos, no estando disponible en el módulo arcpy de Spatial Analyst estándar. Está específicamente diseñada para ofrecer los siguientes beneficios:

- Implementar expresiones algebraicas
- Admitir el uso de variables cuando se utiliza ModelBuilder.
- Aplicar en una expresión simple, operadores de Spatial Analyst con tres o más rásteres de entrada.
- Utilizar varias herramientas de Spatial Analyst en una expresión simple.

La Calculadora ráster está diseñada para ejecutar declaraciones algebraicas de línea simple. Si utiliza varias herramientas u operadores en una expresión, el rendimiento de esta ecuación será, en general, más rápido que si ejecuta cada uno de los operadores o herramientas de forma individual.

### **Utilizar la herramienta Calculadora ráster**

Hay cuatro áreas principales en el cuadro de diálogo de la herramienta que se utilizan para crear una expresión de álgebra de mapas:

#### **Capas y variables**

La lista de Capas y variables de entrada identifica la entrada que se puede utilizar en la expresión de álgebra de mapas. Si está utilizando la herramienta de forma independiente, la lista contendrá las capas en la tabla de contenido. Si utiliza la

herramienta en ModelBuilder, la lista contendrá las capas en la tabla de contenido, las salidas creadas en el modelo y otras variables del modelo.

### **Botones de la calculadora y el operador**

Los botones de la calculadora permiten introducir valores numéricos en la expresión. Los botones del operador permiten introducir operadores matemáticos (suma, división, etc.) y lógicos (mayor que, igual a, etc.) a la expresión. Al hacer clic en uno de estos botones, ese número u operador se introducirá en la expresión donde esté posicionado el cursor.

### **Herramientas**

La lista de herramientas es una selección de herramientas que se puede utilizar en la expresión de álgebra de mapas. Si hace clic en una herramienta de la lista, el nombre de la herramienta y los paréntesis de apertura y cierre  $[( )]$  se colocarán en la expresión donde está posicionado el cursor. Después, se debe introducir la entrada restante que requiere la herramienta. Se puede colocar una herramienta en cualquier lugar de la expresión, pero se debe ubicar en una posición que produzca una sintaxis de álgebra de mapas válida.

### **Expresiones**

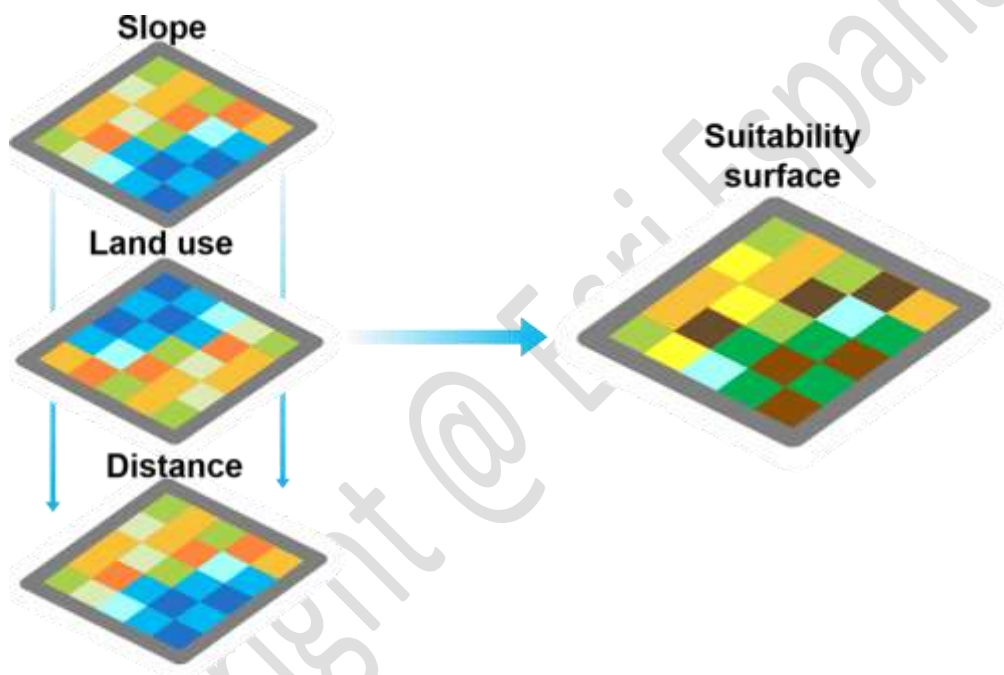
La expresión es la sintaxis del álgebra de mapas que se ejecutará.

El álgebra de mapas que se utiliza en la Calculadora ráster tiene una sintaxis, o conjunto de reglas, que deben seguirse para crear una expresión válida. Si no se cumplen estas reglas, es posible que la expresión no sea válida y que no se ejecute, o que los resultados no sean los esperados.

## 9. Análisis de idoneidad

El modelado de idoneidad es un tipo de análisis que localiza lugares que son "adecuados" o favorables para ciertos fenómenos. Un ejemplo serían las mejores ubicaciones para un parque eólico. Aprenderá sobre un flujo de trabajo estándar para realizar el modelado de idoneidad que puede aplicar a cualquier dato o análisis y usarlo para resolver un problema.

El modelado de idoneidad es el proceso de combinar múltiples conjuntos de datos, generalmente ráster, en una capa para encontrar ubicaciones óptimas para diversos fenómenos. ArcGIS Pro tiene varias herramientas de superposición ráster, como Superposición ponderada y Suma ponderada, que le permiten ponderar capas en función de su importancia relativa para un escenario de modelado de idoneidad.



*Los rásteres de distancia, uso del suelo y pendiente se combinan en un solo ráster que contiene celdas adecuadas para un viñedo. Los viñedos tienen éxito en ciertas pendientes, en ciertos usos de la tierra y a ciertas distancias de las carreteras.*

### Flujo de trabajo de modelado de idoneidad

Al realizar el modelado de idoneidad, puede guiar su análisis utilizando un flujo de trabajo estándar.



*Puede seguir el flujo de trabajo de modelado de idoneidad utilizando cualquier problema de análisis y conjuntos de datos.*

**Defina el problema:** Indique el problema que está tratando de resolver, como encontrar la mejor ubicación para una instalación de energía eólica.

**Identificar y derivar criterios:** Los criterios son las condiciones que deben cumplir las áreas geográficas para ser consideradas adecuadas. Por ejemplo, la velocidad promedio diaria del viento debe ser de al menos 25 mph.

**Transformar valores a una escala común:** Cuando se trata de conjuntos de datos que contienen diferentes medidas y rangos, debe transformar los valores de los datos para poder clasificarlos en la misma escala.

**Definir pesos y combinación de las capas:** El modelado de idoneidad implica ponderar capas en función de su importancia para el problema que está tratando de resolver. Después de ponderar las capas, se utilizan herramientas para combinarlas en una superficie adecuada.

**Localizar el fenómeno:** Con la superficie de idoneidad resultante, puedes localizar los mejores sitios o regiones que sean más adecuados.

**Analizar los resultados:** Explorar los hallazgos, tal vez alterar algunos parámetros de la herramienta, y volver a ejecutar el análisis para obtener el mejor resultado.

## Evaluación de criterios de análisis

El primer paso del flujo de trabajo de modelado de idoneidad es definir el problema. En el ejemplo debe determinar las condiciones climáticas adecuadas para el cultivo de cultivos. Considerará fenómenos como la temperatura, la elevación, la pendiente y la distancia de las carreteras para encontrar los lugares más adecuados. Los conjuntos de datos de interés se convierten en los criterios de análisis.

Criterio	Datos
1,200 a 1,600 pies sobre el nivel del mar	Elevación
1.5 por ciento a 15 por ciento	Pendiente
50 grados Fahrenheit a 70 grados Fahrenheit	Temperatura
Al menos a 800 metros de las autopistas	Carreteras

**¿Qué tipos de datos puede identificar en los criterios, y puede utilizar herramientas de superposición vectorial como Intersect y Union con ellos?**

### Elegir superposición vectorial o ráster

En función de los datos y el escenario proporcionados, determine si utilizaría herramientas de análisis vectorial o ráster.

#### Escenario 1: Energía eólica

Desea determinar los mejores lugares en el Mar del Norte donde el viento podría cosecharse de manera efectiva como una fuente de energía alternativa. Sus criterios son los siguientes:

- Debe tener un buen potencial eólico
- Debe estar a menos de 100 kilómetros de los principales puertos europeos
- Debe estar lejos de las áreas de envío alto
- Debe estar en el agua a menos de 60 metros de profundidad
- Debe estar al menos a 100 kilómetros de distancia de las áreas marinas protegidas

Los de datos potenciales incluyen viento, puertos, rutas marítimas, batimetría y límites de reservas naturales.

**1. ¿Utilizaría la superposición de ráster o vector para determinar las ubicaciones oceánicas adecuadas para cosechar energía eólica? ¿Por qué?**

---

## Escenario 2: Nueva ubicación de una tienda

Desea determinar las mejores ubicaciones para un nuevo centro comercial en una ciudad. Sus criterios son los siguientes:

- Debe estar cerca de las principales carreteras y autopistas
- Debe estar en áreas demográficas que proporcionarán los clientes
- Debe estar al menos a 5 millas de los competidores
- Debe estar zonificado comercialmente

Los conjuntos de datos potenciales incluyen carreteras, secciones censales, tiendas de la competencia y zonificación.

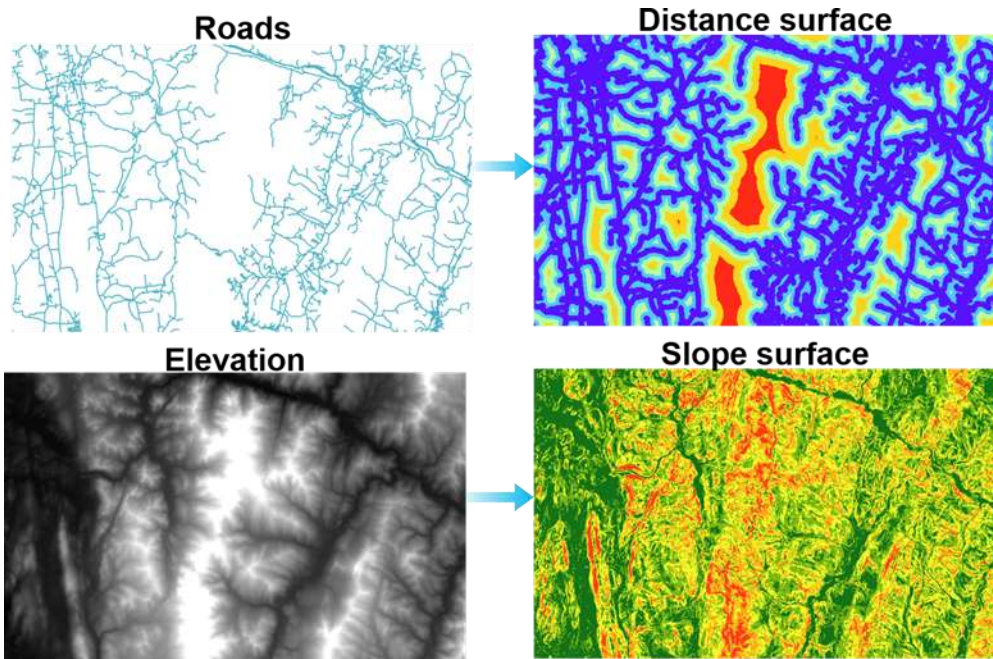
### 2. ¿Utilizarías una superposición ráster o vectorial para determinar las ubicaciones más adecuadas para un centro comercial? ¿Por qué?

---

#### Derivar superficies de otras fuentes

En el análisis de superposición ráster, se trabaja con superficies, que representan fenómenos en una extensión geográfica. Las superficies se utilizan comúnmente para modelar fenómenos con continuidad espacial, donde se espera que cada ubicación tenga un valor medido en unidades concretas. Por ejemplo, la elevación se puede modelar en cada ubicación utilizando unidades lineales, como metros, y la contaminación del aire se puede representar como concentraciones de partículas. Esto se conoce como datos continuos. Por el contrario, fenómenos como la cobertura del suelo se denominan datos discretos. Características como el agua o el pavimento tienen límites, que se pueden modelar utilizando datos ráster. En el caso de datos discretos (categóricos), los valores ráster representan diferentes tipos de cobertura del suelo.

Después de determinar los criterios que necesita para su análisis, es posible que no siempre tenga los datos necesarios para modelar estos criterios. Por ejemplo, es posible que necesite pendiente pero solo tenga elevación o necesite distancia y solo tenga carreteras. Cuando los datos necesarios son continuos, es posible que pueda utilizar los datos que ya tiene para derivar superficies de los datos necesarios.



*Puede derivar superficies a partir de datos vectoriales o ráster mediante herramientas de geoprocésamiento o funciones ráster.*

## 10. Funciones de ráster y herramientas de geoprocésamiento

En ArcGIS Pro, puede crear datos ráster de dos maneras principales: funciones ráster y herramientas de geoprocésamiento.

### Funciones de ráster

El uso de una función ráster es una forma rápida de procesar y analizar rásteres en ArcGIS Pro. Puede aplicar una función ráster a capas ráster, datasets de mosaico, elementos ráster en datasets de mosaico y capas de servicio de imágenes que se encuentran en el mapa. Las capas virtuales resultantes se almacenan en el proyecto actual. Puede aplicar funciones del sistema para la gestión, visualización y análisis de datos. Las funciones ráster no crean datos permanentes; procesan solo los píxeles que son visibles en su pantalla, creando capas virtuales en el mapa, lo que ahorra espacio en disco y da como resultado un procesamiento rápido. Para guardar el resultado de una función ráster, puede exportarlo a una geodatabase u otro formato ráster.

### Herramientas de geoprocésamiento

Para crear una geodatabase con rásteres, se utilizarían herramientas de geoprocésamiento. Algunas funciones ráster y herramientas de geoprocésamiento son similares, como Hillshade y Slope, y si utiliza una función o una herramienta depende de la salida que desee. Puede agregar herramientas de geoprocésamiento a los modelos, pero no funciones ráster. Sin embargo, puede crear una cadena de funciones, que es similar a un modelo.

Funciones ráster	Herramientas de geoprocésamiento
Crear capas en mapas	Crear nuevos raster en disco
Agregar a plantillas de función ráster para crear flujos de trabajo	Agregar a modelos para crear flujos de trabajo

## 11. Niveles de medida

Hay varios tipos de datos en SIG (nominales, ordinales, intervalos y proporciones) que se conocen como niveles de medición. Cada tipo permite realizar varias operaciones matemáticas en él. Una comprensión de los niveles de medición es vital en el modelado de idoneidad ponderada porque esencialmente está tomando datos nominales (uso de la tierra), intervalo (temperatura) o relación (distancia a las carreteras) y transformándolos en datos de intervalo o relación.

Los datos nominales apoyan la igualdad de la operación relacional (=).



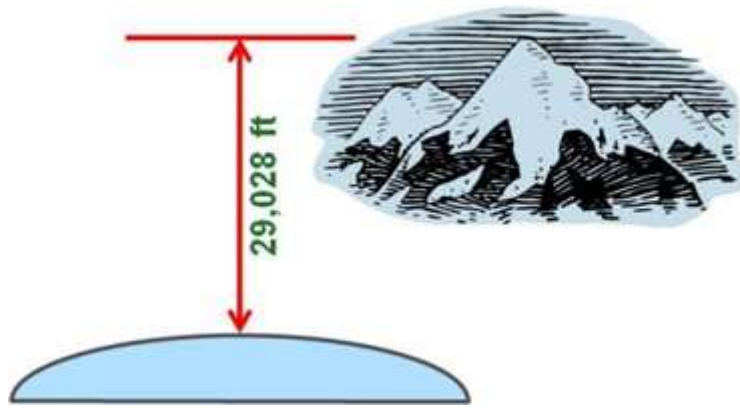
*Los datos nominales son un nombre o descripción, como los nombres de pico que se muestran en la imagen*

Los datos ordinales admiten los operadores relacionales iguales a (=), no iguales a (!=), mayores que (>), menores que (<), mayores o iguales que (>=), y menores o iguales que (<=).



*Las mediciones ordinales determinan la importancia, como el 1º, 2º y 3º lugar en una carrera, o qué pico es más alto que otro. No se pueden sumar, restar, multiplicar o dividir los números*

Las mediciones de intervalo capturan valores que son medibles en una escala de intervalo, como la temperatura o la elevación. Los datos de intervalo tienen un punto cero arbitrario (por ejemplo, 0 grados F no implica "ninguna temperatura"). Los datos de intervalo soportan todas las operaciones relacionales soportadas por mediciones nominales y ordinales y las operaciones matemáticas de suma y resta.



*La elevación del Monte Everest es un ejemplo de datos de intervalo o medición. El punto cero (nivel del mar) es arbitrario.*

Las escalas de ratio se utilizan para muchas mediciones en las ciencias físicas y la ingeniería, como la masa, la longitud, el tiempo, la altura y la energía. Todos los operadores relacionales pueden usar una variable medida a nivel de relación, y todos los operadores necesarios (+, -, X, /). Por ejemplo, la altura se puede representar como datos de relación porque un objeto, como un edificio, puede ser dos veces más alto que otro. Los datos de relación tienen un punto cero absoluto. Por ejemplo, un condado con cero población implica la ausencia total de personas.



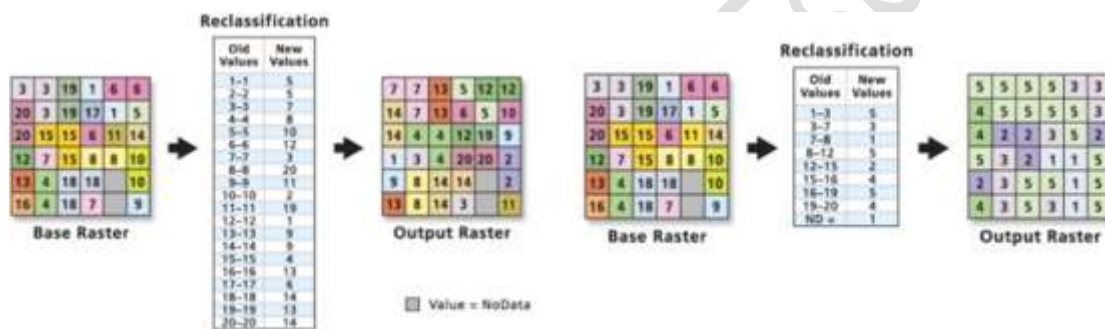
*La altura de una montaña desde un punto cero absoluto es un ejemplo de datos de relación o medición.*

## 12. Transformación de valores a una escala común

Cuando se realiza una superposición ponderada, se combinan muchas superficies que contienen diferentes rangos de valores y pueden estar en diferentes unidades de medida. Debe solucionar este problema de valores y rangos diferentes antes de superponer los rásteres. En función del tipo de datos que tenga, puede reclasificar los valores de datos manualmente o utilizar una herramienta que automatice el proceso.

### Reclasificar

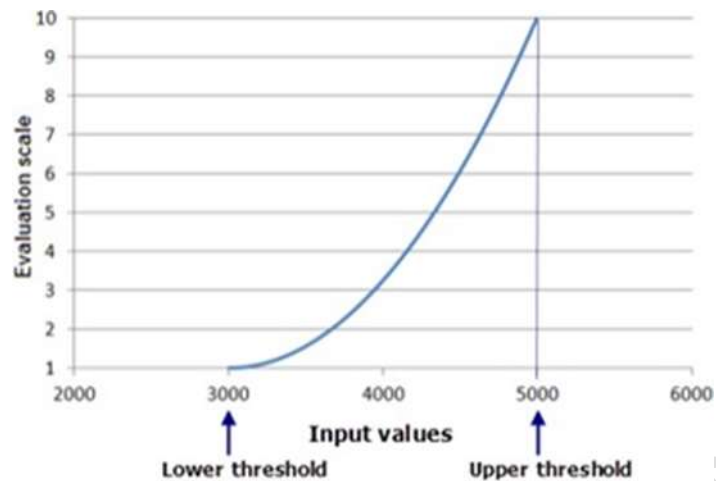
La reclasificación implica la asignación manual de valores de datos en clases discretas. Reclasificar se utiliza mejor para datos discretos que tendrán límites de intervalo distintos. Puede introducir los valores manualmente o cargarlos desde una tabla. El ráster de salida contendrá solo los valores de su escala de idoneidad y sus celdas distribuidas a las diversas clases especificadas por el usuario.



*Puede reclasificar utilizando valores individuales (que se muestran en el ejemplo de la izquierda) o rangos de valores (que se muestran en el ejemplo de la derecha).*

### Reescalar por función

Otro método disponible para transformar los valores de los datos se denomina reescalar por función. Muchas veces, la idoneidad cambia continuamente con los valores cambiantes del criterio y muchas veces lo hace de manera no lineal. Por ejemplo, las ubicaciones de celdas cerca de las carreteras existentes pueden ser las más preferidas en un modelo de idoneidad de vivienda porque el coste de llevar energía a esas ubicaciones es más barato. A medida que aumenta la distancia de una carretera, el costo de llevar energía a esos lugares puede aumentar exponencialmente. Como resultado, la idoneidad para ubicaciones más lejanas puede disminuir drásticamente. Reescalar por función es una opción mejor que la reclasificación para datos continuos.



*Función utilizada para transformar los valores de los datos en la escala de idoneidad deseada. Observe que no hay saltos de clase distintos.*

### Uso de reescalar por función

Úselo si tiene una comprensión completa de la distribución de valores en sus datos y si esa distribución es consistente con el fenómeno que se está modelando.

- Debe aplicarse solo a datos continuos.
- Una forma de automatizar la asignación de datos continuos a una escala de idoneidad basada en los valores de sus datos.
- Hay muchas funciones para elegir, así que elige la que mejor capture el fenómeno que se está estudiando.

## 13. Tipos de superposición ráster

### Binario

En la superposición binaria, a cada celda se le asigna un valor de 0 o 1 en función de si la celda cumple o no con todos los criterios de análisis. Cero (0) indica que la celda no cumple todos los criterios. Uno (1) indica que la celda cumple con todos los criterios.

Slope	x	Distance	x	Elevation	=	Final																																				
<table border="1" style="border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr> </table>	0	1	1	0	1	0	1	1	0	x	<table border="1" style="border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr> </table>	0	0	0	0	1	0	1	1	0	x	<table border="1" style="border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> </table>	0	1	0	0	1	0	0	1	0	=	<table border="1" style="border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> </table>	0	0	0	0	1	0	0	1	0
0	1	1																																								
0	1	0																																								
1	1	0																																								
0	0	0																																								
0	1	0																																								
1	1	0																																								
0	1	0																																								
0	1	0																																								
0	1	0																																								
0	0	0																																								
0	1	0																																								
0	1	0																																								

*Para cada superficie de entrada, un 1 indica que una celda es adecuada. El resultado final revela que sólo dos células son adecuadas en función de los criterios. Todas las demás celdas, con un valor de 0, se consideran inadecuadas.*

### Ponderado

En la superposición ponderada, los valores se reclasifican o reescalan en una escala común (por ejemplo, 1 a 5 o 1 a 10). Las capas también se ponderan en función de su influencia en el escenario de análisis particular, que es un componente clave para el flujo de trabajo de modelado de idoneidad. La ponderación permite a las partes interesadas asignar importancia a ciertas capas en el análisis. Los pesos se pueden determinar de una manera altamente subjetiva o a través de procesos más definidos (por ejemplo, el método Delphi). Alterar los pesos puede cambiar los resultados de su análisis. Tiene la opción de elegir pesos como porcentajes relativos que suman 1.

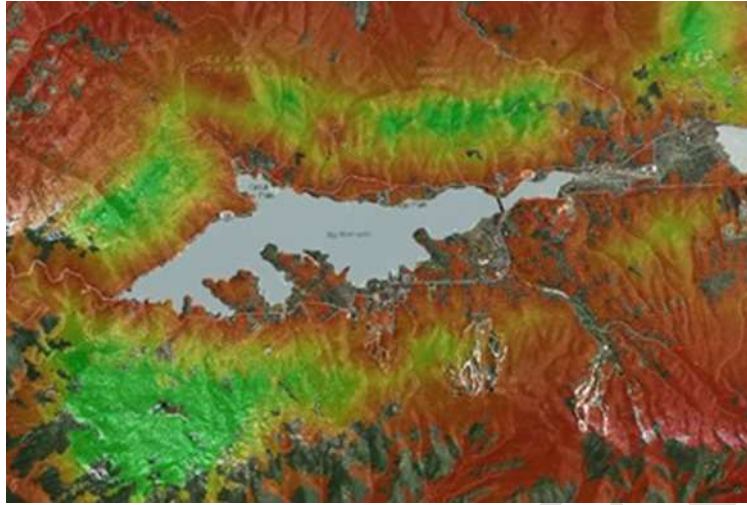
Slope 35%	+	Distance 20%	+	Elevation 45%	=	Final																																				
<table border="1" style="border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr><td>1</td><td>9</td><td>9</td></tr> <tr><td>9</td><td>9</td><td>9</td></tr> <tr><td>9</td><td>9</td><td>5</td></tr> </table>	1	9	9	9	9	9	9	9	5	+	<table border="1" style="border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>9</td><td>5</td></tr> <tr><td>9</td><td>9</td><td>5</td></tr> </table>	1	1	1	1	9	5	9	9	5	+	<table border="1" style="border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr><td>5</td><td>9</td><td>1</td></tr> <tr><td>5</td><td>9</td><td>1</td></tr> <tr><td>5</td><td>9</td><td>1</td></tr> </table>	5	9	1	5	9	1	5	9	1	=	<table border="1" style="border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr><td>3</td><td>7</td><td>4</td></tr> <tr><td>6</td><td>9</td><td>5</td></tr> <tr><td>7</td><td>9</td><td>3</td></tr> </table>	3	7	4	6	9	5	7	9	3
1	9	9																																								
9	9	9																																								
9	9	5																																								
1	1	1																																								
1	9	5																																								
9	9	5																																								
5	9	1																																								
5	9	1																																								
5	9	1																																								
3	7	4																																								
6	9	5																																								
7	9	3																																								

*En este ejemplo, 1 indica una celda que no es adecuada. Las celdas más adecuadas se indican con un valor de 9. Los valores restantes indican diferentes grados de idoneidad.*

### Superposición difusa

La superposición difusa se basa en la lógica difusa. La premisa básica detrás de la lógica difusa es que hay imprecisiones en los atributos y en la geometría de los datos espaciales. A las celdas se les asignan valores que representan su pertenencia a un conjunto de ubicaciones adecuadas. Estos valores de pertenencia varían de 0 a 1, con 0 indicando no pertenencia a un conjunto (inadecuado) y 1 indicando

pertenencia a un conjunto (adecuado). La superposición difusa es la más adecuada para analizar datos que no se adhieren a polígonos y límites discretos, como deslizamientos de tierra o brotes de enfermedades.



*Esta imagen es el resultado de una superposición difusa para encontrar hábitats de águila calva cerca de Big Bear Lake, California. Las celdas rojas son los menos adecuados y los verdes son más adecuados.*

## Ejercicio 6.1 Herramientas de superposición raster

Generará un análisis de superposición binaria y, a continuación, verá un modelo de ModelBuilder que se creó para transformar los valores de datos en una escala de idoneidad común y superponer superficies ráster.

En este ejercicio, realizará las siguientes tareas:

- Calcular una superposición binaria usando álgebra de mapas.
- Inspeccione y ejecute un modelo de superposición ponderada.

### Paso 1: Preparar un proyecto

Preparará el proyecto y evaluará las capas ráster.

- Si es necesario, inicie ArcGIS Pro y restaure el proyecto del curso.
- En la ficha Insert / Insertar, haga clic en Import Map /Importar mapa.
- Vaya a C:\EsriTraining\SNAP\RasterAnalysis e importe Bear Suitability\_binary.mapx.

El mapa muestra arroyos, carreteras, uso de la tierra y elevación para un área en Vermont. Las capas ráster se pueden usar para superposición binaria, ponderada o difusa. Creará una capa de orientaciones a partir de Elevación para usarla en superposición binaria, mostrando la dirección a la que se enfrenta una pendiente.

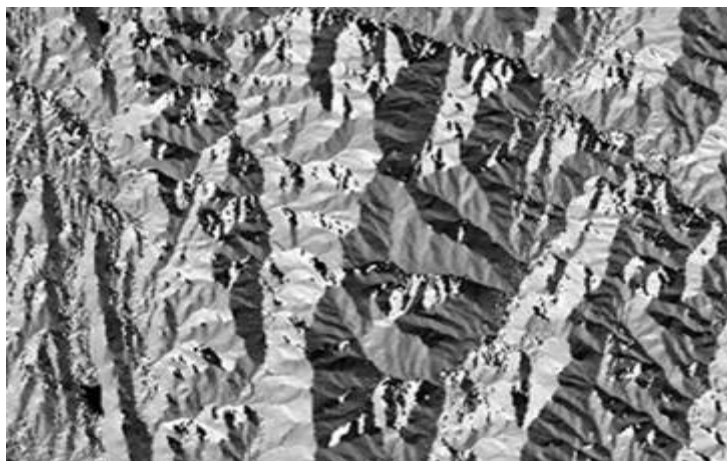
- En la pestaña Analysis / Análisis, haga clic en Environments / Entornos y, a continuación, establezca los siguientes parámetros:
  - Extension / Extensión: igual que la capa Elevation
  - Cells size / Tamaño de celda: igual que la capa Elevation
  - Mask / Máscara: Resalte StateBoundary y haga clic en Delete / Eliminar para borrar la máscara
- Haga clic en Aceptar.
- Guarde el proyecto.

### Paso 2: Crear una capa de orientaciones

Creará una capa derivada de orientaciones, a partir de la capa de elevación. La orientación representa la dirección de la brújula a la que se enfrenta una pendiente cuesta abajo: norte, sur, este u oeste.

- En la pestaña Análisis, en el grupo Geoprocessing / Geoprocesamiento, haga clic en Tools / Herramientas.
- En el panel Geoprocessing / Geoprocesamiento, busque Surface parameters /parámetros de superficie.

- Abra Parámetros de superficie (Spatial Analyst Tools) y establezca los siguientes parámetros:
  - Input raster / Ráster de entrada: Elevation
  - Output raster / Ráster de salida: Aspect
- En la parte inferior del panel, haga clic en Run / Ejecutar.



La capa Aspect se agrega al mapa. A continuación, utilizará la capa Aspect en un análisis de superposición binaria.

- Guarde el proyecto.

### Paso 3: Ejecutar superposición binaria

Abrirá la herramienta Calculadora de ráster para usar la capa Aspect y otra capa en una superposición binaria.

El análisis binario determina los sitios adecuados e inadecuados asignando un valor de 0 o 1, siendo 0 inadecuado y 1 adecuado. La calculadora de ráster es una herramienta de análisis espacial de uso común para realizar álgebra de mapas. El álgebra de mapas utiliza expresiones, éstas están compuestas de datos de entrada, coeficientes y operadores. Puede escribir expresiones manualmente o crearlas mediante los controles de la calculadora de ráster. Creará una expresión utilizando la Calculadora de ráster.

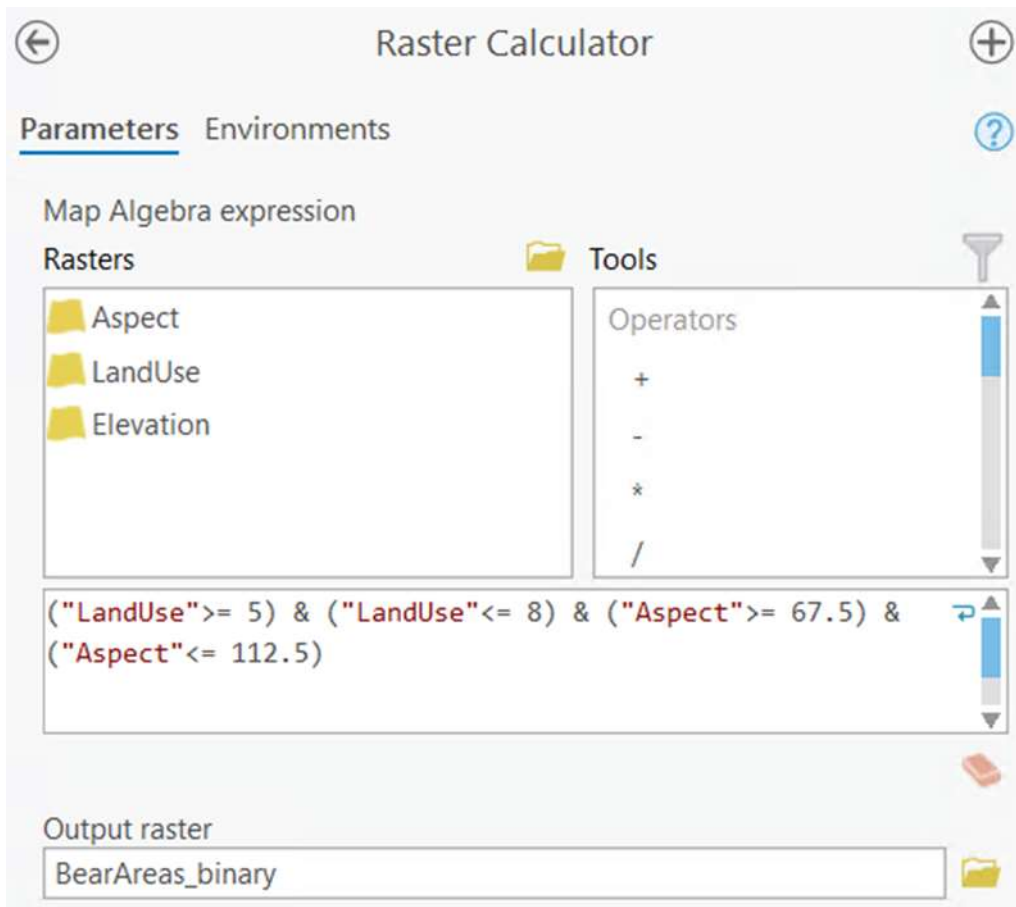
- En el panel Geoprocessing / Geoprocesamiento, busque Raster Calculator / Calculadora Ráster.
- Abra la Raster Calculator / Calculadora Ráster (Spatial Analyst Tools).

Crearé una expresión que utiliza pesos para calcular las áreas más adecuadas para los hábitats de osos a partir de dos parámetros, LandUse y Aspect. La expresión encontrará y mapeará las áreas boscosas que dan al sur, que son las ubicaciones de hábitat de osos más probables.

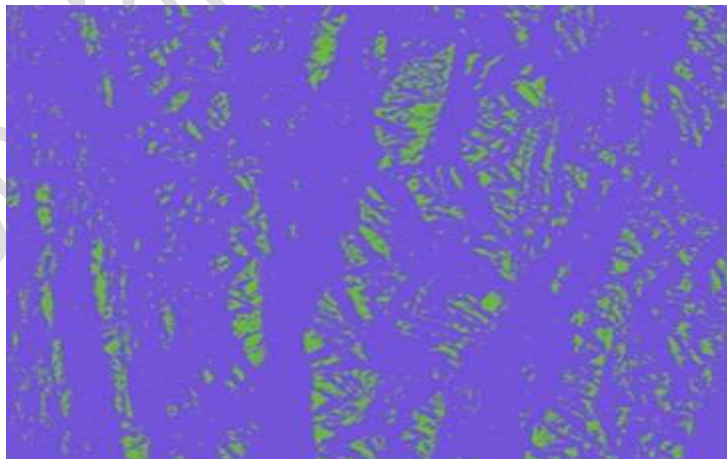
- Utilice las listas de rásteres y herramientas y el teclado para crear la siguiente expresión:

**("LandUse">= 5) & ("LandUse"<= 8) & ("Aspect">= 67.5) & ("Aspect"<= 112.5)**

- En Output Raster / Ráster de salida, escriba BearAreas\_binary.



- Haga clic en Run / Ejecutar.



Los colores predeterminados que simbolizan los valores de la capa pueden variar.

La capa de resultados de superposición se agrega al mapa.

- En el panel de Contenido, si es necesario, expanda la capa BearAreas .

Tenga en cuenta que sólo hay dos valores: 0 y 1. El valor 0 se refiere a valores que no entran dentro del rango de expresión, y el valor 1 se refiere a valores que sí lo están. Los valores 1 satisfacen todos los elementos de la expresión y denotan áreas que son más adecuadas para los hábitats de osos. El resultado del análisis de superposición binaria también se conoce como un modelo de idoneidad simple.

- Guarde el proyecto.

## Paso 4: Inspeccionar un modelo

Ahora, verá un modelo de ModelBuilder que deriva superficies de capas ráster y realiza una superposición similar con análisis ponderado en lugar de análisis binario.

- En el panel de Catálogo, en la geodatabase SNAPCourse, expanda la caja de herramientas Exercise07.



- Haga clic con el botón derecho en el modelo de idoneidad del oso y elija Edit /Editar.
- Responda a las siguientes preguntas sobre el modelo.

**1. Las capas de Caminos y Arroyos, en azul, tienen una función de acumulación de distancia aplicada a ellas. ¿Qué hace esta operación a las capas?**

---

---

- A la derecha de Slope(3), haga doble clic en el módulo Rescale By Function / Reescalar por función(3).

**2. La elevación se utiliza primero para crear una capa de pendiente y, a continuación, se reescala. ¿Qué función utiliza la operación de reescalar?**

---

---

- Cierre el cuadro de diálogo Rescale By Function / Reescalar por función.
- Haga doble clic en el componente de operación Weighted Sum / Suma ponderada.

**3. ¿Qué valores se utilizan para los pesos de cada uno de los cuatro rásteres?**

---

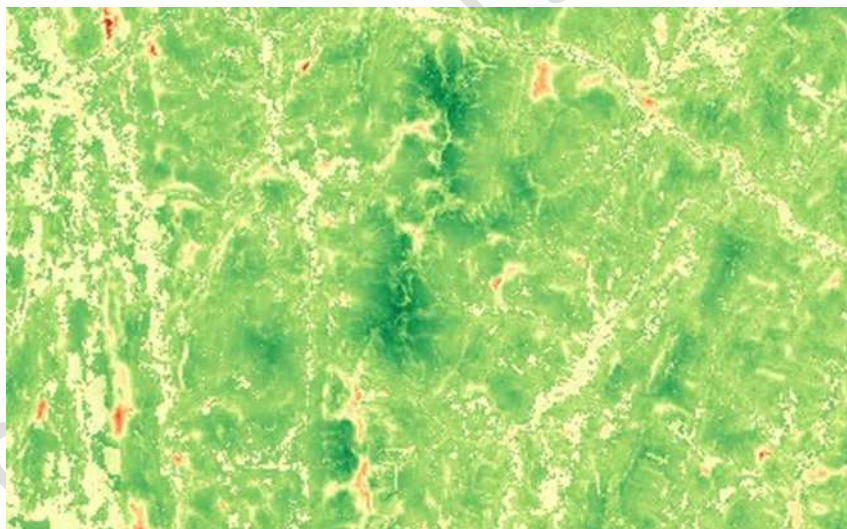
---

- Cierre el cuadro de diálogo Weighted Sum / Suma ponderada.
- A continuación, puede ejecutar el modelo y ver los resultados.

## Paso 5: Ejecutar el modelo

Actualizará el modelo para que los resultados se agreguen a un mapa y, a continuación, ejecute el modelo.

- Haga clic en el espacio en blanco del modelo para anular la selección de los componentes seleccionados, si es necesario.
- Haga clic con el botón derecho en la salida BearSuitability y elija Add to Display / Agregar a la visualización.
- En la pestaña ModelBuilder, guarde el modelo.
- En el grupo Run / Ejecutar, haga clic en Validate / Validar.
- Haga clic en Run / Ejecutar.
- Una vez que el modelo termine de ejecutarse, cierre la ventana de progreso.
- Active la vista de mapa Bear Suitability.

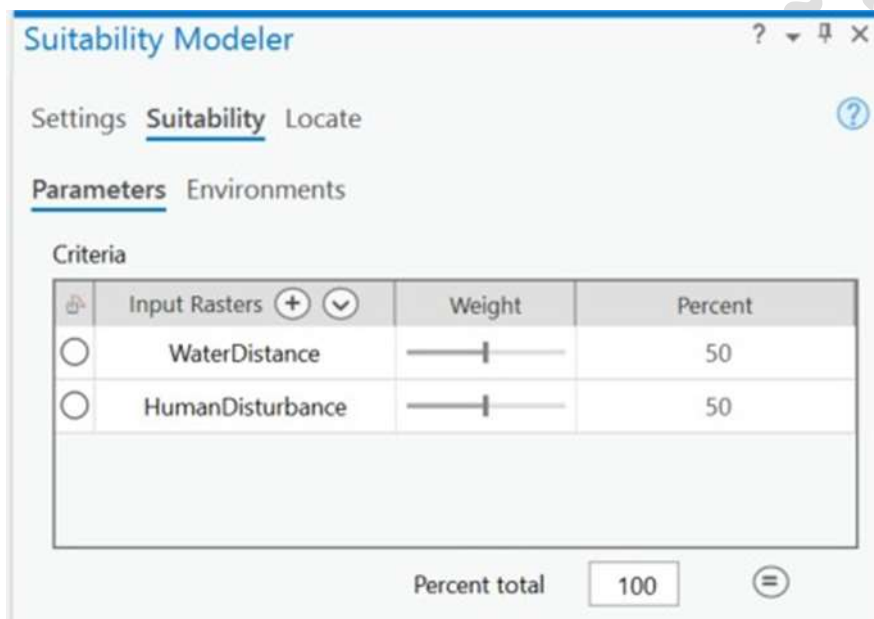


El modelo creó cuatro capas intermedias reescaladas, que se utilizaron para crear una superficie de idoneidad, llamada BearSuitability. Las áreas verdes indican áreas más adecuadas y el rojo indica menos adecuadas.

- Cierre el mapa y el modelo de idoneidad del oso.
- Guarde el proyecto y deje ArcGIS Pro abierto para el siguiente ejercicio.

## 14. Modelador de idoneidad

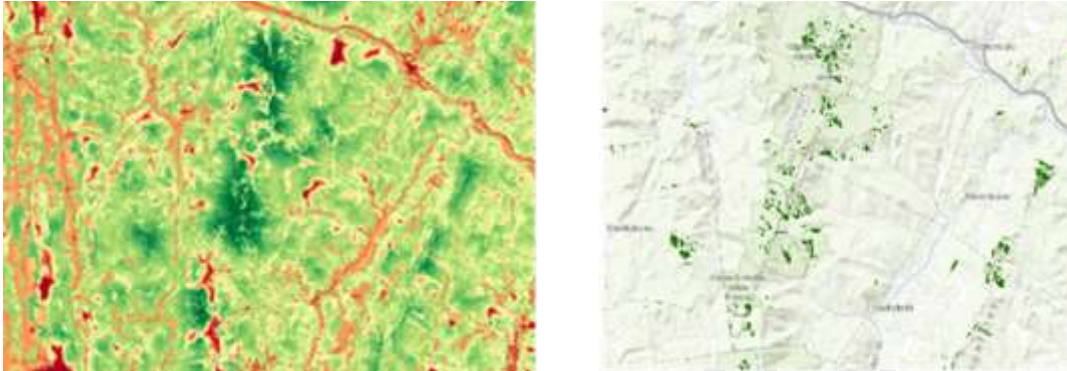
El modelador de idoneidad interactivo le permite experimentar con pesos de capa y transformaciones. El Modelador de idoneidad crea un modelo de idoneidad al que se puede acceder a través del panel Catálogo y también almacenará una capa de grupo asociada que contiene capas de criterios de idoneidad, capas transformadas y una superficie de idoneidad. Utilizando el Modelador de idoneidad, puede ajustar pesos, cambiar transformaciones y visualizar rápidamente los resultados de sus cambios en la superficie de idoneidad. En este ejemplo, se creó una superficie de idoneidad teniendo en cuenta dos criterios de distancia: proximidad al agua y distancia de la perturbación humana (carreteras, en este caso).



*En estos parámetros del Modelador de idoneidad, se da el mismo peso a ambos criterios de idoneidad.*

## 15. Localización y análisis de resultados

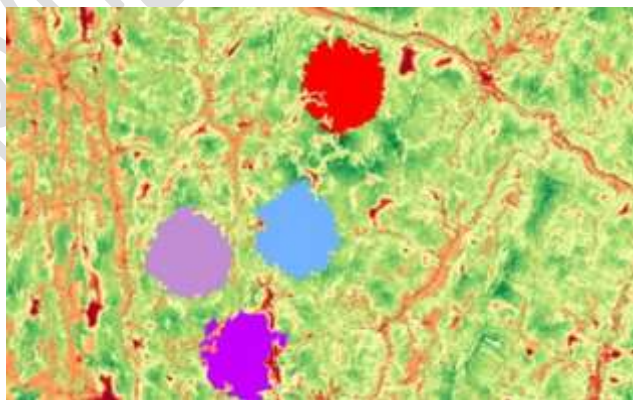
Después de transformar los valores en una escala de idoneidad común y combinar las capas, el resultado es una superficie de idoneidad. En este caso, la escala de evaluación de idoneidad es de 1 a 10, pero es posible que desee mostrar solo los mejores sitios que van de 8 a 10.



*A la izquierda, una superficie de idoneidad con valores que van del 1 al 10. A la derecha, el resultado de usar álgebra de mapa en la Calculadora de ráster para mostrar solo las celdas con un valor de 8 o superior que representan la mejor idoneidad.*

### Localización de regiones

Cuando se crea una superficie de idoneidad, puede ser difícil saber qué áreas son las más adecuadas. A menudo, las áreas más adecuadas no son contiguas o están aisladas entre sí. Al incorporar una herramienta llamada Locate Regions / Localizar Regiones, se puede evitar la asignación arbitraria de las ubicaciones más adecuadas. La herramienta Localizar regiones forma parte del paso final de cualquier flujo de trabajo de modelado de idoneidad. Localizar regiones identifica las mejores regiones, o grupos de celdas contiguas, en la superficie de idoneidad que cumplen los criterios de idoneidad deseados y otras restricciones espaciales.



*Regiones de idoneidad creadas por la herramienta Localizar regiones.*

Localizar regiones se utiliza a menudo junto con la herramienta Optimal Region Connections / Conexiones de región óptimas para seleccionar y luego conectar las mejores regiones disponibles de la manera menos costosa.

## Ejercicio 6.2 Realizar un análisis de idoneidad

Construirá un análisis de modelado de idoneidad para derivar superficies de varias fuentes; clasificar y transformar los valores de los datos a una escala común; y encontrar hábitats adecuados para los osos en Vermont.

En este ejercicio, realizará las siguientes tareas:

- Derivar superficies de fuentes rasterizadas y vectoriales.
- Crear un análisis de modelado de idoneidad.
- Encontrar regiones de hábitats de vida silvestre adecuados.

### Paso 1: Preparar un proyecto y establecer entornos

Preparará el proyecto y evaluarás los criterios de análisis.

- Si es necesario, inicie ArcGIS Pro y restaure el proyecto del curso.
- En la pestaña Insert / Insertar, haga clic en Import Map / Importar mapa.
- Vaya a C:\EsriTraining\SNAP\RasterAnalysis e importe Bear Suitability\_weighted.mapx.

El mapa muestra arroyos, carreteras, uso de la tierra y elevación para un área en Vermont. Para el análisis ráster, es importante verificar el tamaño de celda de los datos.

- En el panel Contenido, haga clic con el botón derecho en Elevation y elija Properties / Propiedades.
- Haga clic en la pestaña Source / Origen y expanda Raster Information / Información de ráster.



▼ Raster Information	
Columns	1439
Rows	900
Number of Bands	1
Cell Size X	30
Cell Size Y	30

El tamaño de celda para esta capa ráster es de 30 m.

- Haga clic en Aceptar.
- Usando los mismos pasos que acaba de realizar, busque el tamaño de celda para el ráster LandUse.

En este caso, los tamaños de celda coinciden con los rústeres de entrada. Establecerá el tamaño de celda de salida para otros rústeres que cree para el análisis para que coincida con el tamaño de celda de las entradas y otras dos configuraciones.

- Cierre el cuadro de diálogo de las propiedades de capa.

- En la pestaña Analysis / Análisis, en el grupo Geoprocessing / Geoprocesamiento, haga clic en Environments / Entornos.
- Establezca los siguientes parámetros:
  - Extent / Extensión: Same As Layer - Elevation / Igual que la capa - Elevation
  - Cell size / Tamaño de la celda: Same As Layer - Elevation / Igual que la capa - Elevation
- Confirme que el campo Mask / Máscara está desactivado.



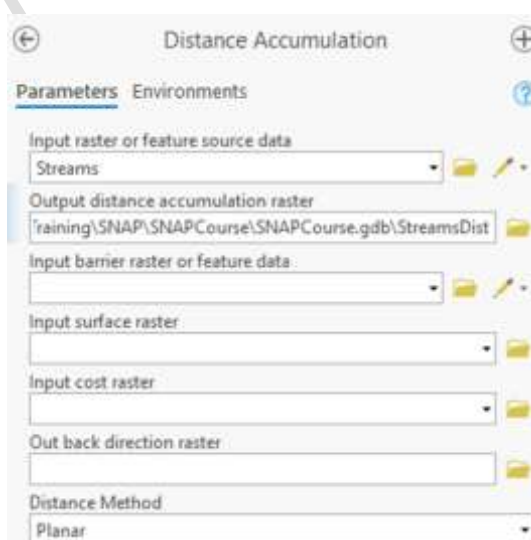
- Haga clic en Aceptar.
- Guarde el proyecto.

## Paso 2: Crear superficies a partir de fuentes vectoriales

Utilizará estas capas de ráster Streams, Roads, LandUse y Elevation para crear una superficie de idoneidad ponderada. En primer lugar, los arroyos y las carreteras se convertirán en superficies de distancia (rásteres) y se reescalarán.

Usará dos capas vectoriales, Streams y Roads como entrada para crear superficies de distancia.

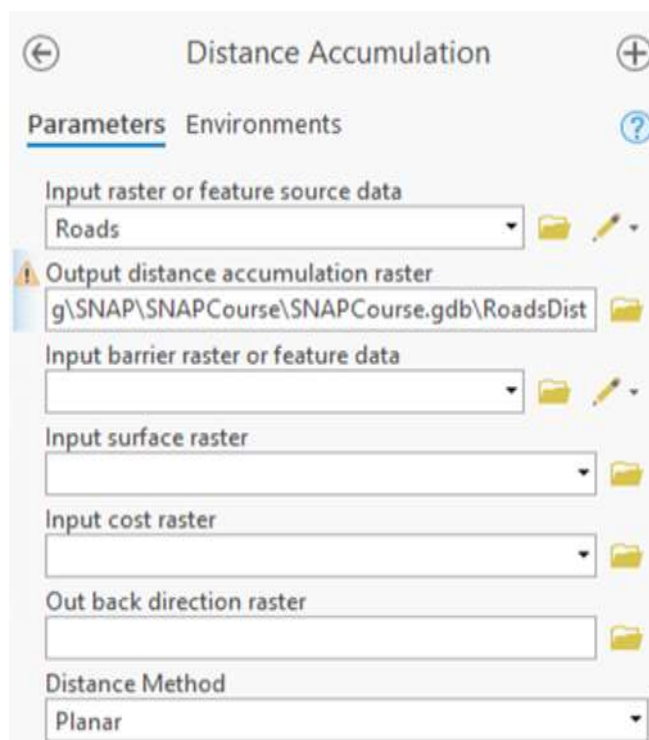
- En el panel de geoprocresamiento, busque Distance Accumulation / Acumulación de Distancia.
- Abra la herramienta y establezca los siguientes parámetros:
  - Input Raster /Datos ráster de entrada: Streams
  - Output Distance Accumulation Raster / Distancia de salida de acumulación ráster: StreamsDist



- Haga clic en Run / Ejecutar.

La capa StreamsDist se agrega al panel Contenido. A continuación, utilizará la herramienta Distance Accumulation / Acumulación de Distancia para crear la superficie de distancia para la capa Roads.

- En la herramienta Acumulación de distancia, establezca los siguientes parámetros:
  - Input Raster / Datos ráster de entrada: Roads
  - Output Distance Accumulation Raster / Distancia de salida de acumulación ráster: RoadsDist



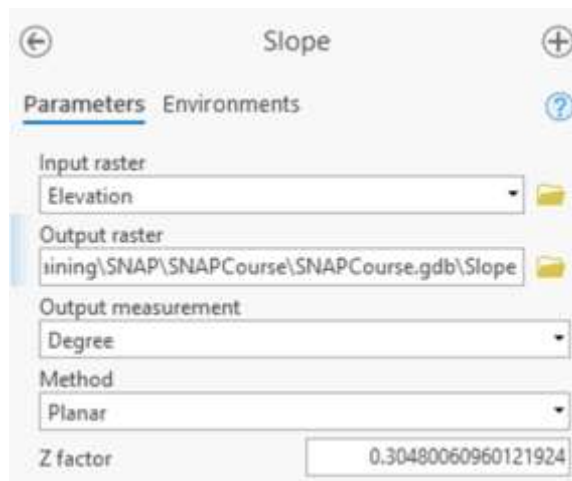
- Haga clic en Run / Ejecutar.

La capa RoadsDist se agrega al panel Contenido. A continuación, creará la pendiente a partir del origen de datos de elevación.

### Paso 3: Derivar una superficie de pendiente

Utilizará la herramienta Pendiente de Spatial Analyst para derivar una superficie de pendiente de la capa Elevation.

- En el panel de geoprocésamiento, busque Slope / Pendiente.
- Abra la herramienta Slope / Pendiente (Spatial Analyst) y establezca los siguientes parámetros:
  - Input Raster / Ráster de entrada: Elevation
  - Output Raster / Ráster de salida: Slope



- Acepte los valores predeterminados restantes y haga clic en Run / Ejecutar.

Ha utilizado Elevation para crear una superficie de pendiente, que se agrega al panel de contenido. La capa ráster final, LandUse, se reclasificará después de que se cree el análisis.

- En el panel de contenido, desactive todas las capas excepto el mapa base topográfico, incluidos Streams, Roads, Slope, RoadsDist, StreamsDist, LandUse y Elevation.

#### Paso 4: Crear un nuevo análisis de idoneidad

Ahora que tiene preparadas las capas rasterizadas, comenzará a modelar con la herramienta Suitability Modeler / Modelador de idoneidad.

- En la pestaña Analysis / Análisis, en el grupo Workflows / Flujos de trabajo, haga clic en Suitability Modeler / Modelador de idoneidad.
- En la cinta de opciones, se abre y selecciona la pestaña Suitability Modeler / Modelador de idoneidad. En el lado derecho, se abre el panel Suitability Modeler / Modelador de idoneidad.
- En el panel Suitability Modeler / Modelador de idoneidad, escriba Bear Suitability como nombre del modelo.
- Deje la escala de idoneidad como 1 a 10.
- Cambie el Weight By / Peso por Percent / Porcentaje.

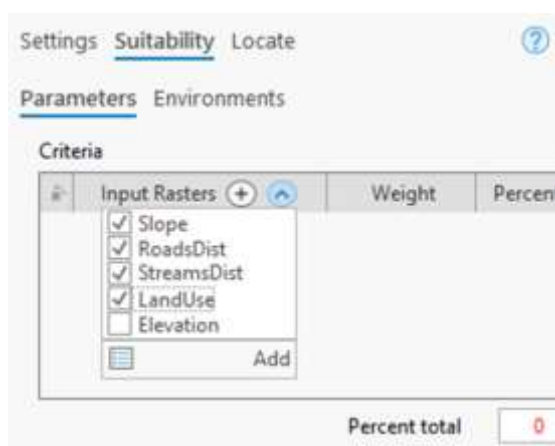
En el menú desplegable, es posible que deba hacer clic a la derecha de la palabra Percent / Porcentaje.

- En la pestaña Suitability Modeler / Modelador de idoneidad, en el grupo Suitability Analysis / Análisis de idoneidad, desactive Auto Calculate / Calcular automáticamente.

- En el grupo Suitability Modeler / Modelador de idoneidad, haga clic en Save / Guardar.

Ahora que se ha creado el modelo, agregará parámetros.

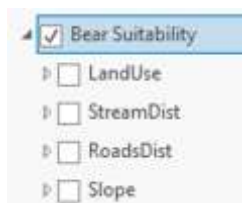
- En la parte superior del panel Suitability Modeler / Modelador de idoneidad, haga clic en la pestaña Suitability / Idoneidad .
- En Criteria / Criterios, junto a Input Rasters / Ráster de entrada, haga clic en la flecha
- Compruebe los cuatro rásteres de entrada (Slope, RoadsDist, StreamsDist y LandUse).



- Haga clic en Add / Agregar.

Se crea un grupo de capa Bear Suitability y se agrega al panel de contenido, que contiene cada capa ráster de entrada.

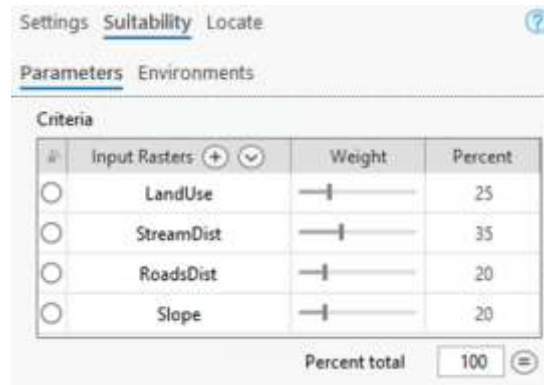
- En el panel de contenido, desactive y contraiga las cuatro capas del grupo, pero deje la capa de grupo activada.



- En el panel Modelador de idoneidad, cambie o compruebe los campos de porcentaje de la siguiente manera:
  - LandUse:25
  - StreamDist: 35
  - RoadsDist: 20
  - Pendiente: 20

Es posible que deba usar las teclas numéricas en la parte superior del teclado en lugar del teclado numérico.

Puedes cambiar los porcentajes para dar diferentes ponderaciones a diferentes criterios a medida que realiza su análisis, siempre y cuando sumen el 100%.



Su investigación ha demostrado que esta combinación de porcentajes como pesos es más probable que prediga los hábitats de los osos.

Antes de ejecutar el modelador, debe transformar al menos una de las capas de entrada.

### Paso 5: Reclasificar la capa de uso de la tierra

Seleccionar un criterio en el modelo le dará opciones para transformar las capas de entrada y prepararlas para el análisis de superposición ponderada.

#### Parámetro 1: LandUse

- A la izquierda del ráster de entrada LandUse, haga clic en el círculo.

Se abrirá el panel de transformación. En el panel de contenido, se agrega una capa Transformed LandUse al grupo de capas Bear Suitability. Esta capa reflejará los cambios que realice utilizando diferentes funciones. También se agrega una capa de idoneidad de mapa. Esta capa se utilizará para mostrar los resultados del análisis de todas las capas de entrada combinadas.

Las capas pueden tardar un momento en crearse y agregarse. Si no se agregan las capas, haga clic de nuevo en el círculo o haga clic en uno de los otros círculos de criterios y, a continuación, vuelva a hacer clic en LandUse. Si el panel de transformación no se abre o si alguna vez lo cierra, puede hacer clic en Panel de transformación en la pestaña Suitability Modeler / Modelador de idoneidad de la cinta de opciones para abrirlo.

Un círculo verde junto a un ráster de entrada significa que el criterio se está actualizando y transformando actualmente mediante el panel de transformación.

- En el panel de contenido, desactive Suitability Map para que pueda ver la capa Transformed LandUse.
- En el panel de transformación, compruebe que la pestaña Unique Categories / Categorías Únicas está seleccionada.

Reclasificará los valores de uso del suelo. Los tipos de uso de la tierra más adecuados para los hábitats de osos son las áreas con vegetación natural.

- En el panel de contenidos, en el grupo de capas Bear Suitability, abra la tabla de atributos de la capa LandUse.

VALUE	COUNT	CLASS_NAMES
1	858	Developed, High Intensity
2	4956	Developed, Medium Intensity
3	23416	Developed, Low Intensity/De...
4	152919	Cultivated Crops/Pasture/Hay
5	7848	Grassland/Herbaceous
6	616527	Deciduous Forest
7	115843	Evergreen Forest
8	307449	Mixed Forest
9	20464	Scrub/Shrub
10	32417	Palustrine Forested Wetland/...
11	2438	Unconsolidated Shore/Bare L...
12	6728	Open Water/Palustrine Aquat...

Los datasets ráster basados en enteros pueden tener tablas de atributos. El campo CLASS\_NAMES contiene las descripciones para cada uno de los valores de celda. Puede analizar la tabla para determinar qué códigos de uso de la tierra son los más adecuados para los hábitats de osos.

- Cierre la tabla.
- En el panel de transformación, confirme que Field / Campo está establecido en VALUE.
- En la tabla, en la columna Suitability / Idoneidad, cambie (o confirme) los números para que coincidan con los valores de la tabla siguiente.

Sugerencia: Haga doble clic en cada celda para escribir.

Class	Category	Suitability
1	1	1
2	2	1
3	3	2
4	4	3
5	5	4
6	6	9
7	7	7
8	8	8
9	9	10
10	10	9
11	11	2
12	12	3

Estos números de idoneidad se basan en estimaciones de expertos en vida silvestre sobre la investigación más conocida sobre dónde encontrar osos. Puede usar el análisis para probar hipótesis y tratar de refutarlas.

- En la pestaña Suitability Modeler / Modelador de idoneidad, haga clic en Calculate / Calcular.



La capa Transformed LandUse se ha actualizado en el mapa.

- En la pestaña Suitability Modeler / Modelador de idoneidad, guarde el modelo.

Ahora transformará el resto de las superficies ráster.

### Paso 6: Transformar las superficies derivadas

Seguirá utilizando el panel de transformación para actualizar los demás criterios. En primer lugar, revisará las funciones de reescalar que están disponibles en la página de Ayuda.

- Abra un navegador web y vaya a la Ayuda de ArcGIS Pro y busque: Funciones de transformación disponibles para Rescale by Function.
- Haga clic en el nombre de cada función para leer información más detallada y considerar qué funciones son las más adecuadas para este escenario.
- Después de leer acerca de las funciones, vuelva a ArcGIS Pro.

#### **Parámetro 2: Distancia a los ríos**

- En el panel Suitability Modeler / Modelador de idoneidad, haga clic en el círculo StreamsDist

Se agrega una capa Transformed StreamsDist al grupo de capas. Utilizará una función de transformación para reescalar la capa porque no está seguro de a qué distancias de los arroyos habitan o no los osos.

- En el panel de transformación, en la pestaña Continuous Functions / Funciones continuas, configure la Función en Small / Pequeño.

Por lo general, a los osos les gusta estar más cerca de los arroyos para obtener comida y agua. La función de transformación Small / Pequeña se utiliza cuando se prefieren los valores de entrada más pequeños.

- En el panel Suitability Modeler / Modelador de idoneidad, haga clic en Calculate / Calcular.
- Guarde el modelo.

### **Parámetro 3: Distancia a las carreteras**

- En Criteria / Criterios, haga clic en el círculo RoadsDist .

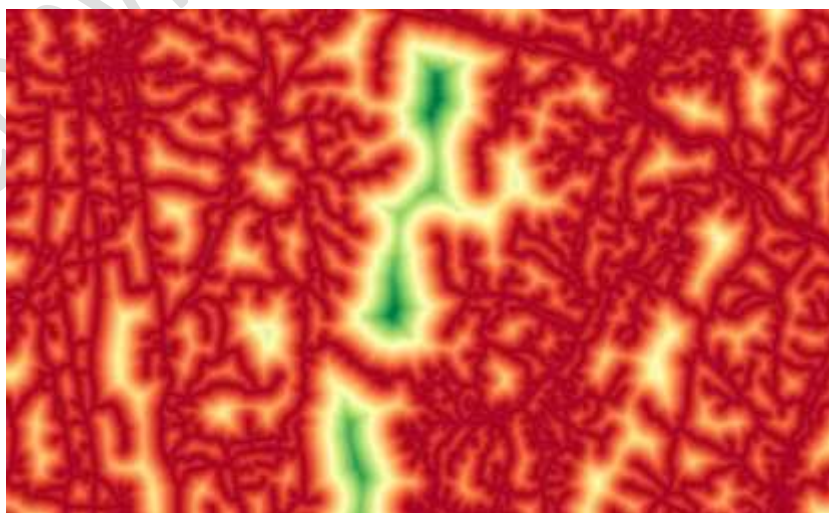
Se agrega una capa Transformed RoadsDist al grupo de capas. Reescalará las carreteras para dar preferencia a las áreas más alejadas de las carreteras.

A menudo, establecer manualmente los límites de los intervalos no es la mejor manera de ubicar las celdas en una escala de idoneidad. Por ejemplo, es posible que no sepa a qué distancia de las carreteras existirán hábitats de osos. En este caso, en lugar de definir intervalos, puede permitir que ArcGIS Pro utilice una función de transformación continua para calcular los valores de idoneidad. Utilizará una función lineal para reescalar la capa RoadsDist.

- En el panel de transformación, en la pestaña Continuous Functions / Funciones continuas establezca la función como Linear / Lineal.

La función de transformación lineal es mejor cuando las preferencias por los valores aumentan o disminuyen a una velocidad lineal constante. Por ejemplo, en este caso parece razonable pensar que los hábitats de osos más adecuados están más lejos de las carreteras de una forma proporcional.

- En la pestaña Suitability Modeler / Modelador de idoneidad, haga clic en Calculate / Calcular.



- Guarde el modelo.

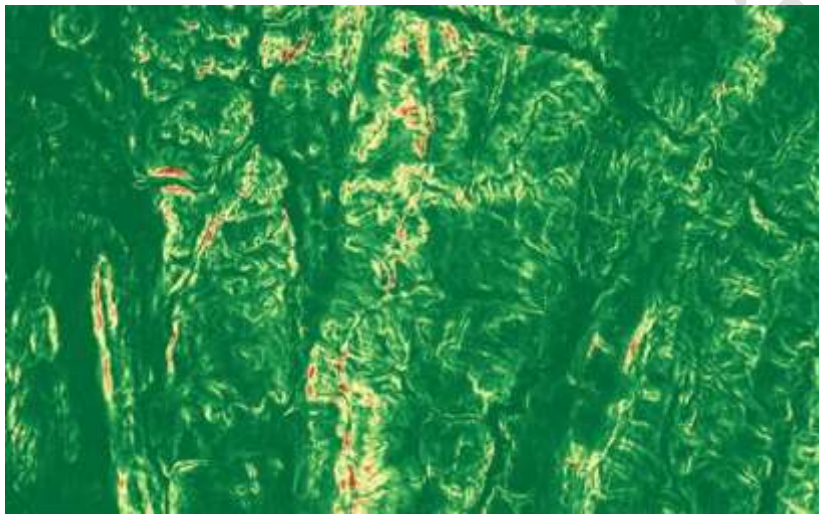
#### Parámetro 4: Pendiente

- En el panel Suitability Modeler / Modelador de idoneidad, en Criterios / Criterios, haga clic en el círculo Slope.

Se agrega una capa Transformed Slope al grupo de capas Bear Suitability. Se reescalará la superficie de la pendiente mediante una función.

En el panel de transformación, Continuous Functions / Funciones continuas establezca la función como Logistic Decay / Decaimiento logístico. Esta función dará mayor preferencia a las zonas que no tengan pendientes pronunciadas.

- En la pestaña Suitability Modeler / Modelador de idoneidad, haga clic en Calculate / Calcular.



- Guarde el modelo.

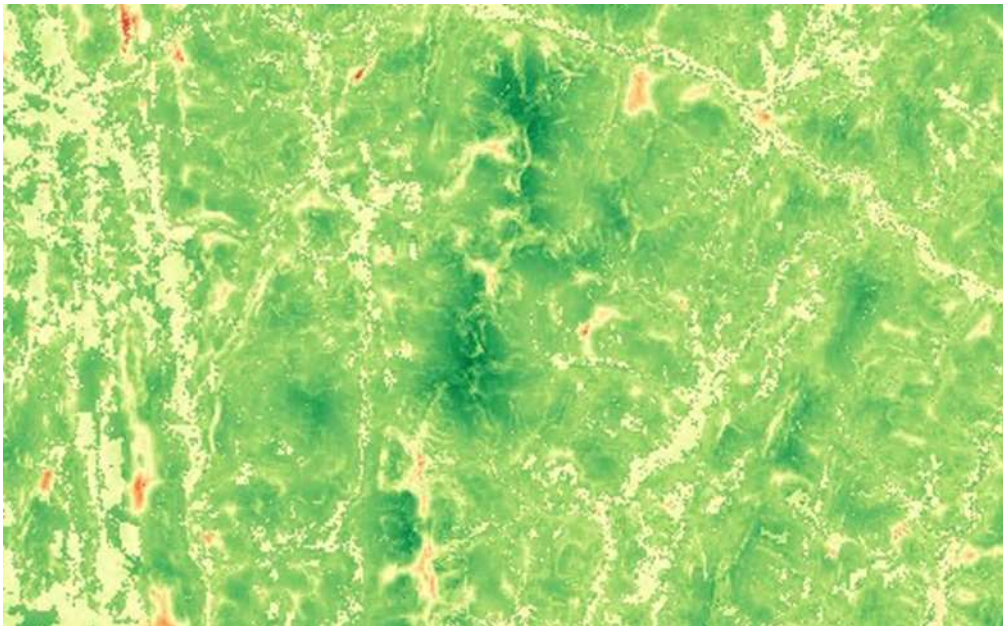
Ahora hay versiones transformadas de cada capa en el mapa.

- Cierre el panel de transformación y, a continuación, guarde el proyecto.

#### Paso 7: Ver resultados

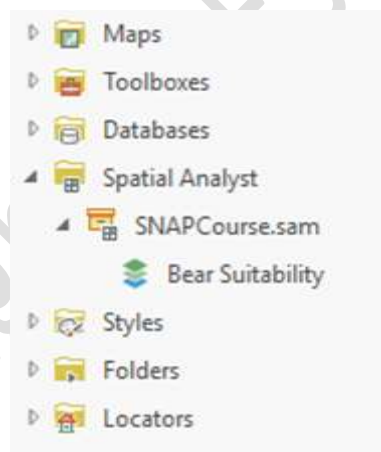
Ahora puede ver los resultados de la ponderación y transformación de las capas de entrada, los criterios para el análisis de idoneidad de su hábitat.

- En el panel Suitability Modeler / Modelador de idoneidad, haga clic en Ejecutar.
- En el panel de contenido, active la capa Suitability Map.



Esta capa indica las áreas más adecuadas, mostradas en verde, en función de sus variables ponderadas.

- En el panel Catálogo , expanda Spatial Analyst y observe el contenedor Spatial Analyst Model.



- Expanda el contenedor para ver su modelo de idoneidad, llamado Bear Suitability.

Si desea experimentar con diferentes funciones, pesos o capas de criterios, deberá hacer clic en Calculate / Calcular (en la pestaña Suitability Modeler / Modelador de idoneidad, en el grupo Suitability Analysis / Análisis de idoneidad) para que la capa de mapa de idoneidad vuelva a calcular.

Ahora tenemos alguna idea de las áreas adecuadas, pero la superficie de idoneidad es ruidosa. A continuación, aprenderá cómo localizar regiones absolutamente adecuadas utilizando la superficie de idoneidad.

## Paso 8: Crear regiones

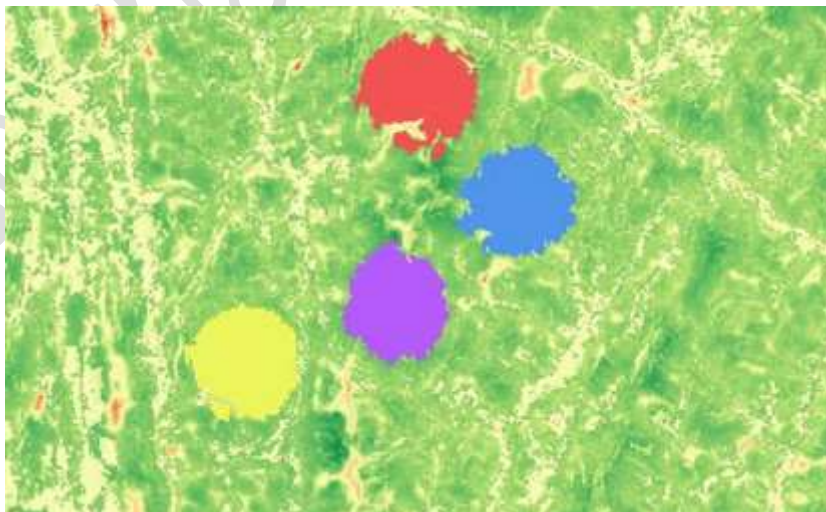
Utilizará la herramienta Locate Regions / Localizar regiones para utilizar sus resultados y encontrar las mejores regiones para el hábitat del oso.

- En el panel Geoprocesamiento , busque localizar regiones.
- Abra la herramienta Locate Regions / Localizar regiones y, a continuación, establezca o confirme los siguientes parámetros:
  - Input Raster / Ráster de entrada: Bear Suitability/Suitability map
  - Total Area / Superficie total: 100
  - Area Units / Unidades de área: Square Kilometers / Kilómetros cuadrados
  - Output Raster / Ráster de salida: BearRegions
  - Number Of Regions / Número de regiones:4
  - Region Shape / Forma de la región: Circle / Círculo
  - Region Minimum Area / Área mínima de la región: 4
  - Region Maximum Area / Superficie máxima de la región: 26
  - Minimum Distance Between Regions / Distancia mínima entre regiones: 1.5
  - Maximum Distance Between Regions / Distancia máxima entre regiones: 6
- Haga clic en Ejecutar.

La capa BearRegions se agregará al panel de contenido. La herramienta puede tardar unos minutos en ejecutarse.

- En el panel Contenido, para BearRegions, establezca el relleno del valor cero en No Color / Sin color.

Sugerencia: Haga clic con el botón derecho en la muestra de color de valor cero > Sin color



Ahora, tiene cuatro regiones de idoneidad para osos.

En el panel de contenido, desactive y active BearPatches para que pueda ver cómo se comparan con la superficie de idoneidad original.

Ha utilizado datos ráster para realizar un modelado de idoneidad para localizar las mejores regiones de hábitat de osos en función de un conjunto de criterios.

- Cuando haya terminado, cierre el mapa y el panel Suitability Modeler / Modelador de idoneidad.
- Guarde el proyecto y deje ArcGIS Pro abierto.

Copyright @ Esri España

## 16. Estadística espacial

La estadística espacial permite extraer conclusiones de grandes colecciones de datos y tomar decisiones informadas y con un apoyo estadístico cuantificable. En este tema verá cuales son las principales herramientas de la tecnología ArcGIS asociadas a esta rama de la estadística

Cuando miras un mapa, tu mente tratará naturalmente de identificar patrones, tendencias y relaciones espaciales.

Las estadísticas espaciales amplían estos procesos naturales al cuantificar las distribuciones y las relaciones espaciales. Las estadísticas espaciales le permiten complementar la perspectiva subjetiva de sus datos con cifras y estadísticas concretas. Las estadísticas ayudan a mejorar la comunicación, fomentar el consenso, facilitar la resolución de problemas a través del análisis, promover la toma de decisiones y proporcionar mecanismos para evaluar los impactos de esas decisiones. En esta lección, se centrará en las soluciones de estadísticas espaciales más intuitivas y de uso común.

### Patrones espaciales

Un patrón espacial proporciona evidencia o información sobre los posibles procesos que crean el patrón. La mayoría de los fenómenos espaciales exhiben algún tipo de patrón que probablemente esté influenciado por algún otro factor. Por ejemplo, una especie animal puede migrar por el mismo camino cada año porque hay mucha comida y agua y pocos depredadores.

¿Has trabajado con conjuntos de datos que contienen miles de puntos, como lo ves en el mapa de la izquierda? ¿Te sientes inseguro acerca de dónde comenzar a entender mejor los patrones?



*Ejemplo de utilización de estadística espacial.*

Los clústeres rojos en el mapa de la derecha se llaman puntos calientes. Los puntos conflictivos son grupos de ubicaciones estadísticamente significativas o de valores altos en un lugar. Utilizará puntos calientes para distinguir patrones espaciales.

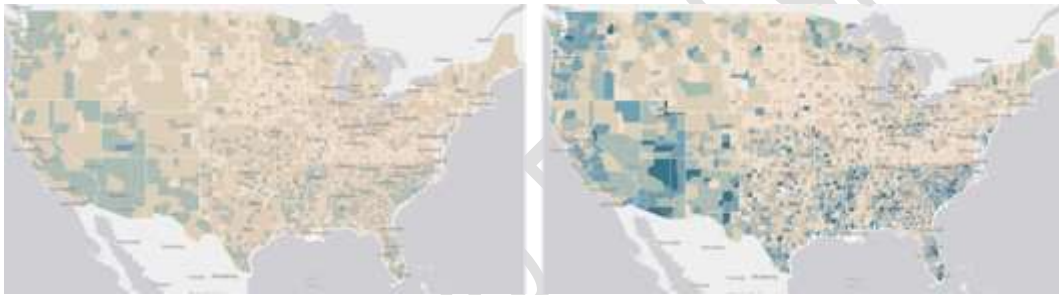
## ¿Qué son estadísticas espaciales?

Las estadísticas espaciales son la aplicación de herramientas y métodos estadísticos que usan las relaciones espaciales (distancia, área, volumen, longitud, altura, orientación, centralidad u otras características espaciales de los datos) directamente en sus cálculos matemáticos.

Las estadísticas espaciales le permiten realizar las siguientes tareas:

- Minimizar la subjetividad inherente a la interpretación visual de mapas y datos espaciales.
- Identificar y cuantificar patrones y tendencias en los datos que pueden no revelarse en el análisis visual.
- Responda las preguntas con más confianza y tome decisiones importantes utilizando más que simples análisis visuales.

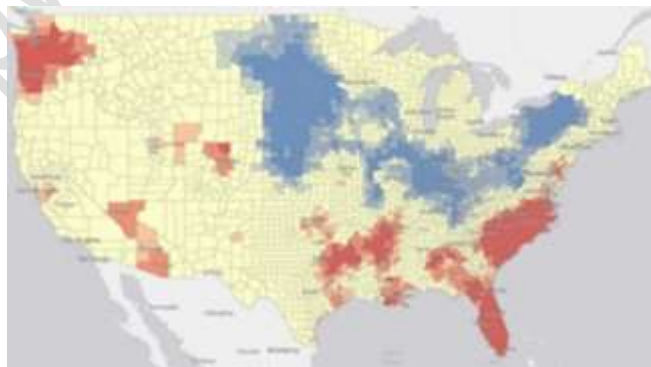
Los mapas que se muestran con una clasificación de color gradual pueden ser subjetivos y resaltar sucesos que el creador de mapas quiere que se aprecien.



*Ambos mapas tienen los mismos datos del índice de delincuencia, pero se visualizan utilizando diferentes métodos de clasificación.*

Los colores indican un patrón cuantificado en lugar de un valor en la tabla. Los mapas estadísticos pueden eliminar la subjetividad introducida por los métodos de clasificación.

El siguiente mapa se basa en puntos calientes y fríos estadísticamente significativos.



*Los mismos datos que los mapas anteriores ahora se visualizan usando un mapa de puntos calientes. Los colores rojo y azul indican los resultados de una prueba estadística de agrupación espacial, en lugar de los valores de datos del atributo mapeado en el mapa de colores graduados*

Dentro de ArcGIS Pro, las herramientas que se pueden encontrar relacionadas con la Estadística Espacial son de dos tipos: Estadísticas descriptivas y Estadísticas inferenciales.

## Tipos de estadística espacial

### Estadísticas descriptivas

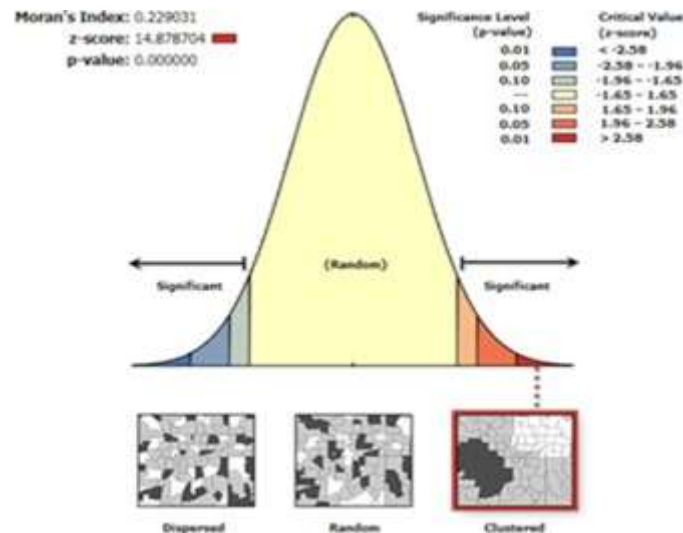
Las estadísticas descriptivas arrojan un resumen sobre sus datos, ya sea que el resultado sea cuantitativo, como un resumen estadístico (media, SUMA, etc.) o visual, como un gráfico o clase de entidad. Fuera de GIS, un ejemplo de estadística descriptiva es el promedio de calificaciones. En SIG, las estadísticas descriptivas comúnmente miden la tendencia central, la dispersión o la concentración u orientación. Las medidas de tendencia central incluyen estadísticas como el centro medio, que identifica el centro de concentración entre un conjunto de entidades. Estudiar la tendencia central en el tiempo te permite comprender mejor cómo cambian las cosas.



*Dos ejemplos de herramientas espaciales. A la izquierda Centro Medio, a la derecha Distribución direccional.*

### Estadística inferencial

Cuando se infiere algo sobre toda la población en función de la distribución de valores en una muestra, se lo conoce como una estadística inferencial. Las pruebas de estadística inferencial comienzan identificando una hipótesis nula. La hipótesis nula, para las herramientas de análisis de patrones, es la aleatoriedad espacial completa en la ubicación de las entidades (o los valores asociados con dichas entidades).



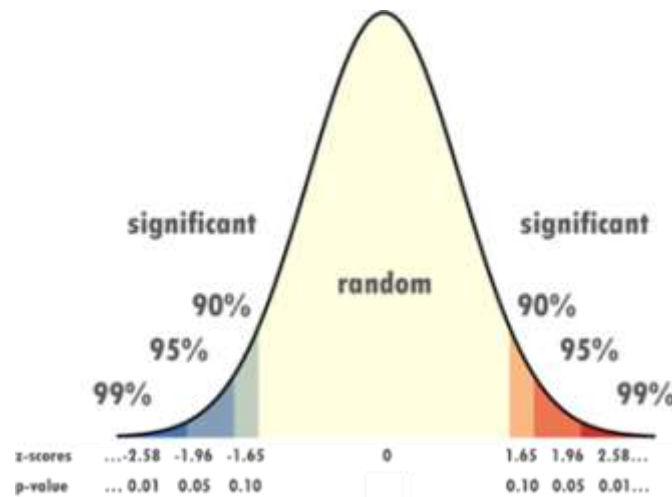
- **La hipótesis nula**

Las estadísticas inferenciales proporcionan al analista una medida de confianza al hacer inferencias o decisiones basadas en los resultados de un análisis de datos. La estadística inferencial implica la prueba de hipótesis, que determina si los resultados de un análisis de datos proporcionan suficiente evidencia para rechazar una hipótesis nula. La Guía Esri para el análisis GIS, Volumen 2, describe mejor por qué la teoría estadística mide una hipótesis nula: "Las observaciones o creencias se expresan como hipótesis. Es solo humano favorecer cualquier patrón o relación que vea o espere ver. mantenga la imparcialidad, se propone probar lo contrario, la llamada hipótesis nula".

En las estadísticas espaciales, la hipótesis nula es casi siempre la misma, donde se determina la probabilidad de que el patrón o la tendencia en sus datos sea el resultado de una probabilidad aleatoria. Por lo tanto, la hipótesis nula es la aleatoriedad espacial completa. Algunas herramientas de estadísticas espaciales devuelven estadísticas que indican el grado de significación estadística, lo que a su vez proporciona un grado de confianza en rechazar o no rechazar la hipótesis nula de aleatoriedad espacial completa.

- **Interpretación de estadísticas inferenciales**

Dada la hipótesis nula de aleatoriedad espacial completa, muchas de estas herramientas de estadísticas espaciales comparan la distribución espacial observada en los datos con la de una distribución espacial aleatoria teórica, y calculan las pruebas de significación estadística comunes a partir de esta comparación. Podemos representar visualmente nuestra hipótesis nula de aleatorización utilizando la distribución normal estándar (con una media de cero y una desviación estándar de 1) y usarla para interpretar dos salidas comunes de estas herramientas, puntuación z y valores p.



- **Puntuación Z y valores P**

En las estadísticas clásicas, una puntuación z representa una desviación de la media en una distribución de datos. Un valor p (nivel de confianza) dicta la puntuación z crítica para rechazar o no rechazar la hipótesis nula de que el valor es estadísticamente significativo, diferente de la media de la distribución.

En estadísticas espaciales, puntuación z y valor p son en realidad estadísticas diferentes calculadas según la herramienta. Cuando ejecuta una herramienta de estadísticas espaciales, las estadísticas resultantes se comparan con el valor esperado de esa estadística bajo la hipótesis nula de aleatoriedad espacial completa. Esta comparación da como resultado las puntuaciones z que se ven en los resultados.

Por ejemplo, suponga que ejecuta una herramienta y recibe un valor z de 2.16. Para un valor de p de 0.05, las puntuaciones z excede el valor crítico de 1.96, lo que significa que puede rechazar la hipótesis nula de aleatoriedad espacial completa. En otras palabras, hay menos del 5 por ciento de probabilidad de que el patrón observado sea el resultado de una probabilidad aleatoria.

- Cold Spot - 99% Confidence
- Cold Spot - 95% Confidence
- Cold Spot - 90% Confidence
- Not Significant
- Hot Spot - 90% Confidence
- Hot Spot - 95% Confidence
- Hot Spot - 99% Confidence

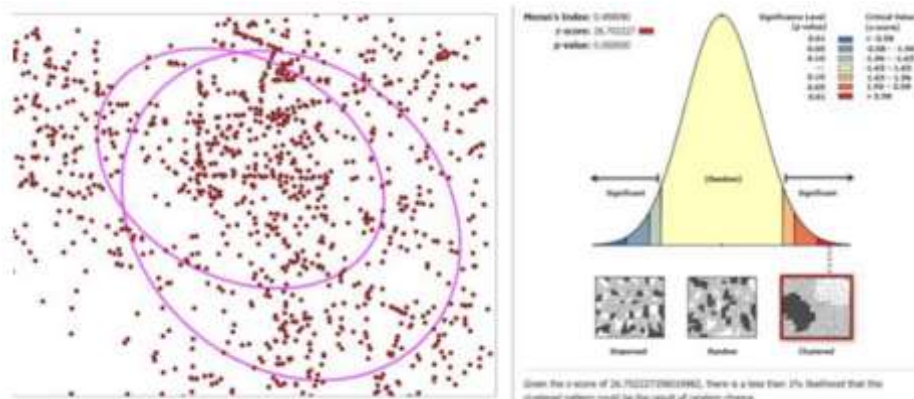
*Puede comparar la leyenda con el gráfico para ver qué entidades son estadísticamente significativas.*

Para más información: [Ayuda ArcGIS Pro - ¿Qué es una puntuación Z? ¿qué es un valor P?](#)

## Herramientas de Estadística Espacial

Las estadísticas espaciales pueden parecer abrumadoras, pero ejecutar las herramientas puede proporcionar rápidamente información valiosa que puede usar

para comprender sus datos y tomar decisiones informadas. Dos herramientas comunes utilizadas son la herramienta de distribución direccional y la herramienta de autocorrelación espacial.



### Distribución direccional

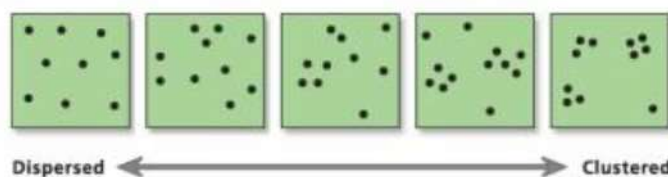
La herramienta de distribución direccional crea elipses de desviación estándar para resumir las características espaciales de las entidades geográficas, como la tendencia central, la dispersión y las tendencias direccionales.

### Autocorrelación espacial

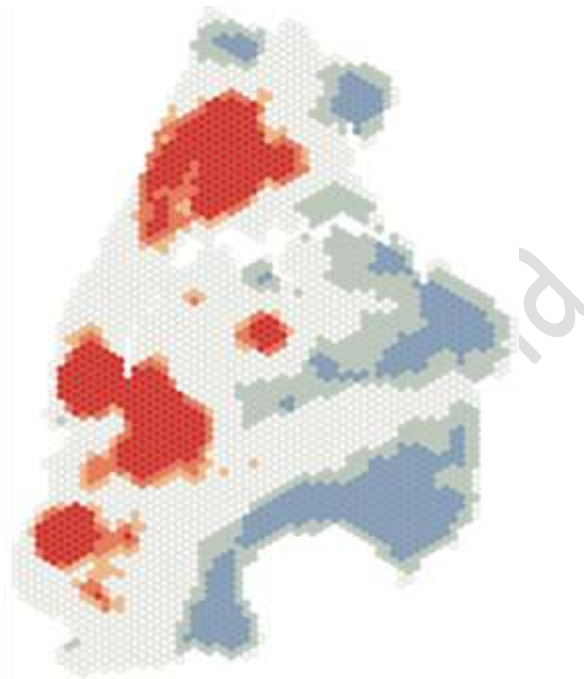
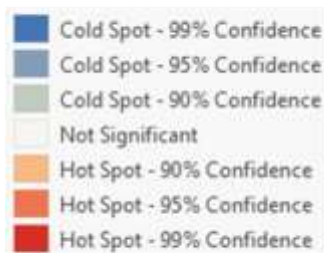
La herramienta Autocorrelación espacial (Global Moran's I) mide la autocorrelación espacial en función de la ubicación de las entidades y un valor de las mismas, simultáneamente. Dado un conjunto de entidades y un atributo asociado, evalúa si el patrón espacial es agrupado, disperso o aleatorio.

### Análisis clúster y de valor atípico

ArcGIS Pro contiene muchas herramientas que identifican clústeres. Los clústeres se producen cuando los fenómenos se encuentran muy cerca uno del otro. Los clústeres también se producen cuando grupos de entidades, con valores similarmente altos o bajos, se encuentran muy cerca; o se basan en el grado de similitud entre los atributos de entidades. Los clústeres en sus datos pueden identificar las ubicaciones de puntos calientes, puntos fríos, valores atípicos y características similares. Encontrar ubicaciones de conglomerados y patrones espaciales en sus datos puede conducir a descubrimientos poderosos y alimentar un mayor análisis. Este gráfico ilustra las diferentes formas en que sus datos se pueden distribuir espacialmente. A la izquierda, los datos están dispersos y no se observa agrupamiento. A medida que te mueves hacia la derecha, los datos se agrupan más. Las herramientas del conjunto de herramientas Mapping Clústeres le permiten determinar si sus datos muestran agrupamiento y dónde.

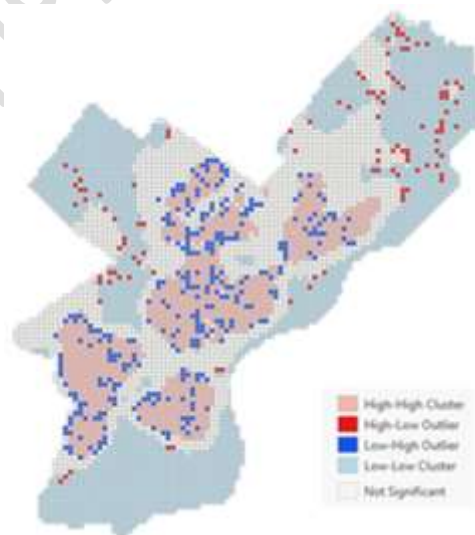


Las herramientas en la caja de herramientas Estadísticas espaciales proporcionan formas de determinar cómo se agrupan sus datos. Los datos pueden estar completamente dispersos (como se muestra a la izquierda), pero a medida que se mueve hacia la derecha, pueden agruparse mucho.



*Los resultados de la herramienta de punto caliente optimizado muestran puntos calientes y fríos estadísticamente significativos (clústeres).*

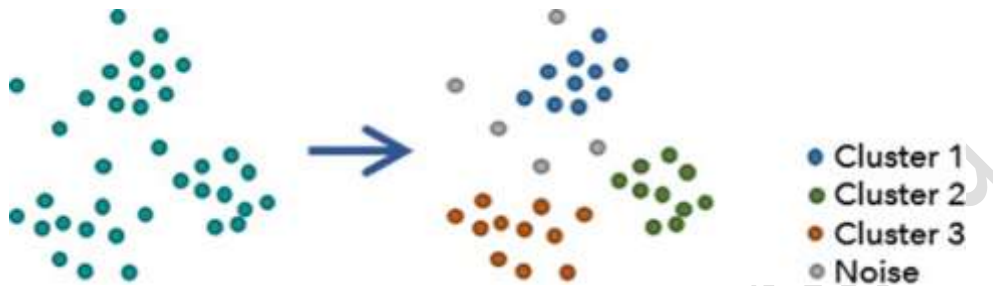
El análisis de clúster también puede encontrar valores de datos inusuales o extremos, llamados valores atípicos, donde una o algunas entidades pueden tener valores que son muy diferentes de las entidades cercanas. En el análisis de datos, los valores atípicos pueden tener un fuerte efecto en los resultados, por lo que



*Los resultados de la herramienta de Análisis optimizado de valores atípicos identifican las áreas donde hay valores atípicos bajos dentro de los puntos críticos y valores atípicos altos dentro de los puntos críticos.*

## Density-based clustering

Otra poderosa herramienta de agrupamiento es la agrupación en clústeres basada en densidad. Esta herramienta busca clústeres de entidades de puntos dentro de toda la distribución espacial. No hay que confundir la agrupación en clústeres basada en la densidad con las herramientas de análisis de densidad, como la densidad del arupamiento. Las herramientas de análisis de densidad usan valores conocidos de un fenómeno y lo distribuyen en una extensión concreta.



*La agrupación en clústeres basada en densidad puede identificar agrupamientos naturales en los datos*

## Clustering multivariante

La herramienta Clustering multivariante busca agrupamiento naturales de entidades basándose únicamente en los valores de atributo de entidad. Dado el número de clústeres que se van a crear, buscará una solución en la que todas las entidades de cada clúster sean lo más similares posible y todos los clústeres sean lo más diferentes posible. Otra herramienta llamada Clustering multivariante restringido espacialmente le permite establecer el tamaño del clúster y forzar la contigüidad espacial en los clústeres para enfocar aún más su análisis.

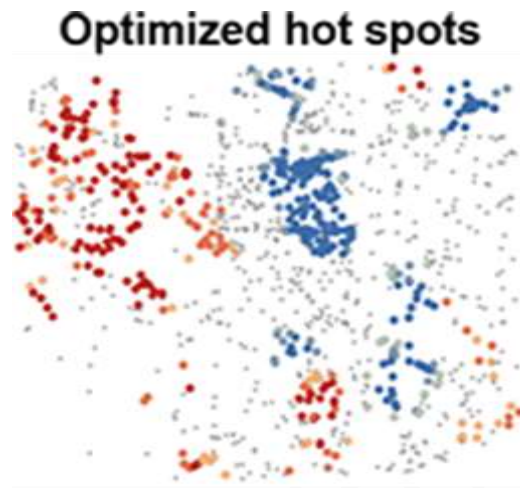


## Análisis de puntos calientes

Varias herramientas realizan análisis de puntos calientes, pero lo hacen de diferentes maneras. La herramienta Análisis de puntos calientes calcula el estadístico Getis-Ord  $G_i^*$  (pronunciado G-i-star) para cada entidad en un conjunto de datos. Las puntuaciones z y valores p resultantes, le indican dónde se agrupan espacialmente las entidades con valores altos o bajos. Esta herramienta funciona al observar cada entidad dentro del contexto de las vecinas. Una entidad con un valor alto es interesante, pero puede no ser un punto caliente estadísticamente significativo. Para

ser un punto estadísticamente significativo, una entidad tendrá un valor alto y, además, estará rodeada de otras entidades con valores altos también.

La estadística  $G_i^*$  devuelta para cada entidad del conjunto de datos es un valor  $z$ . Para las puntuaciones  $z$  positivas, estadísticamente significativas, cuanto mayor es la puntuación  $z$ , más intensa es la agrupación de los valores altos (punto caliente). Para puntuaciones  $z$  negativas, estadísticamente significativas, cuanto menor es la puntuación  $z$ , más intensa es la agrupación de valores bajos (punto frío).



*Resultados de punto caliente optimizados para puntos de datos de incidentes.*

## Herramientas de Análisis de puntos calientes

Hay dos herramientas de análisis de puntos calientes en la caja de herramientas de Estadísticas espaciales: la herramienta de Análisis de puntos calientes optimizado y la herramienta de Análisis de puntos calientes ( $G_i^*$  Getis-Ord). Cada una de ellas puede realizar análisis de puntos calientes, pero una puede ser mejor que la otra en ciertas circunstancias:

- Utilizaría la herramienta Análisis de puntos calientes (Getis-Ord- $G_i^*$ ) cuando desee un control total sobre cada parámetro.
- Utilizaría la herramienta Análisis de puntos calientes optimizados cuando desee que la herramienta investigue sus datos para determinar los valores óptimos de los parámetros.

La herramienta Análisis de puntos calientes optimizados ejecuta la herramienta Análisis de puntos calientes ( $G_i^*$  Getis-Ord), utilizando parámetros derivados de las características de sus datos de entrada. Similar a la forma en que la configuración automática de una cámara digital utilizará lecturas de iluminación y sujeto versus tierra para determinar una apertura, velocidad de obturación y enfoque apropiados, la herramienta de Análisis de puntos calientes optimizados interroga sus datos para obtener los ajustes que producirán el valor óptimo.

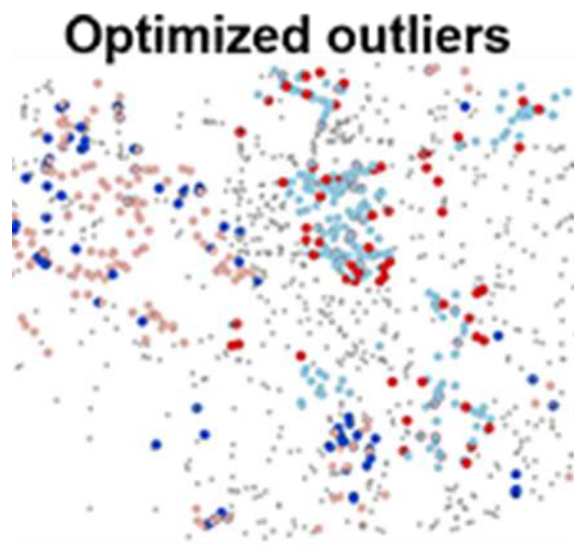
Al igual que una cámara tiene un modo manual que le permite anular las configuraciones automáticas, la herramienta Análisis de puntos calientes (Getis-Ord  $G_i^*$ ) le da control total sobre todas las opciones de parámetros. Ejecutar la herramienta de Análisis de puntos calientes optimizado y observar la configuración

de parámetros que utiliza, puede ayudarlo a refinar los parámetros que proporciona a la herramienta de Análisis de puntos calientes (Getis-Ord  $G_i^*$ ), ya con total control.

### **Análisis optimizado de valores atípicos**

El Análisis de valores atípicos optimizados ejecuta la herramienta de análisis de clúster y de valores atípicos (Anselin Local Moran's I) usando parámetros derivados de las características de sus datos de entrada. La versión optimizada interroga sus datos para obtener la configuración que arrojará resultados de análisis óptimos.

Esta herramienta identifica clústeres espaciales estadísticamente significativos de valores altos (puntos calientes) y valores bajos (puntos fríos), así como valores extremos altos y bajos dentro de su conjunto de datos.



*El análisis optimizado de valores atípicos localiza los puntos fríos dentro de los puntos calientes y los puntos calientes dentro de los puntos fríos.*

## Ejercicio 7.1: Estadística espacial para la exploración de datos

Utilizará diversas herramientas de estadísticas descriptivas e inferenciales para cuantificar patrones y relaciones en los datos de muestras de ozono. Ha utilizado las muestras de ozono para la interpolación y ahora las explorará más utilizando estadísticas espaciales.

En este ejercicio, realizará las siguientes tareas:

- Crear elipses de desviación estándar.
- Uso de la herramienta Promedio de vecino más cercano.
- Uso de la herramienta Autocorrelación espacial.
- Análisis de puntos calientes.

### Paso 1: Preparación de ArcGIS Pro

Utilizará los puntos de muestra de ozono de California para realizar análisis estadísticos.

- Si es necesario, inicie ArcGIS Pro y abra el proyecto SNAPCourse.
- Cierre todas las vistas de mapa abiertas.
- Desde la pestaña Insertar /Insert, haga clic en Importar mapa/ Import Map.
- Busque ... \SNAP\Statistics y agregue Spatial Stats.mapx.



Has usado los puntos de ozono para la interpolación. A continuación, explorará los datos aún más, utilizando herramientas de estadísticas espaciales. Puede haber patrones importantes en los datos que usted no puede notar a simple vista, pero

podrían ser útiles o necesarios para obtener una mejor comprensión de las medidas de ozono.

Establecer entornos de geoprocetamiento:

- Desde la pestaña Análisis/ Analysis, haga clic en Entornos / Environments.
- En Extensión de procesamiento/ Processing Extent, establezca Extensión / Extent con el alcance en StateBoundary.
- En Análisis Ráster/ Raster Analysis, configure Máscara/Mask con StateBoundary y luego haga clic en OK.
- Guarde el proyecto en la ruta ... \SNAP\Statistics\ExploraDatos.aprx.

## Paso 2: Ubicar tendencias direccionales en los datos

Determinará la tendencia de distribución utilizando la herramienta de Distribución direccional. Esta herramienta mide la orientación y la dirección en una distribución de entidades, lo que le permite encontrar tendencias espaciales abstractas. Usará los resultados para determinar si las ubicaciones de las estaciones de muestreo son adecuadas para estudiar el ozono en California.

- Desde la pestaña Análisis/ Analysis, haz clic en Herramientas/Tools.
- En el panel de Geoprocetamiento/ Geoprocessing, haga clic en la pestaña Herramientas/ Toolboxes.
- Expanda Herramientas de estadísticas espaciales/ Spatial Statistics Tools y luego expanda Medición de distribuciones geográficas/ Measuring Geographic Distributions.

El conjunto de herramientas de medición de distribuciones geográficas contiene herramientas de estadísticas descriptivas espaciales, que evalúan la distribución de las entidades. La medición de la distribución de un conjunto de entidades le permite calcular un valor que representa una entidad de la distribución, como el centro u orientación. Puede usar este valor para rastrear cambios en la distribución a lo largo del tiempo o comparar distribuciones de diferentes entidades.

- Abra y ejecute la herramienta Distribución direccional (Elipse de desviación estándar)/ Directional Distribution, con los siguientes parámetros:
  - Clase de entidad de entrada/ Input Feature Class: Samples
  - Clase de entidad de elipse de salida/ Output Feature Classe: Ellipses
  - Tamaño de la elipse/ Ellipse Size: 1 desviación estándar
  - Peso/ Weight Field: OZONE



La elipse indica el cambio más rápido en la dirección suroeste-noreste y un cambio más gradual en la dirección noroeste-sureste (que causa la forma de la elipse). La tendencia suroeste-noreste en la calidad del aire se puede atribuir a una acumulación de ozono entre las montañas y la costa. La elevación y la dirección predominante del viento son factores que contribuyen a los valores relativamente bajos en las montañas y en la costa. La alta concentración de personas también conduce a altos niveles de contaminación entre las montañas y la costa.

Después, ejecutará la misma herramienta usando un tamaño de elipse diferente. Un tamaño de elipse de dos desviaciones estándar contendrá aproximadamente el 98 por ciento de las entidades en su conjunto de datos.

- En el panel Contenido/ Content, apague la capa Elipses.
- En el panel Geoprocesamiento/ Geoprocessing, modifique los siguientes parámetros para la herramienta de Distribución direccional y ejecútelo:
  - Clase de entidad de salida/ Output Feature Class: Elipses2
  - Tamaño de elipse/ Ellipse Size: 2 desviaciones estándar
  - Mantenga las otras configuraciones de parámetros, como OZONE como el campo de Peso/ Weight Field.

Elegir dos desviaciones estándar e incluir más puntos de muestra resulta en una elipse más grande, con una tendencia direccional similar a la de la otra elipse (para una desviación estándar).

- Desactive la capa Elipses2.

### Paso 3: Ejecutar el Promedio del vecino más cercano

A continuación, usará la herramienta Promedio de vecinos más cercanos para determinar el grado de agrupamiento o dispersión en las ubicaciones de las funciones.

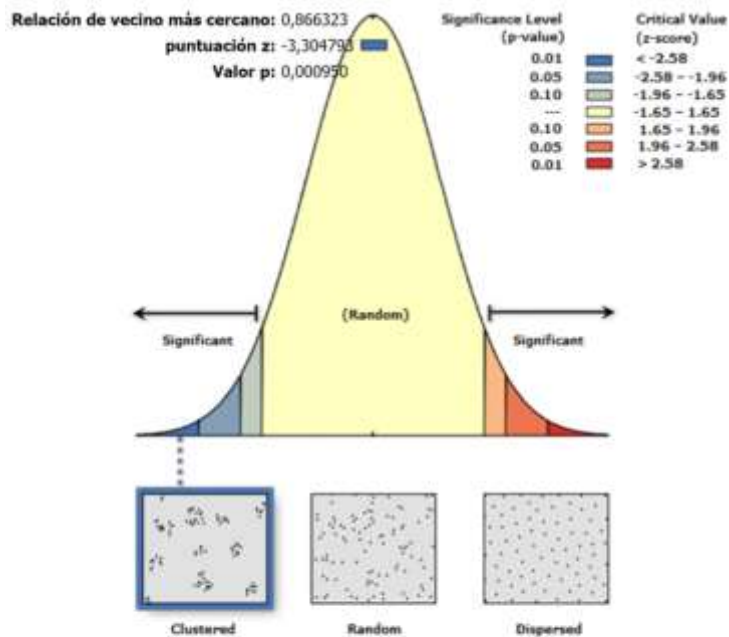
- En el panel de Contenido/ Contents, abra la tabla de atributos para StateBoundary.

La herramienta Promedio de vecinos más cercanos usa el área como un parámetro, por lo que primero copiará el área de la capa Límite de estado. Es importante capturar el área correcta para la herramienta. Los mismos puntos se pueden considerar agrupados si están en un área pequeña, pero dispersos en un área más grande.

- En la tabla, seleccione el valor de AREA, haga clic con el botón derecho y copie el valor (Ctrl + C).
- Cierra la tabla.
- En el panel de Geoprocesamiento/ Geoprocessing, haga clic en la flecha hacia atrás.
- En la caja de herramientas Estadística espacial/ Spatial Statistics toolbox, expanda Análisis de patrones/ Analyzing Patterns y luego abra la herramienta Promedio de vecinos más cercanos/ Average Nearest Neighbor tool.
- Ejecuta la herramienta Promedio de vecinos más cercanos/ Average Nearest Neighbor tool con los siguientes parámetros:
  - Clase de entidad de entrada/ Input Feature Class: Samples
  - Generar informe/ Generate Report: marque esta casilla

El resultado de la herramienta Vecino medio más cercano es un informe, no una clase de elemento.

- Área/ Area: 408634210171
- Abra el Explorador de archivos, vaya a ...\\SNAP y haga doble clic en el archivo HTML del vecino más cercano para ver el informe.
  - El resultado se genera en el espacio de trabajo que tengamos determinado en los entornos.



Dada la puntuación z de -3.304793, existe una probabilidad menor al 1% de que el patrón agrupado pueda ser el resultado de una probabilidad aleatoria.

La hipótesis nula establece que las ubicaciones de las entidades se distribuyen de forma aleatoria. Sin embargo, el puntaje z (-3.30) devuelto por la herramienta Promedio de vecinos más cercanos, es estadísticamente significativo con un nivel de confianza del 99 por ciento, lo que significa que hay menos del 1 por ciento de probabilidades de que el patrón espacial de las ubicaciones de ozono sea aleatorio.

- Cierre el informe

#### Paso 4: Ejecute la herramienta Autocorrelación espacial.

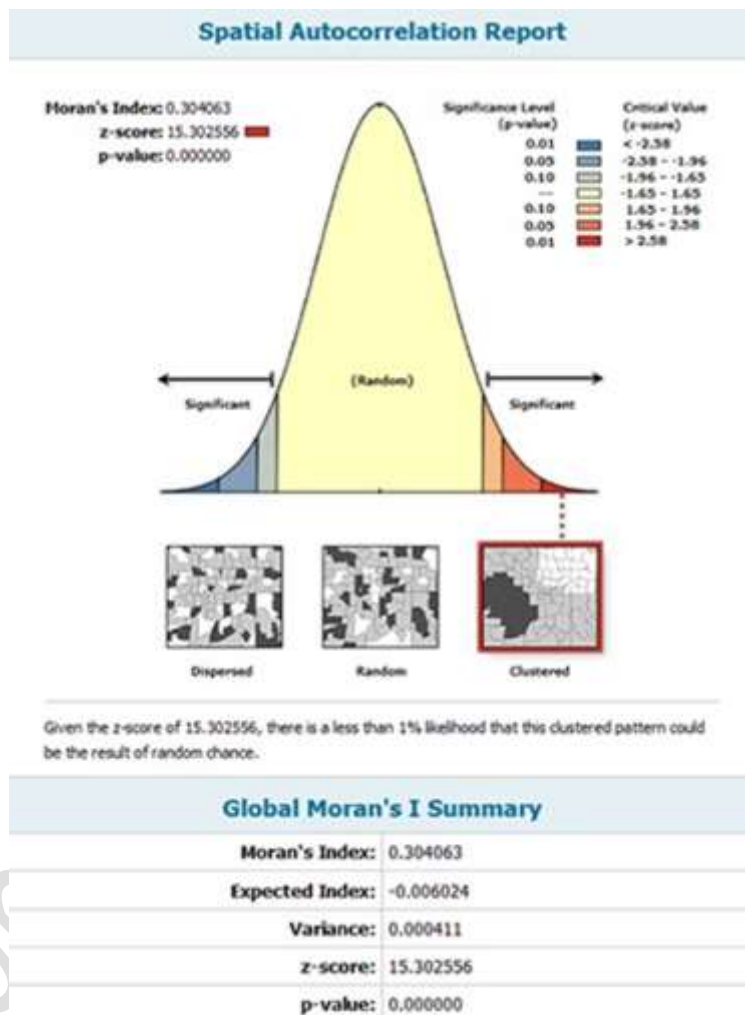
La herramienta Promedio de vecino más cercano solo mira las ubicaciones de las entidades, para determinar si están agrupadas o dispersas. Si desea determinar si hay agrupamiento según los valores de los atributos, para esas ubicaciones, debe ejecutar la herramienta Autocorrelación espacial (I de Moran).

- En el panel Geoprocesamiento/ Geoprocessing, haga clic en la flecha hacia atrás.
- Ejecute la herramienta Autocorrelación espacial (I de Moran) / Spatial Autocorrelation (Global Moran's I) con los siguientes parámetros:
  - Clase de entidad de entrada/ Input Feature Class: Samples
  - Campo de entrada/ Input Field: OZONE
  - Marque la casilla Generar informe/ Generate Report.
  - Conceptualización de relaciones espaciales: Banda de distancia fija/ Fixed Distance Band

La advertencia se debe a que no proporciona una banda de distancia o distancia de umbral. El software calcula un valor predeterminado de 154019,69 metros (aproximadamente 154 Km) para asegurar que cada entidad tenga, al menos, un vecino.

Si estuvieras investigando grupos de delincuencia, una distancia de 800 metros podría funcionar porque ese es el tamaño promedio de una manzana. Elegir el umbral de distancia apropiado, a menudo se basa en el sentido común, la teoría y el campo en el que está trabajando.

- En el Explorador de archivos, abra el archivo HTML MoransI\_Result.



El alto puntaje z indica que puede rechazar la hipótesis nula y que la distribución espacial de los valores altos y bajos en los datos está espacialmente más agrupada de lo que se esperaría si los procesos espaciales subyacentes fueran aleatorios.

Mediante el uso de herramientas de estadísticas espaciales, puede determinar si sus entidades están agrupadas o dispersas con mayor confianza que la simple visualización.

Además, puede usar estas herramientas para determinar si los valores de un atributo están agrupados o dispersos, lo que le brinda una visión más profunda de los datos.

- Cierre el informe.

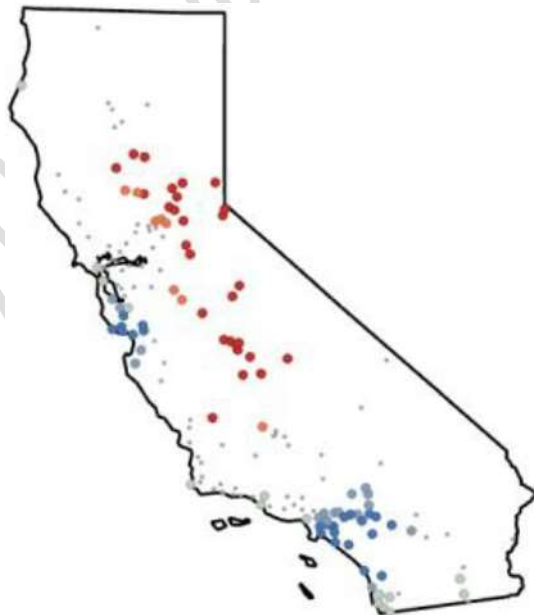
## Paso 5: Ejecutar Análisis de puntos calientes.

La estadística I de Moran mostró una agrupación de valores altos o bajos en los puntos de ozono. A continuación, realizará un análisis de puntos calientes para determinar dónde se encuentran los clústeres de valores altos y bajos.

- En el panel Geoprocesamiento/ Geoprocessing, haga clic en la flecha hacia atrás.
- En la caja de herramientas Estadísticas espaciales/ Spatial Statistics, expanda el conjunto de herramientas Asignación de clústeres/ Mapping Clusters.
- Abra y ejecute la herramienta Análisis de punto caliente (Getis-Ord  $G_i^*$ ) / Hot Spot Analysis (Getis-Ord  $G_i^*$ ) con los siguientes parámetros:
  - Clase de entidad de entrada/ Input Feature Class: Samples
  - Campo de entrada/ Input Field: OZONE
  - Clase de entidad de salida/ Output Feature Class: HotSpotsOzone
  - Para la Conceptualización de las relaciones espaciales y el método de distancia, acepte la configuración predeterminada.
  - Distancia de banda o umbral Distancia: 154000.

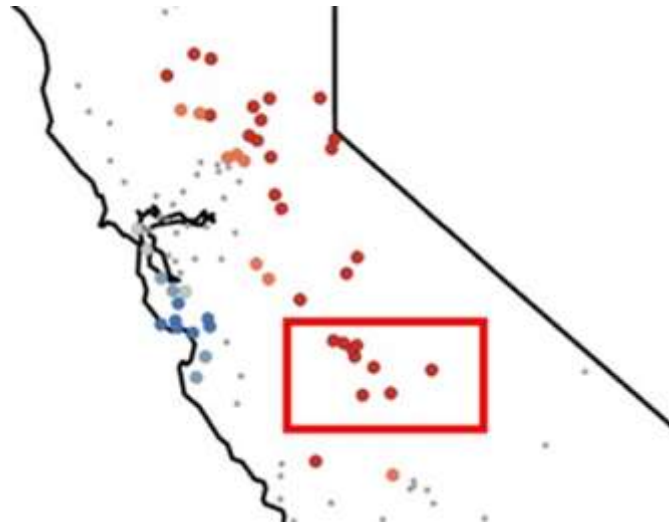
154000 es el valor que la herramienta de Autocorrelación espacial utilizó como distancia umbral.

- En el panel Contenido/ Content, apague la capa Samples.



Hay puntos calientes estadísticamente significativos de altos valores de ozono en el centro-norte de California. Estos puntos calientes indican valores de ozono más altos rodeados de otros valores de ozono más altos.

- Con la herramienta Explorar / Explore, amplíe a los puntos calientes en el centro-norte de California.



- Haga clic en algunos de los puntos rojos.

Los valores de Ozono son cercanos y relativamente altos, alrededor de 0,08 - +1.

Otro beneficio de realizar análisis de puntos calientes es ver dónde hay grupos de valores bajos o puntos fríos.

- Zoom a la parte sur de California donde hay puntos fríos.

La mayoría de los valores de ozono para los puntos fríos están alrededor de 0,05 o menos. A continuación, observará la tabla de atributos para los puntos calientes.

- En el panel Contenido / Content, haga clic con el botón derecho en HotSpots y elija Tabla de atributos.

OZONE	GiZScore Fixed 150000	GiPValue Fixed 150000
0.045	-0.010205	0.991858
0.106	5.917053	0
0.04	-1.849451	0.064393
0.041	-1.762682	0.077954
0.09	7.453489	0
0.053	-2.546165	0.010891
0.031	-2.385811	0.017041

A cada punto se le asigna un valor para z-score y p-value, y esos valores se agregan a la tabla de atributos. Puede ver que al valor de ozono de 0,106 se le asigna un puntaje z de casi 6 y un valor p de cero. Cuando tiene una combinación de un alto puntaje z y un bajo valor p, esto indica un agrupamiento espacial de valores altos. Además, observe los puntajes z bajos o negativos y el valor p más bajo, que indican un agrupamiento espacial de valores bajos.

- Cierre la tabla.

La capa resultante proporciona una buena representación de puntos calientes y fríos, pero mostrar los datos discretos como una superficie continua sería más atractivo visualmente.

## Paso 6: Ejecutar Análisis de puntos calientes optimizados y Kernel

Ha ejecutado la herramienta Análisis de puntos calientes para localizar dónde se encuentran los clústeres o los valores de ozono altos y bajos. A continuación, usará la herramienta Análisis de puntos calientes optimizados y dejará que ArcGIS Pro determine los parámetros óptimos.

- En el panel Geoprocesamiento/ Geoprocessing, haga clic en la flecha hacia atrás.
- Abra la herramienta de Análisis de puntos calientes optimizados/ Optimized Hot Spot Analysis tool y ejecútela con los siguientes parámetros:
  - Entidad de entrada/ Input Features: Samples
  - Entidad de salida/ Output Features: OptimizedOzone
  - Campo de análisis/ Analysis Field: OZONE

Los resultados son similares a los de la herramienta Análisis de puntos calientes, pero existen algunas diferencias si apaga y enciende las dos capas.

A continuación, comparará los resultados del análisis de puntos calientes con una superficie de densidad o un mapa de calor.

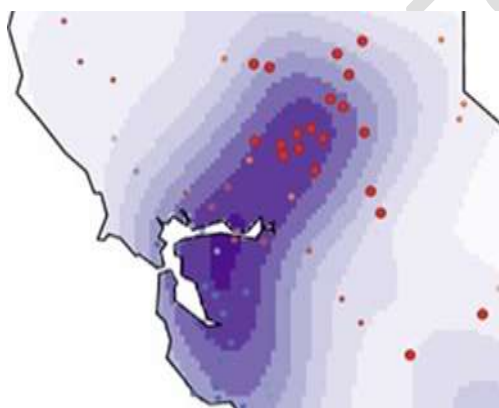
- En el panel Contenido/ Content, apague las capas OptimizedOzone y HotSpots.
- En el panel Geoprocesamiento/ Geoprocessing, haga clic en la flecha hacia atrás.
- Busque kernel
- Ejecute la superficie de Densidad kernel / Kernel Density con los siguientes parámetros:
  - Funciones de punto de entrada o polilínea/ Input Point Or Polyline Features: Samples
  - Campo de población/ Population Field: NINGUNO
  - Raster de salida/ Output Raster: DensidadSamples
- Aceptar todas las configuraciones predeterminadas restantes.



- En el panel Contenido/ Content, encienda la capa Samples.

La superficie de densidad se alinea bien con los puntos de muestra, como debería, porque no usó un campo de población y solo utilizó la ubicación del punto para crear la superficie. Sin embargo, la simbología del mapa de calor hace que sea difícil interpretar los patrones.

- En el panel Contenido/ Content, active la capa OptimizedOzone y apague la capa Samples.
- En la leyenda de la capa OptimizedOzone, haga clic en el símbolo de Hot Spot: 99% de confianza.
- En el panel de Simbología/ Symbology, haz clic en la pestaña Propiedades.
- Cambie el tamaño a 15 y luego haga clic en Aplicar.
- En el mapa, amplíe la parte más al norte de California, donde hay una gran densidad de puntos de muestra.



Los puntos calientes con un intervalo de confianza del 99% no están todos ubicados en el área de alta densidad de los puntos. La superficie de densidad se simboliza en función de la densidad de las entidades, no de los valores de ozono. La comparación de una superficie de densidad con un resultado estadístico demuestra cómo las estadísticas espaciales muestran los patrones espaciales y cómo no son suficientes para ello los mapas de calor.

- Guarde el proyecto con el nombre de ExploraDatos.ppkx, y continúe con el siguiente ejercicio.

## Ejercicio 7.2: Realizar clústeres y análisis de valores atípicos

La agrupación en clústeres es un concepto importante que brinda una gran información sobre sus datos, sus relaciones con otros elementos y las posibles razones sobre porqué se comportan de cierta manera. Utilizará las herramientas de agrupamiento de estadísticas espaciales para localizar clústeres naturales en sus datos según la ubicación geográfica, realizar un análisis de puntos calientes para determinar la agrupación de incidentes y ejecutar análisis de valores atípicos para verificar los comportamientos que ha analizado visualmente.

En este ejercicio, realizará las siguientes tareas:

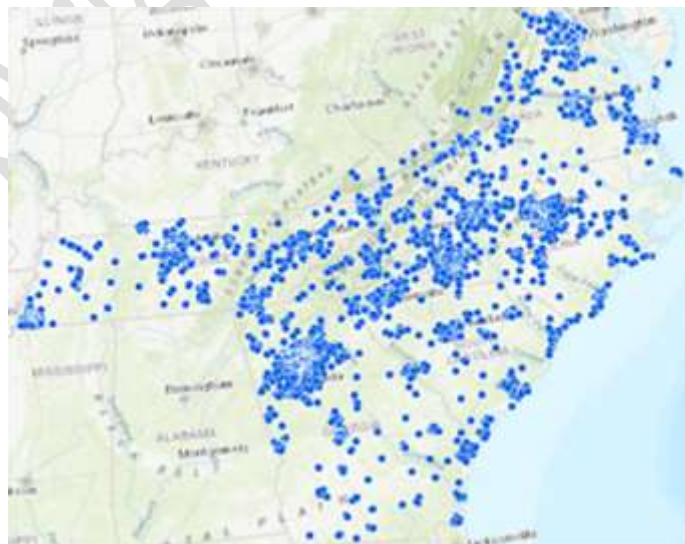
- Ejecutar el análisis de agrupamiento basado en la densidad.
- Realice un análisis de puntos calientes optimizado.
- Realice un análisis optimizado de valores atípicos.

### Paso 1: Realizar un clustering basado en densidad

A continuación, cambiará el conjunto de datos y trabajará con las herramientas de agrupamiento de estadísticas espaciales. Analizará las ubicaciones de solicitantes de una universidad, con el fin de determinar potenciales áreas donde realizar ferias de información de carreras.

Si es necesario, inicie ArcGIS Pro y abra el proyecto CourseSNAP.

- Desde la pestaña Insertar / Insert, haga clic en Importar mapa/ Import Map.
- Busque ... \ SNAP \ Statistics y abra Clustering.mapx.



A partir de un análisis visual rápido, puede ver que hay más solicitantes en las ciudades más grandes, como Atlanta. Utilizará herramientas de agrupamiento

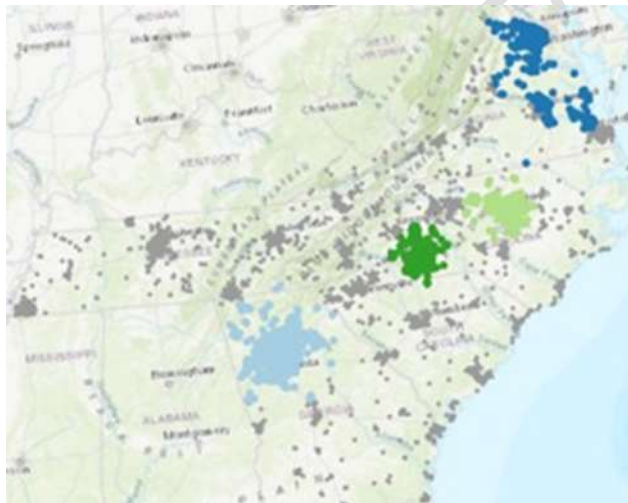
basadas en la densidad para validar sus imhaga clic ens iniciales y localizar clústeres naturales en los datos.

- En el panel Geoprocesamiento/ Geoprocessing, abra y ejecute la herramienta Clustering basado en densidad/ Density-based Clustering, con los siguientes parámetros:
  - Entidades de punto de entrada/ Input Point Features: Applicants
  - Entidad de salida/ Output Features: Clusters.
  - Método de agrupamiento/ Clustering Method: Autoajustable (HDBSCAN)

Algunos métodos de agrupamiento requieren que el usuario ingrese una distancia de búsqueda. El método de autoajuste (HDBSCAN) es un enfoque basado en datos donde el software determina la mejor distancia de búsqueda para las entidades de entrada.

- Entidades mínimas por clúster / Minimum Features Per Cluster: 500.

Un buen número de personas para asistir a una feria de carreras es 500.



Todas las áreas coloreadas representan agrupamiento, mientras que las ubicaciones grises representan "ruido" en sus datos.

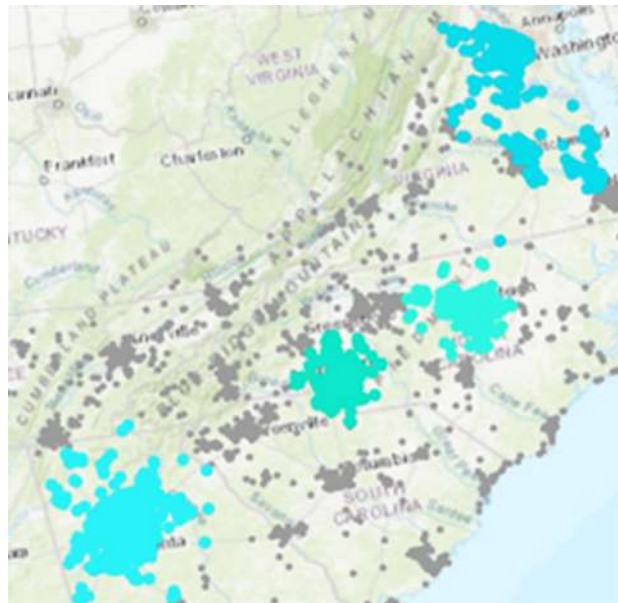
- En el panel Contenido/ Content, abra la Tabla de atributos para la capa Clusters.

Source ID	Cluster ID	Probability	Outlier
1	2	0.822509	0.177491
2	2	0.892063	0.107937
3	-1	0	0.576296
4	-1	0	0.091964
5	-1	0	0.113664
6	-1	0	0.116846
7	-1	0	0.145086
8	1	0.287308	0.712692

A cada entidad se le asigna un valor de ID de clúster. Si una entidad es parte de un clúster, entonces el valor es positivo, mientras que un -1 indica que la ubicación del

punto es ruido. ArcGIS Pro simboliza la capa de salida utilizando el atributo de ID de clúster. A continuación, encontrará las mejores ubicaciones para ferias de empleo utilizando los clústeres y Centro medio / Mean Center, una herramienta estadística descriptiva.

- Cierre la tabla.
- Desde la ventana de Mapa, haga click en Selección por atributos/ Select By Atributes.
- Ejecute la herramienta con los siguientes parámetros:
  - Filas de entrada / Input rows: Clusters
  - En Expresión / Expression, haga clic en Nueva expresión / New expresión.
  - Cree la siguiente cláusula: Cluster ID no es igual que -1.

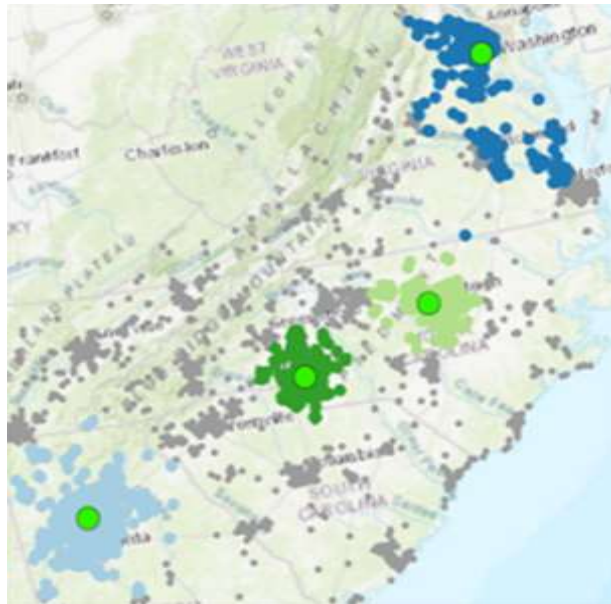


Se seleccionan las entidades que forman parte de un clúster. A continuación, utilizará la herramienta Centro medio en los puntos seleccionados para ubicar los mejores lugares para ferias de la universidad.

- En el panel Geoprocesamiento/ Geoprocessing, busque y ejecute la herramienta Centro Medio/ Mean Center con los siguientes parámetros:
  - Clase de entidad de entrada/ Input Feature Class: Clusters.
  - Clase de entidad de salida/ Output Feature Class: Fairs.
  - Campo de caso / Case Field: Cluster ID.

La herramienta Centro Medio respetará el conjunto seleccionado.

- Limpie la selección de la capa Clusters.



La herramienta Centro medio ubicó el centro geográfico de cada grupo, identificando algunas áreas posibles para explorar para ubicar las ferias de empleo.

- Guarde el proyecto.

## Paso 2: Realizar un análisis optimizado de puntos calientes.

A continuación, usará herramientas de clúster y atípicas para obtener información sobre las ubicaciones de graffiti en Nueva York.

- Importa archivo de mapa:
  - Desde Insertar menú/ Insert menu, haga click en importar mapa/ Import Map.
  - Busque...\SNAP\ Statistics e importe NewYork.mpkx.



Hay más de 120,000 ubicaciones de graffiti en estos vecindarios de Nueva York. El graffiti a menudo se ve como vandalismo, pero también se puede considerar como una forma de arte. Con más de 120,000 puntos, ¿cómo se puede obtener información útil de los datos? Usar herramientas de estadísticas espaciales es un gran lugar para comenzar. Primero realizará un análisis de punto caliente optimizado para identificar puntos calientes y fríos basándose únicamente en la ubicación.

Recuerde que el análisis optimizado de puntos calientes es similar al análisis de puntos calientes, pero esta herramienta elige la distancia o la distancia umbral para usted.

- Seleccione Entornos/ Enviroments:
  - Desde la ventana de Análisis/ Analysis, haga click en Entornos/ Enviroments.
  - Selecciona Extensión/ Extent como Boundary.
- Busque y ejecute la herramienta Análisis de puntos calientes optimizado / Optimized Hot Spot Analysis con los siguientes parámetros:
  - Entidades de entrada/ Input Features: Graffiti
  - Entidades de salida/ Output Features: OptimizedHS.
  - Campo de análisis/ Analysis Field: Deje este campo en blanco, ya que realizará el análisis en las ubicaciones de los puntos en lugar de un atributo en cada ubicación.
  - Método de agregación de datos de incidentes / Incident Data Aggregation Method: Recuento de incidentes dentro de la cuadrícula hexagonal / Count incidents within hexagon grid.
  - Polígonos delimitantes que definen dónde son posibles los incidentes/ Bounding Polygons Defining Where Incidents Are Possible: Boundary
  - Expanda Anular configuración/ Override Settings.
  - Para el Tamaño de celda, escriba 500 y luego elija Metros de la lista.

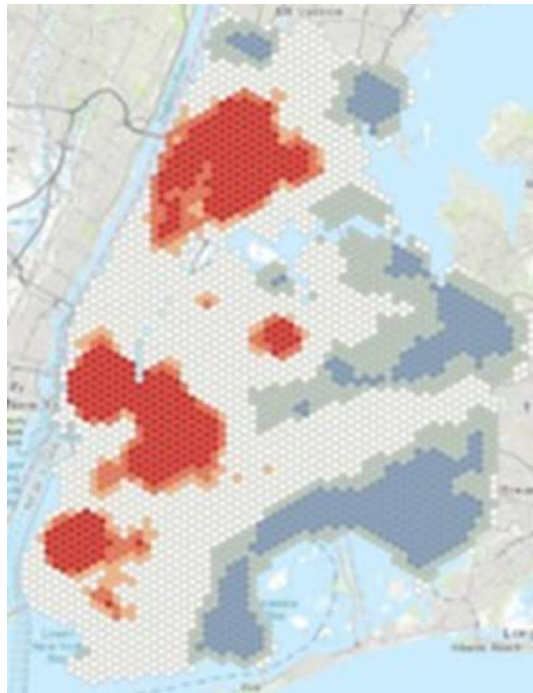


Cell Size

500 Meters

Si no indica el tamaño de la celda, éste se determinará utilizando la herramienta Promedio de vecinos más cercanos, que será aproximadamente de 430 metros. Puede dejar indicarla o dejar que el software calcule ciertas configuraciones, si no está familiarizado con los datos.

- En el panel Contenido/ Content, desactive la capa Graffiti.



Puede ver que hay puntos calientes y fríos estadísticamente significativos. Es posible que desee examinar los puntos conflictivos para determinar las causas de más grafiti en esas áreas y luego establecer un plan de remediación.

- Zoom a la zona activa en el medio del mapa.

El punto caliente de los incidentes de grafiti se encuentra en el bajo Manhattan. Algunas celdas hexagonales, etiquetadas como No significativo en el panel de contenido, están al norte. Es posible que cuente con un razonamiento obvio para los patrones de los datos, pero las estadísticas pueden cuantificar dicho patrón y validar su hipótesis.

- En el panel Contenido/ Content, active la capa Graffiti.
- Acerque el área como se ve en el siguiente gráfico.



Las áreas no significativas a menudo no tienen puntos de grafiti en ellas. Por ejemplo, el área grande en el centro no tiene puntos.

Utilizará la capa de mapa base para obtener una mejor comprensión de por qué algunas ubicaciones no tienen puntos de grafiti.

- En el panel Contenido/ Content, desactive la capa OptimizedHS.



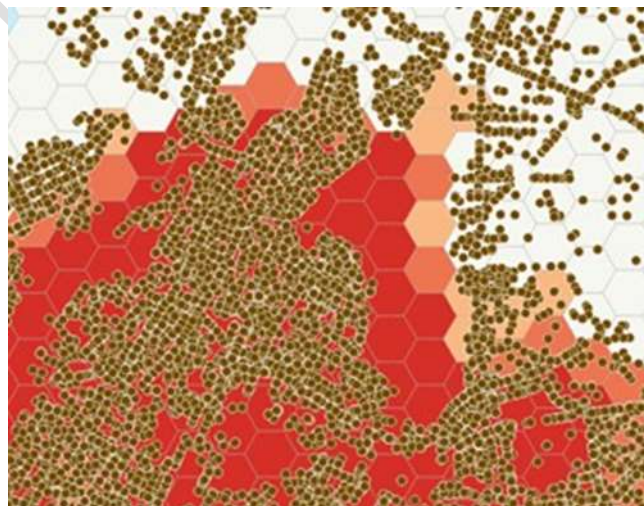
No se reportaron incidentes de grafiti en Central Park, posiblemente debido a más seguridad y/o la falta de estructuras u objetos para pintar o dibujar.

- Guarde el proyecto.

### Paso 3: Realizar un análisis optimizado de valores atípicos

A continuación, usará una estadística local para determinar dónde hay puntos fríos dentro de los puntos calientes, y viceversa

- En el panel Contenido/ Content, active la capa OptimizedHS.
- Con la herramienta Explorar/ Explore, amplía hasta el punto caliente más grande que se encuentra más al norte.

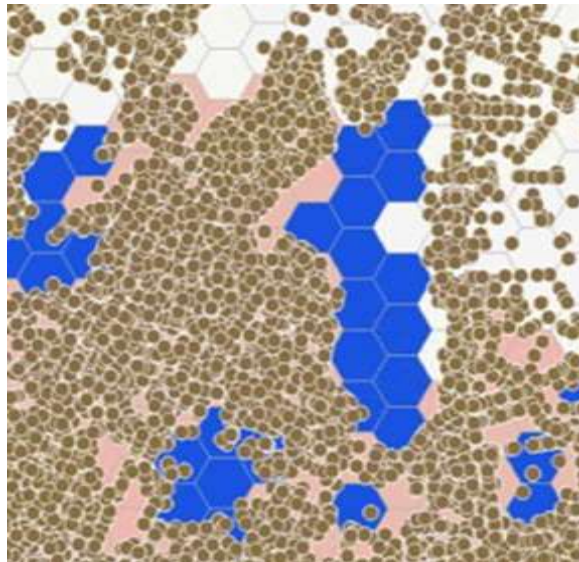


- Configurar Deslizar/ Swipe en la capa OptimizedHS:
  - En el panel de contenido, seleccione OptimizedHS.
  - Haz clic en la pestaña Apariencia/ Appearance.
  - Haz clic en Deslizar/ Swipe.
  - Haga clic en el mapa y arrastre la capa optimizada para ver el mapa base.



El zoológico del Bronx se encuentra en un lugar donde hay pocos o ningún grafiti, pero se encuentra dentro de un punto caliente. La razón por la que hay celdas de puntos calientes, aún no habiendo grafitis, es porque las celdas son rojas por acción de sus vecinos. Utilizará una herramienta atípica local para explorar más esta área.

- Busque y ejecute la herramienta Análisis optimizado de valores atípicos/ Optimized Outlier Analysis con los siguientes parámetros:
  - Entidades de entrada/ Input Features: Graffiti
  - Entidades de salida/ Output Features: Graffiti\_OptimizedOutlier
  - Método de agregación de incidentes / Incident Data Aggregation Method: Conteo de incidentes en una malla de hexágonos / Count Incidents Within Hexagon Grid
  - Bounding Polygons Defining Where Incidents Are Possible: Boundary
  - Expanda Anular configuración/ Override Settings.
  - Para el tamaño de celda, escriba 500 y luego elija Metros de la lista.
- En el panel Contenido/ Content, desactive la capa OptimizedHS.



La herramienta Análisis optimizado de valores atípicos/ Optimized Outlier valida sus hallazgos de que el área del zoológico contiene valores atípicamente bajos de incidentes de graffiti.

Las celdas azules indican una baja cantidad de incidentes de graffiti, rodeados principalmente por áreas con un gran número de incidentes.

Las herramientas de estadísticas espaciales son potentes y pueden ser complejas, pero a menudo responden preguntas simples y validan hipótesis que ya barajaba. Sin embargo, cuantificar un patrón espacial es mucho más potente y fiable que simplemente interpretar un mapa simbolizándolo de cierta manera.

- Explore otros valores bajos dentro de los puntos calientes y vea si hay alguna pista en el mapa base sobre por qué están ocurriendo.
- Guarde el proyecto y deje ArcGIS Pro abierto.

## 17. Análisis espacio-temporal

La incorporación de tiempo en el análisis espacial le permite centrarse en cómo los patrones espaciales de los datos pueden variar o cambiar con el tiempo. Al analizar los datos a lo largo del tiempo, puede detectar tendencias o patrones que de otro modo no detectaría si hubiera analizado los datos durante todo el período de tiempo. Comprender cómo han cambiado los patrones a lo largo del tiempo puede ayudarle a determinar cómo podrían cambiar en el futuro y a prepararse mejor para estos cambios. ArcGIS Pro tiene herramientas para analizar datos en el espacio y el tiempo.

Ha realizado muchos análisis en el curso y cada uno respondió a una pregunta específica: ¿Dónde está algo? Hasta ahora Usted ha respondido a preguntas como estas:

- ¿Dónde están los clientes dentro de los tiempos de conducción de 15 minutos de cada tienda?
- ¿Dónde se superponen arroyos y cuencas hidrográficas?
- ¿Dónde están los lugares más adecuados para los hábitats de los osos?
- ¿Dónde hay grupos naturales de solicitantes universitarios?
- ¿Dónde están las mejores ubicaciones para una feria de carreras?
- ¿Dónde debe dirigir un minorista al aire libre su comercialización?
- ¿Dónde hay puntos calientes de concentraciones de ozono e incidentes de graffiti?

Los SIG se utilizan a menudo para encontrar dónde se encuentran las cosas, pero puede agregar otro factor a su análisis que puede proporcionarle más información sobre los datos y sus patrones: el tiempo.

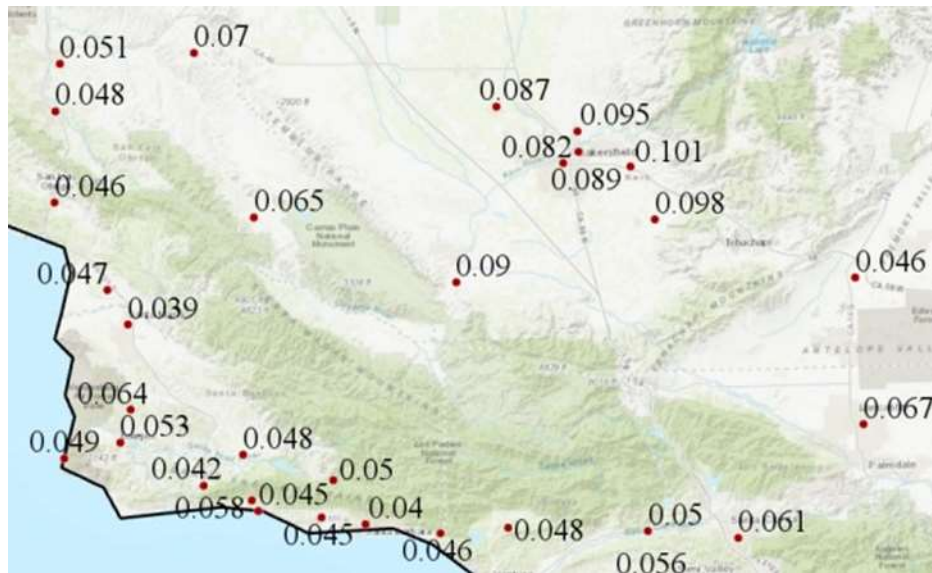
¿Cómo puede la incorporación de tiempo en sus datos mejorar los resultados de su análisis?

### Análisis temporal

La proximidad, la superposición y el análisis estadístico le ayudan a determinar las preguntas de "dónde" sobre los datos y a observar las variaciones espaciales de los datos. El análisis basado en el tiempo, o análisis temporal, agrega otra dimensión a sus análisis y puede ayudar a responder las preguntas de "cuándo" sobre sus datos. En SIG, el análisis temporal se refiere a un análisis que implica un atributo de tiempo. El análisis temporal es útil para estudiar la variación, o los cambios, en los datos a lo largo del tiempo en la misma ubicación.

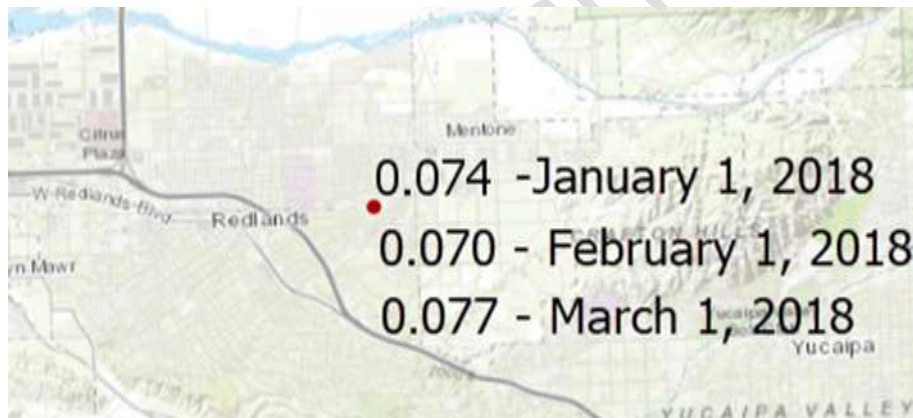
### Variaciones espaciales versus variaciones temporales

En el siguiente ejemplo, los investigadores están recolectando lecturas de ozono en estaciones de monitoreo en todo California. Para obtener una comprensión de la variabilidad espacial de las mediciones de ozono en todo el paisaje, capturaría muchas muestras en todo el estado y compararía los resultados.



*Variación espacial de las lecturas de ozono en las estaciones de monitoreo.*

Para obtener una comprensión de la variabilidad temporal de las mediciones de ozono, usted capturaría las lecturas de ozono en la misma ubicación y mediría la varianza en las muestras a lo largo del tiempo.



*Varianza temporal de una estación de monitoreo.*

Entre las ventajas de agregar un componente temporal al análisis se incluyen las siguientes:

- Revelar patrones que pueden no detectarse al visualizar datos durante el período de tiempo completo.
- Determine si un evento se produce con más frecuencia durante determinadas horas del día, la semana, el mes, la hora o el minuto.
- Centrar los esfuerzos en sucesos más recientes.

## Ejercicio 8.1: Explorar los datos

El análisis exploratorio de datos es una forma útil de comenzar el análisis. Puede ver datos en un mapa, ver atributos o crear gráficos para descubrir nueva información sobre los datos que le ayudará en el análisis. Examinará los datos históricos de tornados de Texas, examinará los datos de graffiti de Nueva York y realizará un análisis exploratorio utilizando el tiempo.

En este ejercicio, realizará la siguiente tarea:

- Realizar análisis exploratorios de datos utilizando un gráfico.

### Paso 1 Usar un gráfico para explorar los datos

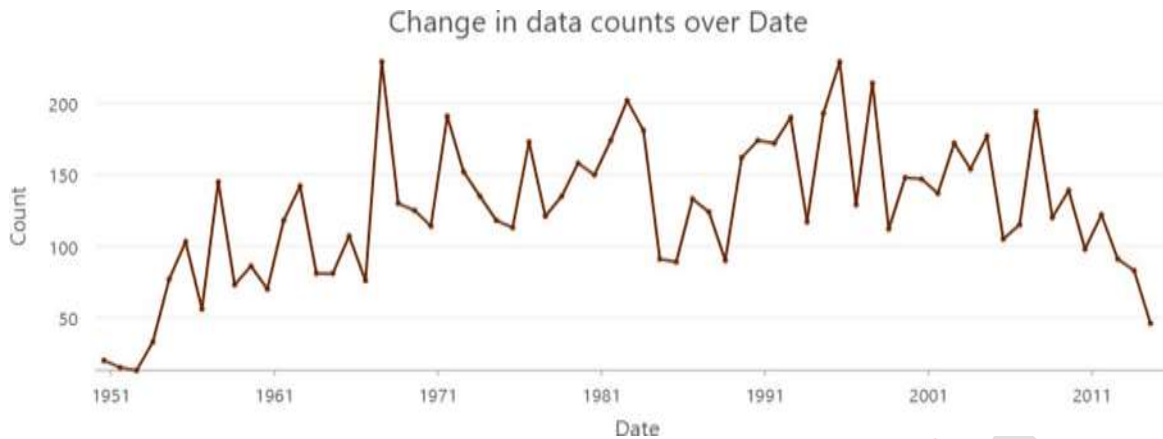
Los gráficos son potentes herramientas de visualización y exploración para ayudarle a obtener más información sobre sus datos. Utilizará un gráfico de líneas para explorar los datos de tornados en Texas.

- Si es necesario, restaure ArcGIS Pro y el proyecto SNAPCourse.
- En la pestaña Insertar, elija Importar mapa.
- Vaya a C:\EsriTraining\SNAP\SpaceTime y abra el archivo de mapa Texas.mapx.
- En el panel Contenido, abra la tabla de atributos de la capa Tornado Start Points y explore los atributos.

#### 1. ¿Cuál de los atributos puede utilizar para analizar el aspecto temporal de los puntos de tornado?

---

- Cierre la tabla.
- En el panel Contenido, seleccione la capa Tornado Start Points y, a continuación, haga clic en la pestaña Datos.
- En el grupo Visualizar, haga clic en Crear gráfico y elija Gráfico de líneas.
- En el panel Propiedades del gráfico, en Fecha o número, haga clic en la flecha abajo y elija Fecha.
  - Si el panel Propiedades del gráfico está vacío, en la ventana Gráfico, haga clic en Propiedades

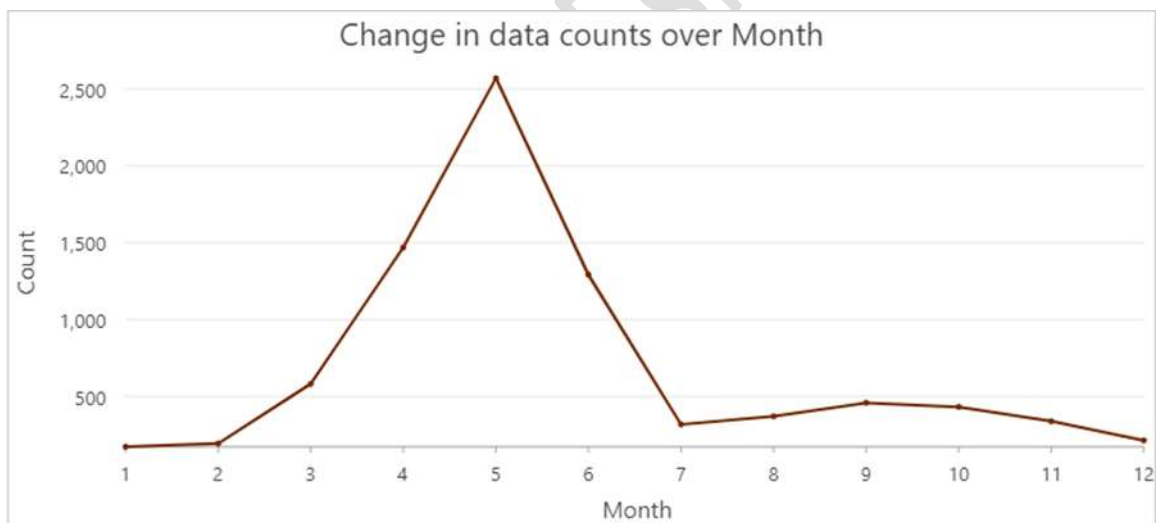


De forma predeterminada, el intervalo de agrupación de tiempo es de 12 meses y se refleja en el gráfico.

## 2. ¿Qué patrones puede determinar sobre los tornados en Texas?

Actualizará el análisis exploratorio utilizando gráficos y el atributo de tiempo.

- En el panel Propiedades del gráfico, cambie Fecha o número a Mes

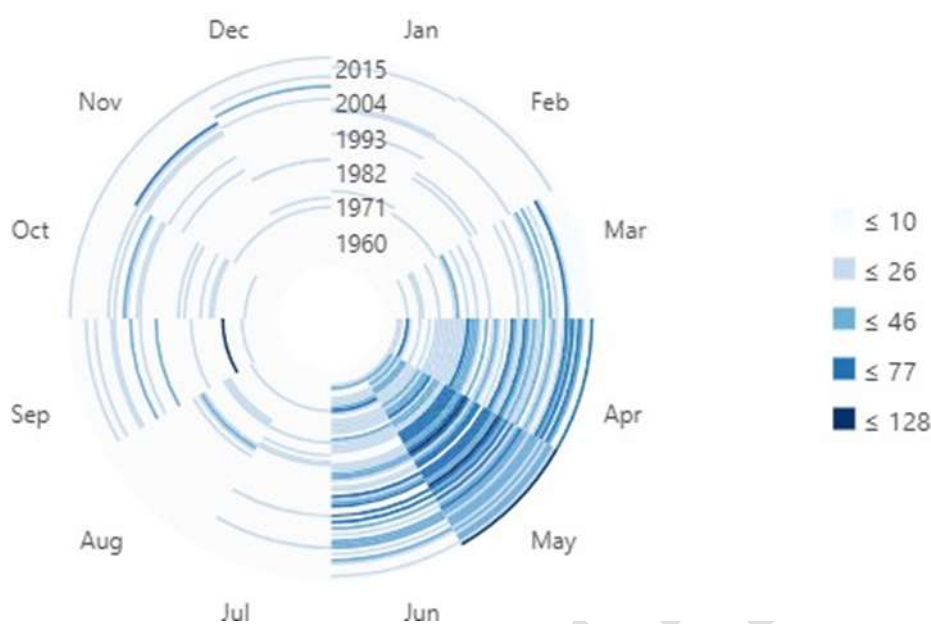


Al ver el gráfico con un intervalo de tiempo diferente, puede ver un patrón diferente. Los datos muestran que la mayoría de los tornados están ocurriendo en la primavera, entre los meses 4 y 6 (de abril a junio).

Crearé un tipo de gráfico diferente para visualizar los datos de forma diferente.

- En la pestaña Datos, haga clic en Crear gráfico y, a continuación, haga clic en Reloj de datos.
- En el panel Propiedades del gráfico, en Fecha, seleccione Fecha.

## Counts of Date by Months over Years



El reloj de datos muestra mejor el patrón de los tornados que ocurren en la primavera.

- Cierre los gráficos, el panel Propiedades del gráfico y el mapa de Texas.

### Paso 2 Explora los datos usando gráficos

Verá su mapa de puntos calientes del ejercicio de estadísticas anterior y, a continuación, realizará más análisis exploratorios utilizando gráficos y un atributo de tiempo.

- En el panel Catálogo, expanda Mapas y abra el mapa de Nueva York, si es necesario.

Si no ha finalizado el ejercicio de estadísticas anterior, vaya a C:\EsriTraining\SNAP\Results\Exercise08 e importe el archivo de mapa de resultados Exercise08NewYork.mapx para comenzar este ejercicio.

- Si es necesario, haga zoom a la extensión de la capa Graffiti.
- En el panel Contenido, haga de Graffiti y el mapa base las únicas capas visibles.

Incorporará tiempo en el análisis para determinar si hay más en la historia con respecto a los incidentes de Graffiti. Son 120.878 puntos que abarcan ocho años. Usted está más preocupado por los incidentes que ocurrieron en los últimos meses a un año que los que ocurrieron hace ocho años. Las herramientas de análisis de espacio-tiempo pueden localizar puntos calientes temporales en los que puede centrarse.

- En la pestaña Mapa, haga clic en la herramienta Explorar.

- En el panel Contenido, seleccione la capa Graffiti.
- En el mapa, haga clic en un punto de Graffiti.

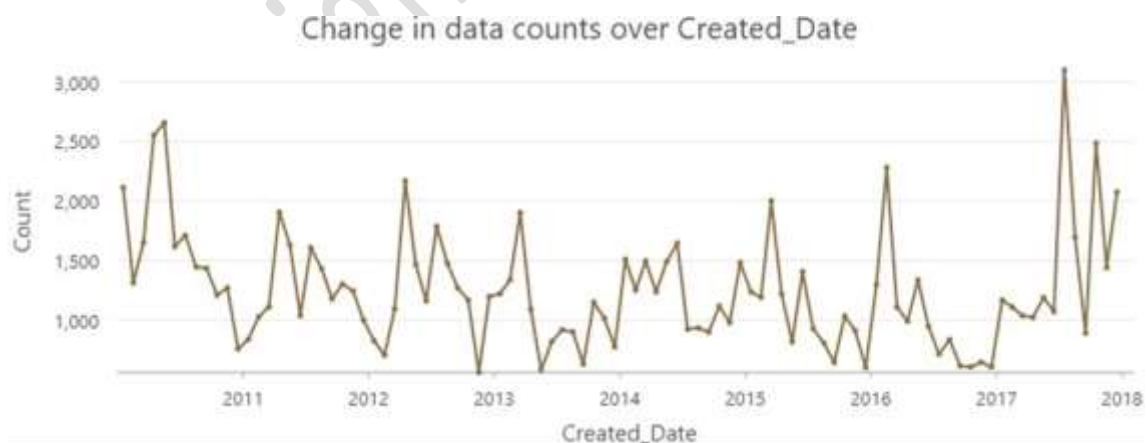
OBJECTID	4487
Unique_Key	24937876
Created_Date	2/5/2013 11:56:09 AM
Agency	DSNY

La ventana emergente diferirá del gráfico si ha hecho clic en un punto diferente.

- Observe el campo Created\_Date.

Cada punto tiene una fecha y hora asociadas que utilizará para investigar más a fondo los patrones espaciales en los incidentes de graffiti. El análisis exploratorio de datos siempre se recomienda antes del análisis estadístico, ya que muchos métodos estadísticos requieren una comprensión de la distribución de datos, la presencia de valores atípicos, la autocorrelación espacial y otros factores. Mostrará la tendencia temporal en los incidentes de graffiti utilizando un gráfico de líneas.

- Cierre la ventana emergente.
- Con la capa Graffiti aún seleccionada, haga clic en la pestaña Datos.
- En el grupo Visualizar, haga clic en Crear gráfico y elija Gráfico de líneas.
- Si es necesario, en la ventana Gráfico, haga clic en Propiedades.
- En el panel Propiedades del gráfico, en Fecha o número, elija Created\_Date.
- Si es necesario, cambie el Tamaño del intervalo a 1 mes.



El gráfico muestra los ocho años de datos utilizando un tamaño de intervalo de un mes. Se puede ver que hay caídas naturales y picos en los incidentes. Un patrón notable es que en la primavera de cada año, hay un gran aumento en los incidentes. Usted no está tratando de determinar por qué se produce el graffiti. Más bien, usted está tratando de tener una idea de los patrones temporales. El tamaño del intervalo utilizado en el gráfico depende de los datos que tenga. Por ejemplo, podría mostrar datos que abarcan 50 años en intervalos de cinco años. Si los datos son de un día,

puede mostrarlo en incrementos de varias horas. Para los incidentes de graffiti, cambiará el intervalo a tres meses, en función de las estaciones.

- En el panel Propiedades del gráfico, cambie el Tamaño del intervalo a 3 meses.



Al ver el gráfico utilizando un intervalo de tiempo de tres meses basado en la duración de la temporada, todavía puede ver un patrón temporal que indica picos de graffiti a veces y caídas a veces. La variación temporal en los incidentes de graffiti puede ser causada por cambios estacionales; el clima de primavera y verano puede ser un horario más común para crear graffiti. El gráfico muestra que hay variación temporal en los incidentes de graffiti. Pero al incorporar el tiempo utilizando las herramientas de minería de patrones de espacio-tiempo, puede aprender mucho más.

- Cierre el gráfico y el panel Propiedades del gráfico y deje ArcGIS Pro abierto para el siguiente ejercicio.

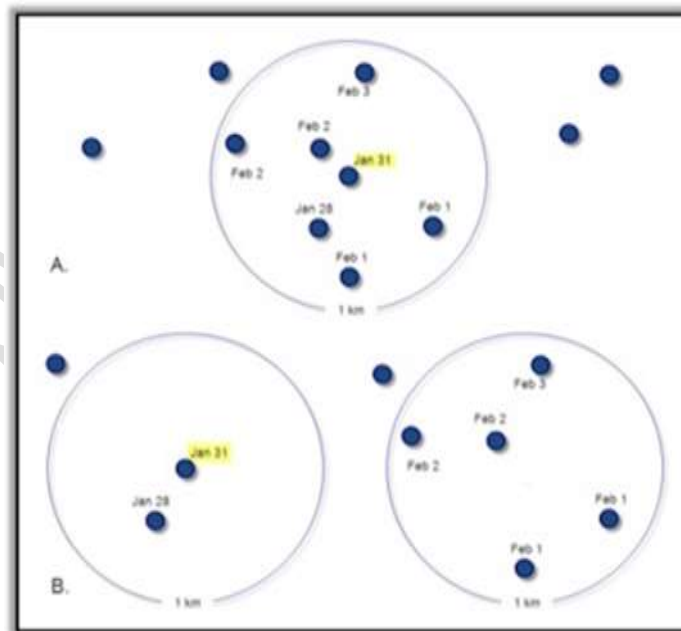
## 18. Análisis espacio-temporal

Todo sucede dentro del contexto del espacio (ubicación) y el tiempo. Los SIG pueden analizar bien los patrones espaciales, pero los patrones espaciales pueden cambiar con el tiempo. Si está analizando sus datos solo en el espacio, es posible que solo obtenga la mitad de la historia. Puede crear y analizar instantáneas de tiempo y realizar verdaderos análisis de espacio-tiempo.

### Instantáneas de tiempo (Time snapshots)

Los datos temporales a menudo se analizan como una instantánea de tiempo o agrupaciones arbitrarias basadas en el tiempo. Por ejemplo, puede tener datos que abarcan un año y dividirlos en 12 capas, cada una de las cuales representa un mes, o puede agregar un atributo (Month) a la tabla y categorizar por mes. Si bien dividir capas por instantáneas de tiempo le permite visualizar tendencias temporales a lo largo del año, es posible que esté dividiendo arbitrariamente datos que están realmente relacionados en el espacio y el tiempo, y posiblemente falten patrones y tendencias importantes.

En la siguiente imagen, los datos se dividen en instantáneas de enero y febrero, pero observe las fechas asociadas a cada punto. Cada incidente ocurrió dentro de unos pocos días entre sí, pero al separarlos arbitrariamente en contenedores de meses separados, puede perder un patrón potencial.

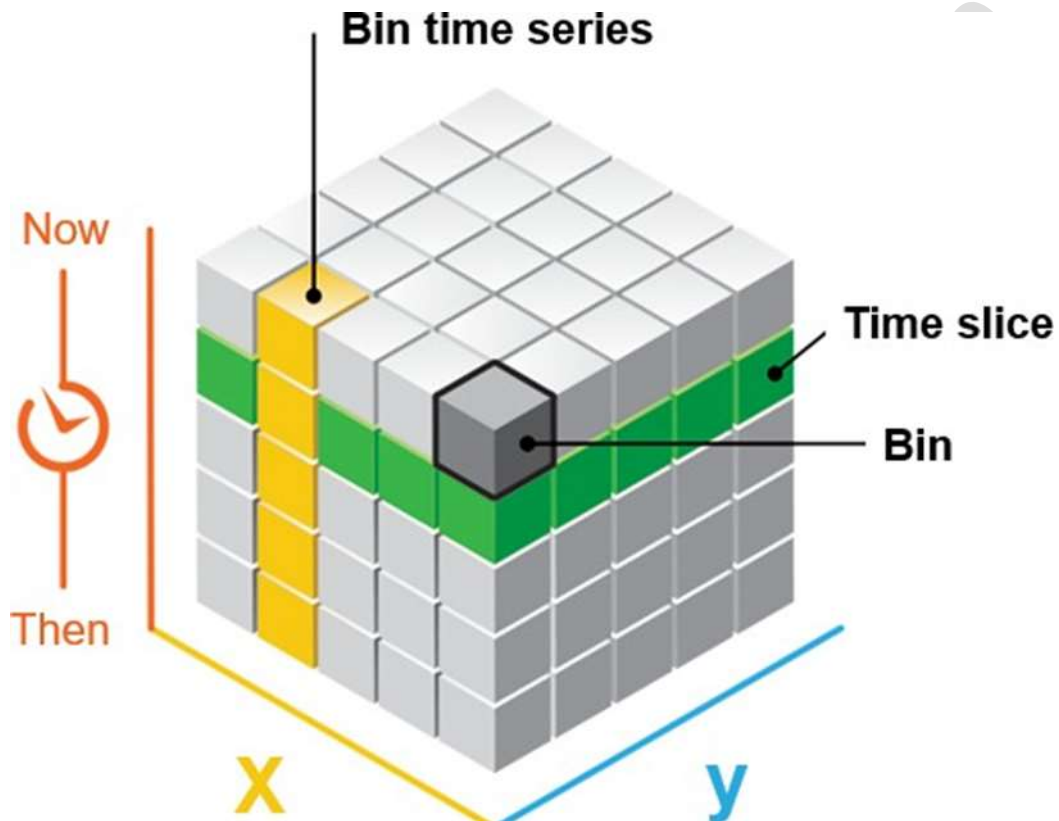


*Las instantáneas de tiempo pueden unir datos relacionados*

### Patrones espacio-temporales

En el gráfico anterior, seis entidades se encuentran dentro de una ventana de espacio-tiempo de 1 kilómetro y siete días de la entidad etiquetada como 31 de enero. Sin embargo, solo se incluirá una entidad como vecina temporal si los datos se analizan mediante instantáneas mensuales. La separación de dos o tres días entre fechas puede no significar tanto como la proximidad de los incidentes.

El verdadero análisis del espacio-tiempo considera cada incidente en relación con incidentes cercanos a él tanto en el espacio como en el tiempo, y es menos dependiente de categorías arbitrarias, como meses o días. En el gráfico siguiente, el intervalo de tiempo, también denominado intervalo de período de tiempo, es similar a una instantánea de tiempo.



*Cada punto se pone en una serie de tiempo de bin, con la parte inferior siendo más antigua y la parte superior siendo eventos más recientes*

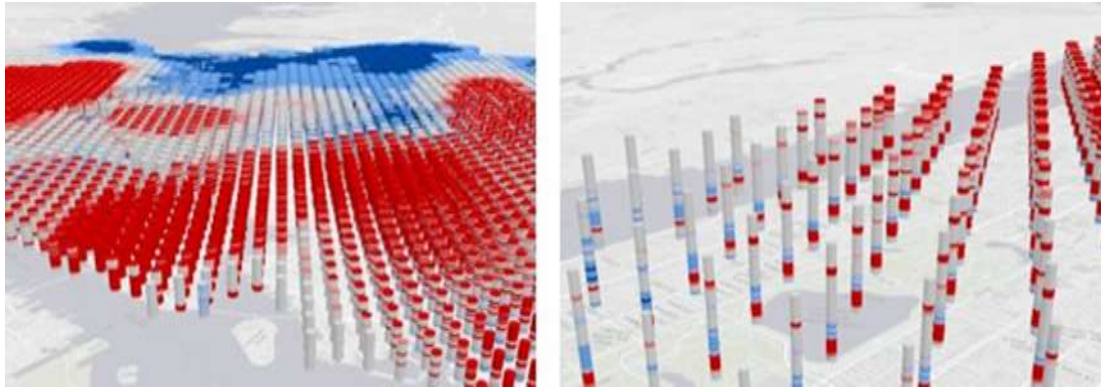
## Crear un cubo de espacio-tiempo

La creación de un cubo de espacio-tiempo le permite visualizar y analizar sus datos espaciotemporales en forma de análisis de series temporales, análisis de patrones espaciales y temporales integrados y potentes técnicas de visualización 2D y 3D.

Hay tres herramientas para crear un cubo de espacio-tiempo:

- Crear cubo de espacio-tiempo agregando puntos
- Crear cubo de espacio-tiempo a partir de ubicaciones definidas
- Crear cubo de espacio-tiempo a partir de una capa ráster multidimensional

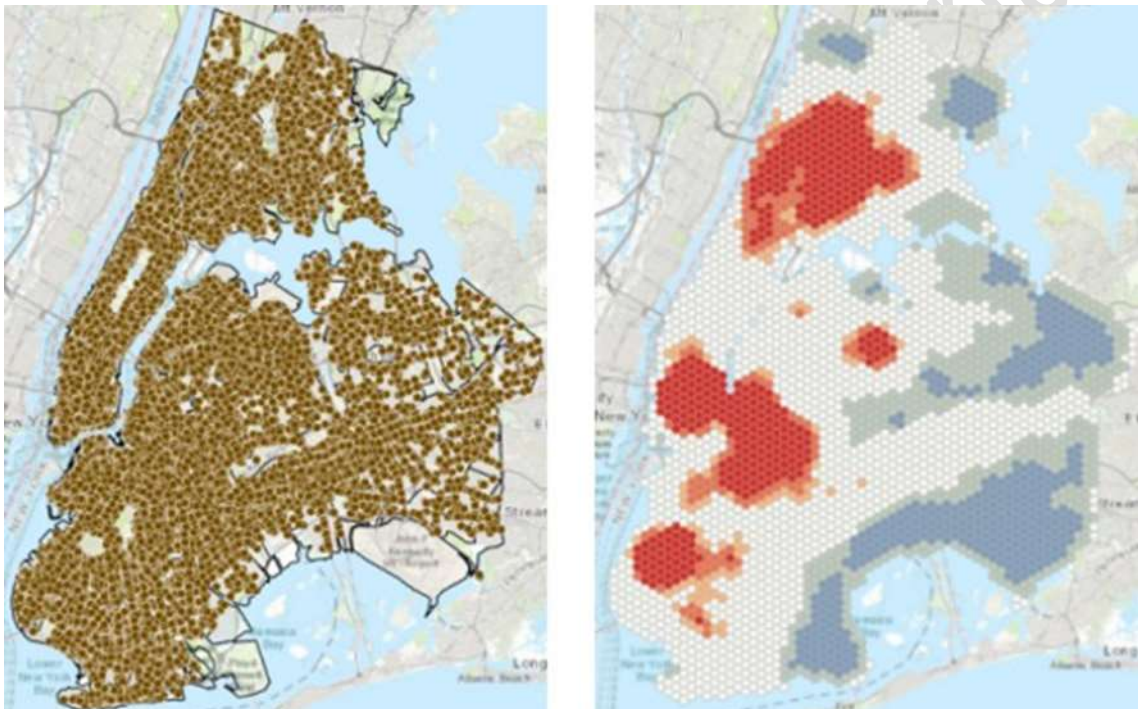
Estas herramientas toman incidentes con marca de tiempo y los estructuran en un archivo netCDF (formulario de datos comunes de red), con una extensión de archivo .nc. NetCDF es un formato de archivo para almacenar datos científicos multidimensionales, como la temperatura o la humedad. Los incidentes o eventos se agregan en bins de extensiones espaciales y temporales definidas por el usuario. Cada bin almacena un recuento de incidentes, así como cualquier atributo de resumen asociado con esos recuentos. Puede crear bins de espacio-tiempo utilizando puntos de incidente, ubicaciones definidas o una capa ráster multidimensional con la dimensión de tiempo agregada.



*La imagen de la izquierda muestra un cubo de espacio-tiempo en 3D a una escala pequeña y alejado.  
La imagen de la derecha muestra el mismo cubo a una escala grande y ampliada*

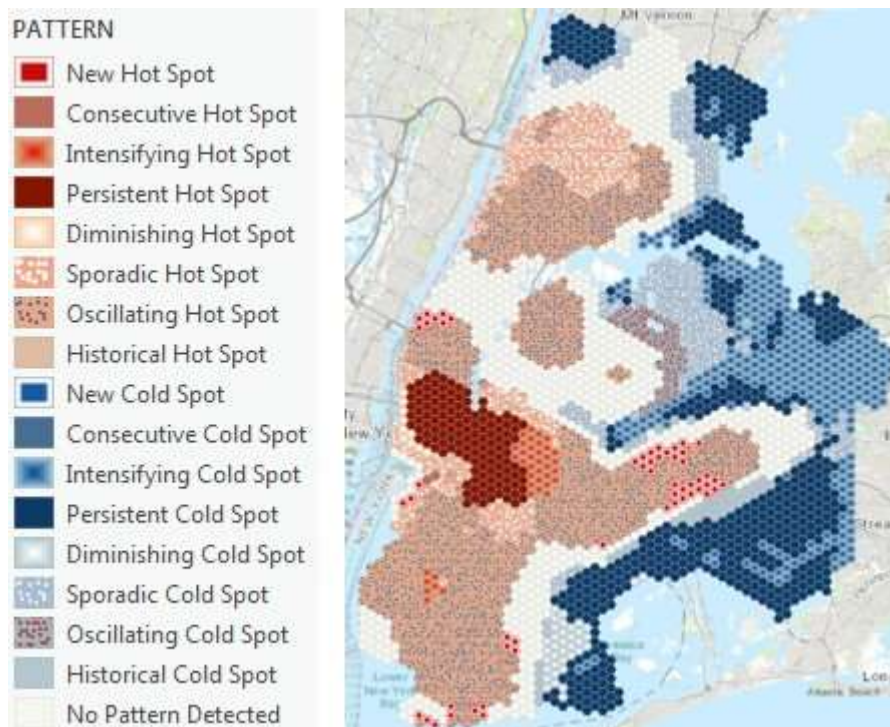
## 19. Análisis de puntos calientes emergentes

Anteriormente, examinó un conjunto de datos que contiene más de 120.000 ubicaciones de incidentes de graffiti. Debido al gran número de puntos, era difícil identificar visualmente cualquier patrón espacial. Ejecutó la herramienta Análisis de puntos calientes optimizado y su resultado mostró puntos calientes y fríos estadísticamente significativos. A partir del mapa optimizado y los resultados estadísticos, puede identificar clústeres. Sabe dónde están los puntos calientes y fríos, pero desea agregar tiempo al análisis para ver cómo han cambiado los patrones de graffiti para ayudar a reducir sus áreas de interés. No se pueden poner recursos en todas partes, por lo que, al reducir el enfoque a los puntos calientes actuales, puede ser más eficiente en la prevención o mitigación.



*Los puntos calientes creados a partir de miles de puntos indican grupos donde hay un número estadísticamente significativamente mayor de incidentes de graffiti que ocurren que el resto del área de estudio. Pero, ¿cuenta este mapa toda la historia?*

Puede usar una herramienta llamada Crear cubo de espacio-tiempo agregando puntos para crear un archivo netCDF (formulario de datos comunes de red, un formato de archivo para almacenar datos científicos multidimensionales) que contiene el cubo de espacio-tiempo. Luego, puede agregar el cubo de espacio-tiempo a la herramienta Análisis de puntos calientes emergentes para obtener el resultado en el siguiente gráfico. El siguiente resultado utiliza un cubo de espacio-tiempo basado en ocho años de datos divididos en intervalos de tiempo de tres meses para reflejar las estaciones, ya que puede haber variaciones estacionales en las ocurrencias de graffiti. La leyenda de la capa proporciona descripciones útiles de la simbología en el mapa. Por ejemplo, un nuevo punto de acceso puede ser un área de interés ya que nunca fue un punto de acceso antes del intervalo de tiempo más reciente.



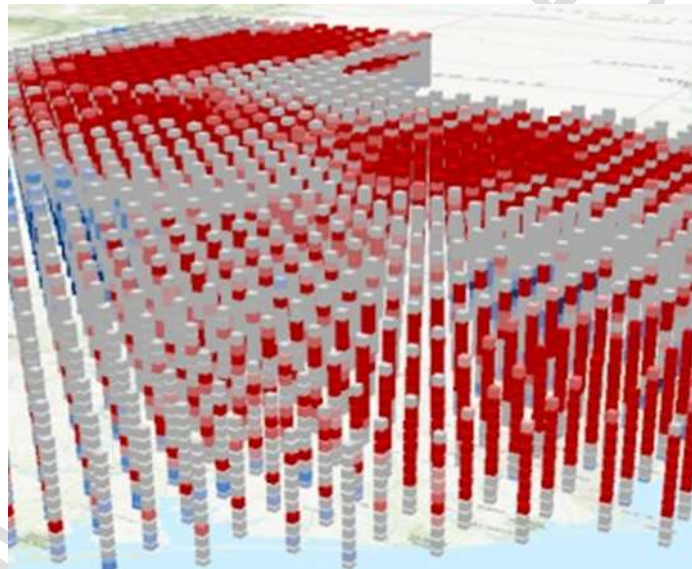
Los resultados del análisis de puntos calientes emergentes le muestran diferentes grados de puntos calientes y fríos en función de un intervalo de tiempo.

## 20. Flujo de trabajo de análisis de puntos calientes emergentes

Para realizar un verdadero análisis de espacio-tiempo, realice las siguientes operaciones:

- Ejecute la herramienta Crear cubo de espacio-tiempo agregando puntos para crear un dataset netCDF.
- Ejecute la herramienta Análisis de puntos calientes emergentes.
- Ejecute la herramienta Visualizar cubo de espacio-tiempo en 3D.

Puede ejecutar la herramienta Visualizar cubo de espacio-tiempo en 3D en cualquier orden con la herramienta Análisis de puntos calientes emergentes, pero debe crear el cubo de espacio-tiempo antes de cualquiera de ellos. El archivo netCDF del cubo de espacio-tiempo se utiliza como entrada tanto en la herramienta Análisis de puntos calientes emergentes como en la herramienta Visualizar cubo de espacio-tiempo en 3D.



*Visualización del cubo de espacio-tiempo en 3D*

### **¿Por qué visualizar el cubo de espacio-tiempo en 3D?**

- Comprender mejor la estructura del cubo de espacio-tiempo y cómo funciona el proceso de agregación en el cubo.
- Ofrezca información sobre los resultados del análisis de puntos calientes emergentes y el análisis de valores atípicos locales, proporcionando evidencia que puede ayudarle a comprender las categorías de resultados en sí.
- Además, la visualización de campos y variables de resumen puede ayudarle a comprender la confianza que puede tener en los análisis posteriores al mostrar el patrón espacial de los bins vacíos que se tenían que estimar.

## Ejercicio 8.2: Explorar patrones espaciotemporales

Anteriormente, utilizó la herramienta Análisis de puntos calientes optimizado/ Optimized Hot Spot Analysis para evaluar más de 120.000 grafitis y mostrar dónde existen puntos calientes, puntos fríos y áreas sin agrupaciones estadísticamente significativas de estos incidentes. Sin embargo, los datos con los que trabajó abarcan un período de ocho años y le gustaría profundizar en el análisis al incorporar una tercera dimensión: el tiempo.

El mapa optimizado de puntos calientes le muestra dónde hay puntos calientes y puntos fríos de incidentes de grafitis durante ocho años de datos acumulativos, sin considerar cuán consistentes han sido o si han cambiado su ubicación a lo largo del tiempo. Al factorizar el tiempo, puede reducir las áreas de interés y centrarse en algunos puntos problemáticos para ayudar a reducir y optimizar los recursos destinados a la prevención. En este ejercicio, utilizará herramientas específicas para el análisis de patrones espacio temporales, disponibles en ArcGIS Pro.

En este ejercicio, realizará las siguientes tareas:

- Explorar datos temporales utilizando gráficos.
- Crea un cubo de espacio-tiempo.
- Realizar un análisis de punto caliente.
- Ver el cubo espacio-tiempo en 3D.

### Paso 1: Crear un cubo de espacio-tiempo

A continuación, utilizará herramientas específicas para patrones espacio temporales. Un cubo de espacio-tiempo resume puntos en un conjunto de datos netCDF. Para ello se utilizará la herramienta Crear cubo de espacio-tiempo agregando puntos/ Create Space Time Cube By Aggregating Points.

- En la pestaña Análisis Analysis, haga clic en Herramientas/ Tools.
- Haga clic en la pestaña Herramientas/ Toolboxes.
- Expanda Minería de patrones en espacio-tiempo/ Space Time Pattern Mining Tools.
- Ejecute la herramienta Crear cubo de espacio-tiempo agregando puntos / Create Space Time Cube By Aggregating Points con los siguientes parámetros:
  - Entidades de entrada / Input Features: Graffiti
  - Cubo de espacio-tiempo salida/ Output Space Time Cube: Cube\_3Month.

La salida tiene una extensión .nc extension para representar netCDF

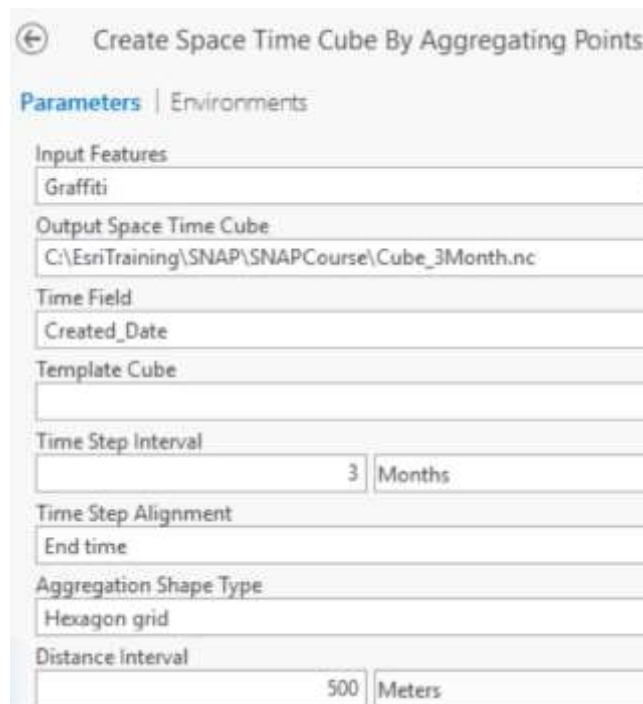
- Campo de tiempo/ Time Field: Created\_Date
- Intervalo de período de tiempo/ Time Step Interval: 3 meses

El parámetro Intervalo de período de tiempo/ Time Step Interval no es una instantánea de tiempo. Al establecer el intervalo de tiempo en 3 meses, podrá comparar período de tiempo con el anterior.

- Tipo de forma de agregación/ Aggregation Shape Type: Cuadrícula hexagonal/ Hexagon Grid
- Intervalo de distancia/ Distance Interval: 500 Meters.

Utilizó 500 metros cuando ejecutó la herramienta de Análisis de puntos calientes optimizado / Optimized Hot Spot Analysis, por lo que usará el mismo valor aquí.

- Acepte el resto de los parámetros por defecto y ejecute la herramienta



The screenshot shows the 'Create Space Time Cube By Aggregating Points' tool interface. The 'Parameters' tab is selected, and the following settings are visible:

- Input Features: Graffiti
- Output Space Time Cube: C:\EsriTraining\SNAP\SNAPCourse\Cube\_3Month.nc
- Time Field: Created\_Date
- Template Cube: (empty)
- Time Step Interval: 3 Months
- Time Step Alignment: End time
- Aggregation Shape Type: Hexagon grid
- Distance Interval: 500 Meters

- En el panel Geoprocesamiento/ Geoprocessing, expanda los mensajes para la herramienta.

No se crea ningún resultado visual, pero usted analizará el archivo netCDF que creó con la herramienta Análisis de puntos calientes emergentes/ Emerging Hot Spot Analysis.

## Paso 2: Ejecutar la herramienta Análisis de puntos emergentes

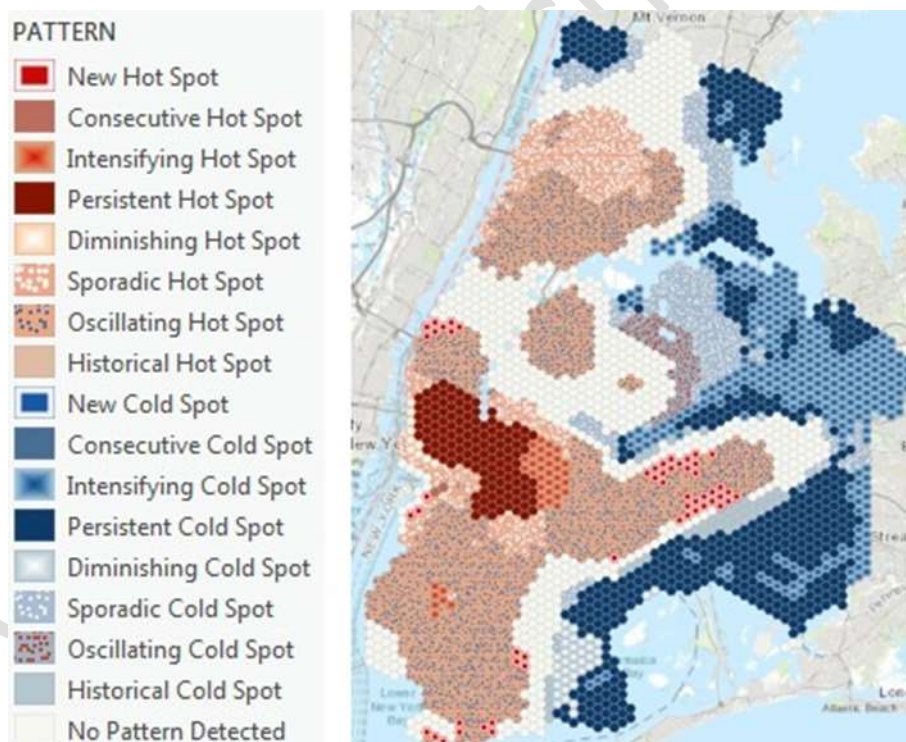
Hasta el momento hemos observado que del análisis de miles de puntos hemos obtenido un mapa de puntos caliente, valores atípicos y densidades, basados principalmente en su localización. En este paso analizaremos como la utilización del tiempo puede ayudar a identificar nuevos puntos calientes o fríos.

A continuación, ejecutará la herramienta Análisis de puntos calientes emergentes/ Emerging Hot Spot Analysis, para identificar tendencias con el cubo espacio-tiempo.

- En el panel Geoprocesamiento/ Geoprocessing, haga clic en la flecha hacia atrás.
- En la caja de herramientas Minería de patrones en espacio-tiempo/ Space Time Pattern Mining Tools, abra la herramienta Análisis de puntos calientes emergentes/ Emerging Hot Spot Analysis.
- Ejecute la herramienta Análisis de puntos calientes emergentes/ Emerging Hot Spot Analysis con los siguientes parámetros:
  - Cubo de espacio-tiempo de entrada/ Input Space Time Cube: vaya a C:\Student\SNAP\SNAPCourse y seleccione Cube\_3Month.nc.
  - Variable de análisis/ Analysis Variable: COUNT

No existe un campo para el análisis, por lo que utilizará el recuento de entidades

- Entidades de salida/ Output Features: EmergingHS
- Conceptualización de relaciones espaciales/ Conceptualization Of Spatial Relationships: Distancia fija.
- Máscara de análisis de polígono/ Polygon Analysis Mask: Limite / Boundary
- Acepte los valores predeterminados restantes.



- En el panel Contenido/ Content, haga que EmergingHS y el mapa base sean las únicas capas visibles.

El resultado de ejecutar la herramienta Análisis de puntos calientes emergentes/ Emerging Hot Spot Analysis proporciona información valiosa subyacente. La simbología resultante permite identificar sobre el mapa cada una de las áreas objeto de estudio. Por ejemplo, cualquier punto caliente persistente, que se ha intensificado

puede ser de interés, mientras que los puntos calientes esporádicos pueden no ser una preocupación. Los resultados obtenidos muestran un mayor detalle que los obtenidos con la herramienta Análisis de puntos calientes optimizado / Optimized Hot Spot Analysis

- Abra la Ayuda de ArcGIS Pro.
- Realice una búsqueda Emerging Hot Spot.
- Abra el resultado de How Emerging Hot Spot Analysis Works

La tabla proporciona descripciones para todas las categorías existentes en el resultado obtenido. Este tipo de herramientas de minería de patrones de espacio-tiempo permiten revelar patrones y tendencias, a priori no visibles, teniendo en cuenta la variable tiempo.

- Lea brevemente las descripciones existentes para Intensifying Hot Spot y Persistent Hot Spot.
- Minimice la ayuda de ArcGIS Pro.

Para el análisis realizado se han utilizado más de 120.000 puntos con datos registrados durante ocho años. Durante este paso, se ha acotado el análisis obteniendo áreas más pequeñas que son objeto de nuestro estudio.

A continuación, visualizará los resultados de su análisis de espacio-tiempo en 3D.

- Guarde el proyecto.

### Paso 3: Visualiza un cubo de espacio-tiempo en 3D

ArcGIS Pro permite trabajar con vistas 2D y 3D dentro del mismo proyecto, por lo que puede convertir fácilmente un mapa creado en una escena para posteriormente visualizar el cubo espacio-tiempo.

- En la pestaña Vista/ View, haga clic en Convertir/ Convert.
- Si es necesario, desde la pestaña Vista/ View, haga clic en Local para hacer que la escena sea Local.
- En el panel de geoprociamiento, haga clic en la flecha hacia atrás y luego en la pestaña Herramientas/ Tools.
- Expanda Minería de patrones en espacio-tiempo/ Space Time Pattern Mining Tools y luego expanda Utilidades/ Utilities.
- Ejecute la herramienta Visualizar Cubo de espacio-tiempo 3D/ Visualize Space Time Cube In 3D usando los siguientes parámetros:
  - Cubo espacio de tiempo de entrada / Input Space Time Cube **Cube\_3Month.nc**.
  - Variable de cubo/ Cube Variable: COUNT

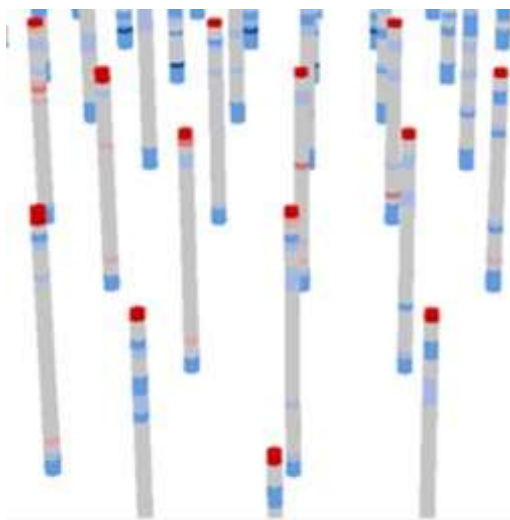
- Tema de visualización/ Display Theme: Resultados de puntos calientes y fríos/ Hot And Cold Spot Results.

El parámetro Mostrar tema/ Display Theme determina el tipo de información que se muestra en leyenda.

- Entidades de salida/ Output Features: GraffitiCube3D

Una vez ejecutada, la capa GraffitiCube3D se agrega automáticamente a la escena 3D.

- En el panel de contenido, en Capas 2D, apague todas las capas, incluido el mapa base.
- En la pestaña Mapa/ Map, haga clic en la herramienta Explorar/ Explore.
- Haga clic en la rueda del ratón e incline la vista 3D. Amplíe la escena para que pueda ver los contenedores hexagonales.



Visualizar la información espacio - temporal en 3D permite analizar cómo se distribuye la información. Cada celda hexagonal representa un intervalo de tiempo de tres meses, con los intervalos de tiempo más antiguos en la parte inferior y los más recientes en la parte superior.

Puede habilitar el tiempo en la capa para ver cada intervalo de tiempo mediante el control deslizante de tiempo. Un control deslizante de tiempo está disponible automáticamente en cualquier mapa o escena que contenga capas temporales. Le permite ver cada visualización de intervalo de tiempo a través del tiempo.

Habilitará el tiempo en la capa GraffitiCube3D:

- En el panel de contenido, haga clic con el botón derecho en GraffitiCube3D y elija propiedades.
- Haga clic en la pestaña Tiempo.
- Para Hora de capa, elija Cada entidad tiene campos de tiempo de inicio y finalización/ Each Feature Has Start And End Time Fields. (La información restante se actualizará automáticamente).

Layer Time: Each feature has start and end time fields

Start Time Field: Start Date

End Time Field: End Date

Time Extent: 10/13/2009 3:45:45 PM - 1/13/2018 3:45:44 PM

Calculate

Data is a live feed. Refresh rate is on the General tab.

Time Interval:
 

- No pre-defined time interval
- View using a regular time interval
  - Step: 10 Seconds
- View using unique times within the data

Time Zone: <None>

Adjust For Daylight Saving

Time Offset: 0 Days

- Haga clic en Aceptar.

Aparece el Control deslizante de tiempo/ Time Slider

- Coloque el ratón dentro del Slider para ver los detalles



También deberá actualizar el intervalo de pasos del control deslizante de tiempo para que muestre intervalos de tiempo de tres meses.

- Asegúrese de que la capa GraffitiCube3D está activa
- En la pestaña Time / Hora, en el grupo Step / Paso, compruebe que Intervalo de paso está seleccionado y, a continuación, haga clic en el botón Usar intervalo de tiempo .
- Cambie el intervalo de pasos a 3 meses.

Number of Steps: 30  
 Step Interval: 3 Months  
 Layer:

Step

- Si es necesario, aléjese para ver un grupo mayor de contenedores hexagonales en 3D.

- En el control deslizante de tiempo haga clic en el botón de reproducción (Play) para ver aparecer el intervalo de tiempo de tres meses de cada contenedor hexagonal.
- Cierre la escena New York\_3D.

El análisis espaciotemporal permite realizar una exploración de los datos para revelar patrones y tendencias que permiten realizar preguntas adicionales sobre los datos, como por qué en una determinada área se ha intensificado un determinado fenómeno o por qué existe un punto caliente persistente. Este tipo de análisis podrá ser utilizado por un analista GIS de la policía para determinar a partir de estos análisis espaciotemporales, zonas en las que es necesario reforzar en determinados momentos la presencia policial

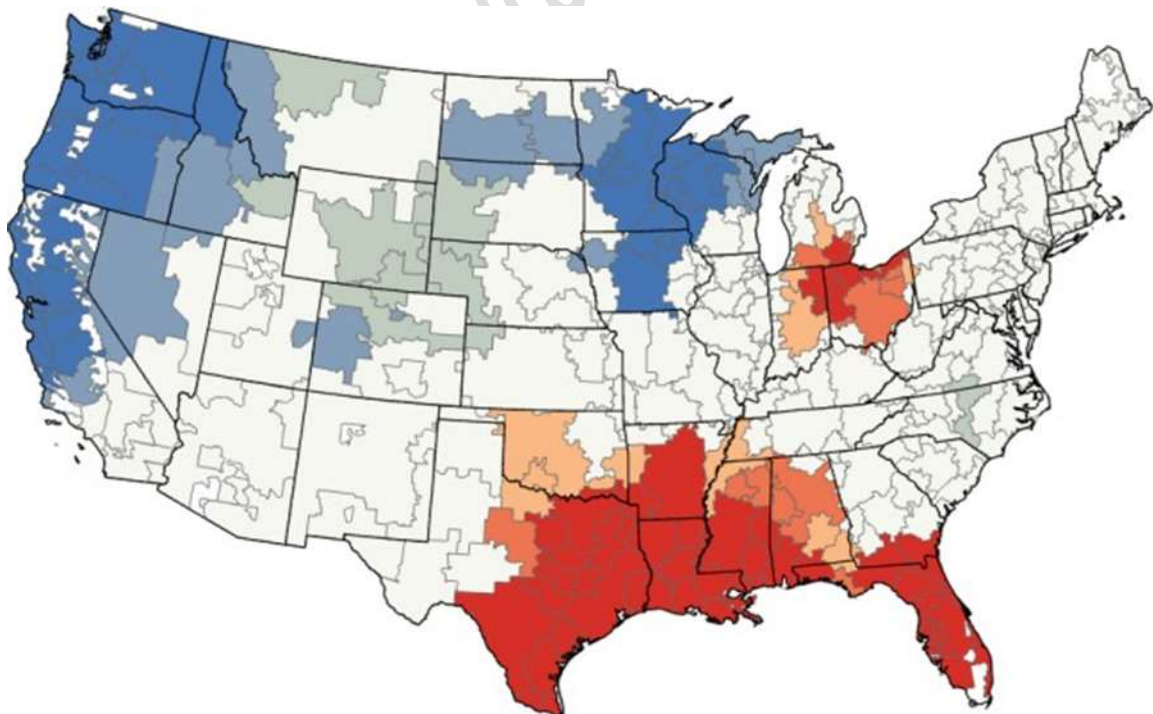
- Guarde el proyecto como Patrones.ppkx.

## 21. Análisis de regresión

La mayoría de los análisis GIS que ha realizado en el curso (incluidos los análisis de proximidad, superposición y puntos críticos estadísticos) determinan dónde se ubican los fenómenos. Es posible que desee explorar más a fondo los patrones espaciales observados para determinar por qué ocurre un fenómeno. Cuando comprende qué contribuye a que ocurra un fenómeno, está mejor equipado para ofrecer soluciones basadas en datos para mitigar o prevenir un problema.

En esta lección, aprenderá acerca de la regresión: cómo usarla para el análisis explicativo y algunas de las estadísticas que lo ayudarán a ubicar un modelo válido. También aprenderá un flujo de trabajo para encontrar el mejor modelo de regresión y utilizará ArcGIS Pro para realizar una regresión de mínimos cuadrados ordinarios (OLS).

La mayoría de los resultados de análisis GIS le indican dónde se encuentra algo, por ejemplo, el mejor sitio para una nueva tienda, la agrupación espacial de varios fenómenos o áreas donde una enfermedad específica es más prominente que otras enfermedades. Saber dónde ocurre algo es beneficioso, pero comprender qué contribuye a los fenómenos espaciales puede ayudar a resolver un problema. ArcGIS Pro proporciona herramientas de análisis estadístico que le permiten modelar relaciones espaciales para ayudarlo a comprender los factores que causan los patrones espaciales y predecir patrones futuros en función de los datos y las tendencias actuales.

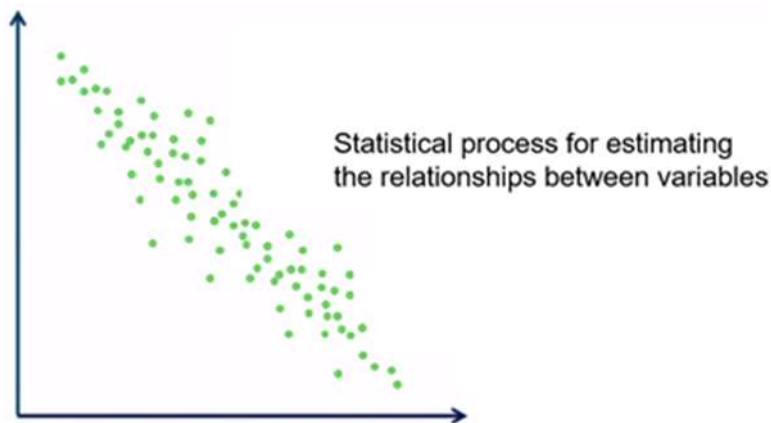


*En este mapa, el análisis de puntos críticos optimizado indica la ubicación de puntos críticos estadísticamente significativos de mayor gasto de Medicare en regiones de referencia hospitalaria. Pero ¿por qué podría existir este patrón espacial?*

Cuando mira este mapa de gastos de Medicare, puede preguntarse por qué hay un punto caliente para gastar en los estados del sur y sureste. ArcGIS Pro puede ayudar a identificar factores que contribuyen o causan patrones espaciales.

## ¿Qué es regresión?

La regresión es un método estadístico para evaluar la relación entre variables. Al evaluar esa relación, es posible formular hipótesis sobre las causas de un patrón. Con el análisis de regresión, puede modelar, examinar y explorar las relaciones espaciales para comprender mejor los factores detrás de los patrones espaciales. Cuando haya cuantificado los factores que contribuyen a un fenómeno, podrá tomar mejores decisiones.



*La regresión evalúa las relaciones entre variables.*

Puede realizar varios tipos de análisis de regresión en ArcGIS Pro:

- **Continua (Gaussiana):** La variable que está modelando es continua. Este modelo realiza una regresión de mínimos cuadrados ordinarios (OLS).
- **Binaria (logística):** la variable que está modelando representa presencia o ausencia, y puede ser 1 y 0 convencionales o datos continuos que se han recodificado en función de algún valor de umbral.
- **Recuento (Poisson):** la variable que está modelando es discreta y representa eventos (por ejemplo, recuentos de delitos, incidentes de enfermedades o accidentes de tráfico).

## Beneficios de la regresión

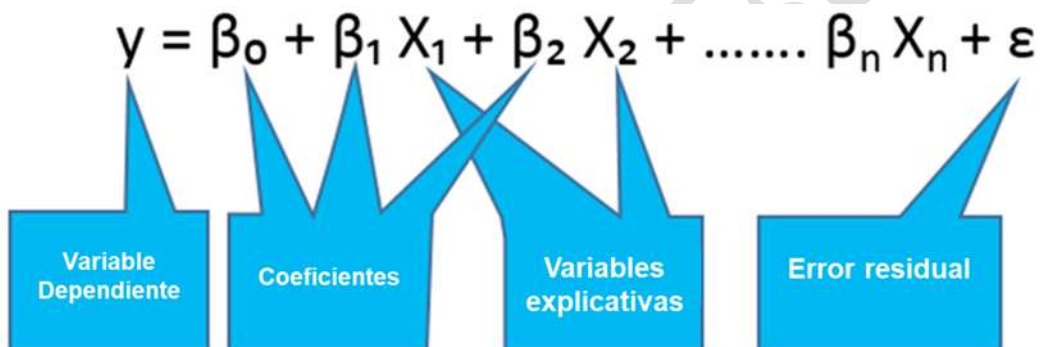
- **Explorar las correlaciones:** ¿Se traduce un mayor gasto en Medicare en una mejor salud o en una atención médica de mejor calidad?
- **Predecir valores desconocidos:** ¿Cuántas reclamaciones por enfermedades relacionadas con el calor se esperan según las previsiones meteorológicas actuales?

- **Comprender o explicar los factores clave que contribuyen a un proceso:**  
¿Por qué los puntajes de las pruebas son más altos en ciertas partes del país?

Cuando comprende los factores clave que contribuyen a un proceso, puede estar seguro de que las relaciones que encuentra son reales y puede usar la información para guiar la toma de decisiones.

## Ecuación de regresión

La ecuación de regresión es el núcleo del análisis de regresión. Proporciona un contexto para comprender los términos utilizados en el análisis de regresión. Las herramientas de regresión de ArcGIS Pro, crean la ecuación en función de los parámetros que establezca para esas herramientas. En el análisis de regresión, hay una variable dependiente y una o más variables independientes que se piensa que influyen o contribuyen a la variable dependiente. La regresión se utiliza para predecir el valor de la variable dependiente que intenta modelar o para determinar el grado en que una variable independiente es importante para su modelo.



*La ecuación de regresión OLS. La ecuación asume que todas las relaciones son lineales.*

- **Variable dependiente:** la variable que representa el proceso que se predice o modela, como puntajes de exámenes, ejecuciones hipotecarias o gastos de Medicare. La variable dependiente también se llama variable de respuesta.

$$y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots \beta_n X_n + \varepsilon$$

*Variable dependiente*

- **Variable independiente:** una variable o un conjunto de variables utilizadas para explicar o predecir los valores de la variable dependiente. Las variables independientes a menudo se denominan variables explicativas.

$$y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots \beta_n X_n + \varepsilon$$

*Las variables independientes intentan explicar a la variable dependiente*

- **Coeficientes:** valores asociados con cada variable independiente en una ecuación de regresión, que representan la fuerza y dirección de la relación

entre la variable independiente y la dependiente. Los coeficientes indican la fuerza de la relación; cuanto mayor sea el coeficiente (en relación con las unidades de la variable independiente con la que está asociado), más fuerte será la relación.

$$y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n + \varepsilon$$

Cada variable independiente tiene un coeficiente. Por ejemplo,  $\text{gasto} = b_0 + b_1(\text{distancia}) + b_2(\text{eventos de imágenes}) + b_3(\text{camas de hospital}) + e$

Los coeficientes pueden indicar una relación positiva, negativa o nula entre las variables dependientes e independientes.

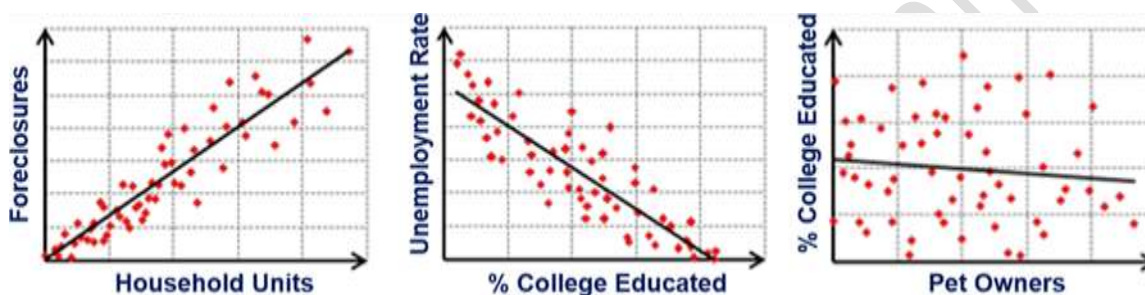
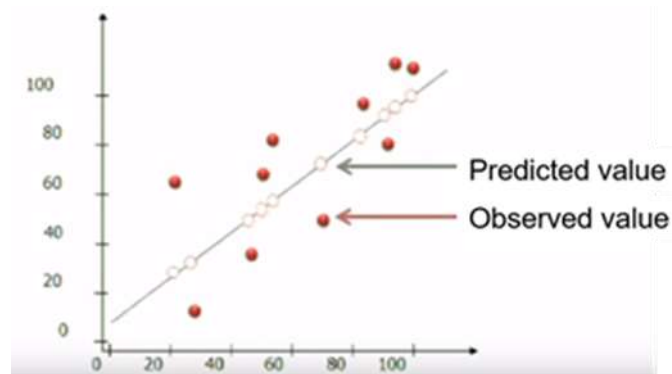


Diagrama de dispersión: un diagrama de dispersión es un tipo de diagrama matemático que utiliza coordenadas cartesianas para mostrar valores de normalmente dos variables para un conjunto de datos. En cada ejemplo, hay una variable dependiente y una variable independientes (univariada)

La ecuación también tiene una intersección con el eje y. El intercepto en y ( $b_0$ ) es el valor esperado para la variable dependiente si todas las variables independientes son cero.

- **Positivo:** A medida que aumenta el valor de la variable independiente, también lo hace el valor de la variable dependiente. Por ejemplo, la relación positiva en el gráfico muestra que a medida que aumenta el número de unidades familiares en el eje x, también aumentan las ejecuciones hipotecarias (eje y).
- **Negativo:** A medida que aumenta el valor de la variable independiente, disminuye el valor de la variable dependiente. Por ejemplo, a medida que aumenta el porcentaje de personas con educación universitaria (eje x), la tasa de desempleo (eje y) disminuye.
- **None (Ninguno):** Una línea plana en un diagrama de dispersión indica que no hay relación.

**Residual:** Las predicciones (errores) en exceso y en defecto en el modelo, o las diferencias entre los valores reales observados y los valores pronosticados.

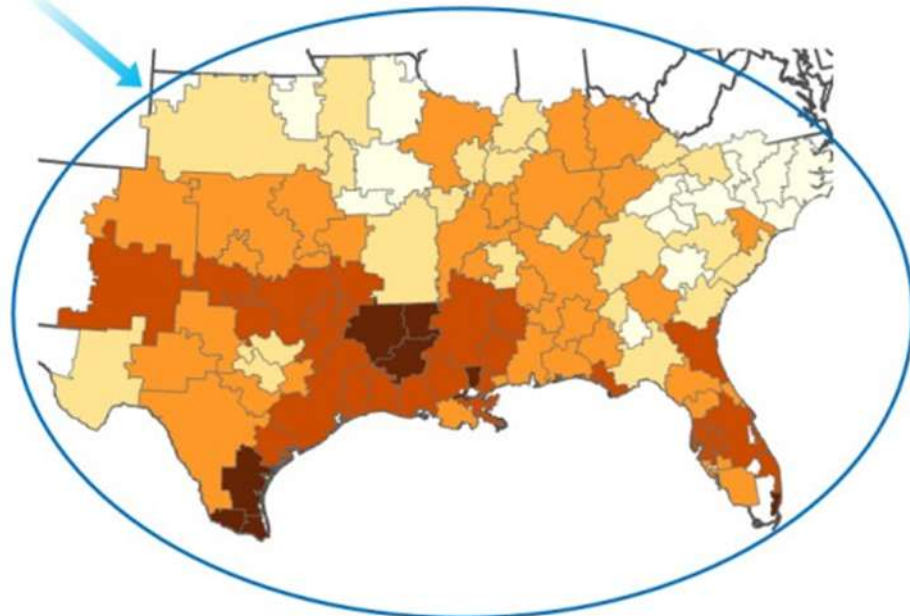


*La distribución de los residuos puede indicar si ha encontrado todas las variables clave. La magnitud de la diferencia entre los valores observados y predichos es una medida del ajuste del modelo.*

## Regresión OLS

OLS (mínimos cuadrados ordinarios) es la técnica de regresión más conocida y puede acceder a ella en la herramienta Regresión lineal generalizada (GLR) utilizando el tipo de modelo continuo (gaussiano). OLS se usa ampliamente fuera de GIS y es el punto de partida adecuado para todos los análisis de regresión espacial. Proporciona un modelo global de la variable dependiente o del proceso que intenta explicar o predecir. Global significa que se aplica una sola ecuación de regresión para representar un proceso a todas las características en el área de estudio, suponiendo así que las relaciones son fijas en el espacio. Usted evalúa el resumen OLS que contiene varios diagnósticos, incluido el rendimiento del modelo y cómo cada variable independiente está ayudando al modelo.

$$y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n + \varepsilon$$



*OLS es un modelo de regresión global que aplica una ecuación de regresión a todas las entidades.*

Al ser un modelo de regresión global, OLS crea una ecuación. Cada variable tiene un solo coeficiente y las relaciones entre las variables de datos se fijan en el espacio geográfico. Este proceso se conoce como estacionariedad. OLS es global y asume estacionariedad, lo que significa que podría mover todos los puntos a diferentes ubicaciones y la ecuación de regresión sería la misma. Otro tipo de análisis de regresión que usará más adelante explica la variación espacial en las relaciones de su variable (no estacionariedad).

## Flujo de trabajo OLS para análisis explicativo

El flujo de trabajo de regresión se puede describir de la siguiente manera:

- Identifique el proceso que desea explicar o predecir, así como la variable de datos que lo representa.
- Seleccionar variables que representen los factores que influyen en el proceso.
- Explorar y analizar datos (estadística descriptiva, univariada, bivariada).
- Elija el método (por ejemplo, OLS) y especifique el modelo según lo que aprendió sobre las relaciones de datos en el paso 3.
- Validar y evaluar el modelo; realizar seis comprobaciones.



*El flujo de trabajo de regresión es iterativo y puede requerir mucho trabajo para especificar correctamente un modelo OLS.*

Dependiendo de lo que suceda en el paso 5, puede tener varias opciones diferentes:

- Pruebe nuevas variables de datos o transforme las existentes.
- Pasar a un método de regresión espacial.
- Empezar de nuevo por completo

## Interpretación de resultados OLS

Realizar un análisis de regresión OLS es más profundo que ejecutar una herramienta. Debe evaluar los resultados estadísticos para determinar si las variables que seleccionó explican la variación en la variable dependiente. Si sus variables cumplen con los seis requisitos, entonces ha encontrado un modelo especificado correctamente. Mire el video para ver cómo interpretar los resultados de OLS y luego responda las siguientes preguntas.

Cuando realiza la regresión OLS, debe asegurarse de que su modelo pase las seis comprobaciones. En este video, aprendió cómo encontrar los resultados y realizar las seis comprobaciones OLS. Un modelo que pasa las seis comprobaciones se especifica correctamente.

### Summary of OLS Results

Variable	Coefficient <sup>a</sup>	StdError	t-Statistic	Probability <sup>b</sup>	Robust_SE	Robust_t	Robust_Pr <sup>b</sup>	VIF <sup>c</sup>
Intercept	9947,038596	44,461950	223,720250	0,000000*	43,232352	230,083219	0,000000*	-----
HOSPBEDSD	453,838027	94,410182	4,807088	0,000006*	95,160978	4,769161	0,000007*	1,789789
EVANDMAND	0,399674	0,036395	10,981628	0,000000*	0,041993	9,517526	0,000000*	3,476159
IMAGINGD	0,359023	0,165592	2,168123	0,032424*	0,161761	2,219469	0,028620*	3,044556
HOUSTOND	-0,001145	0,000115	-9,999029	0,000000*	0,000104	-10,976894	0,000000*	1,329077
PQ110D	1,041130	0,220645	4,718573	0,000009*	0,213298	4,881106	0,000005*	1,528101

### OLS Diagnostics

Input Features	Study Area	Dependent Variable	TOTAL_COSTS_2010
Number of Observations	110	Akaike's Information Criterion (AIC) <sup>d</sup>	1672,966945
Multiple R-Squared <sup>d</sup>	0,870841	Adjusted R-Squared <sup>d</sup>	0,864631
Joint F-Statistic <sup>e</sup>	140,241872	Prob(>F), (5,104) degrees of freedom	0,000000*
Joint Wald Statistic <sup>e</sup>	556,069919	Prob(>chi-squared), (5) degrees of freedom	0,000000*
Koenker (BP) Statistic <sup>f</sup>	27,470483	Prob(>chi-squared), (5) degrees of freedom	0,000046*
Jarque-Bera Statistic <sup>g</sup>	1,591597	Prob(>chi-squared), (2) degrees of freedom	0,451221

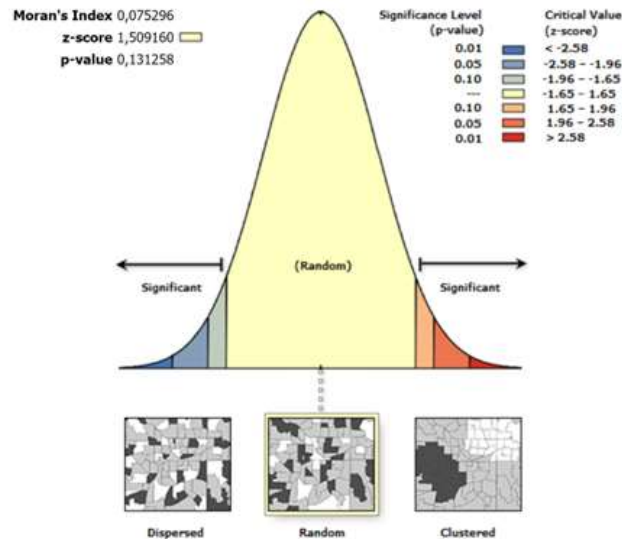
*Este informe OLS de ejemplo muestra variables estadísticamente significativas, coeficientes negativos, factor de inflación de varianza (VIF) y otras formas de verificar el modelo.*

## Las seis comprobaciones OLS

El flujo de trabajo para la regresión es ubicar sus variables dependientes e independientes, ejecutar OLS y luego realizar verificaciones en las estadísticas en el informe OLS. Se deben realizar las seis comprobaciones para determinar si las variables dan como resultado un modelo utilizable. Su objetivo es encontrar un modelo especificado correctamente o uno en el que pueda confiar para explicar el proceso representado por su variable dependiente. Después de ejecutar OLS, realiza manualmente las seis comprobaciones en cualquier orden.

Comprobación	Descripción
<b>La relación entre los coeficientes, ¿es la esperada?</b>	Cuando el signo asociado con el coeficiente es negativo, la relación es negativa (por ejemplo, cuanto mayor es la distancia desde el núcleo urbano, menor es el número de robos cometidos en casas). Cuando el signo es positivo, la relación es positiva (por ejemplo, cuanto mayor es la población, mayor es el número de robos en domicilios).
<b>Asegurarse que cada variable independiente es estadísticamente significativa</b>	Los coeficientes estadísticamente significativos, indicados por un asterisco (*), son importantes para el modelo. La ausencia de un asterisco podría significar que la variable no es significativa al modelar la variable dependiente. OLS realiza una prueba estadística para calcular una probabilidad (valor p) para cada coeficiente.

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La hipótesis nula es que la variable no está ayudando al modelo.</li> <li>• Los pequeños valores de p reflejan pequeñas probabilidades y sugieren que el coeficiente es importante para el modelo.</li> </ul>
<b>Los residuos no se deben agrupar en ubicación ni en valor.</b>	Después de ejecutar OLS, verá un mensaje en los resultados de geoprocésamiento que sugiere que ejecute la herramienta I de Moran para asegurarse que sus residuos no estén autocorrelacionados espacialmente. La autocorrelación espacial estadísticamente significativa (agrupamiento de residuos) puede ser un síntoma de especificación incorrecta, que indica que el modelo seguido es incorrecto. Ocurre cuando faltan una o más variables clave.
<b>Verificar que los residuos se distribuyen de forma normal con la prueba Jarque-Bera.</b>	Un modelo adecuadamente especificado tiene residuos que normalmente se distribuyen con una media de cero. Un ejemplo de modelo sesgado es aquel que hace un buen trabajo al predecir valores altos, pero tiene un rendimiento bajo al predecir valores bajos. Un modelo sesgado podría ser el resultado de valores atípicos dentro de las relaciones no lineales entre las variables de datos. Si la estadística Jarque-Bera (prueba) es estadísticamente significativa (tiene un asterisco al lado del valor p), el modelo es parcial y no se puede confiar en el mismo.
<b>¿Todos los valores del factor VIF son inferiores a 7,5?</b>	El factor VIF (variance inflation factor) debe ser menor que 7.5. Un VIF superior a 7.5 para una variable independiente indica una variable redundante (multicolinealidad). Al menos debe eliminarse una de las variables con un VIF superior a 7.5
<b>Evaluar el rendimiento del modelo</b>	El ajuste R-cuadrado es una estadística derivada de la ecuación de regresión que permite cuantificar el rendimiento del modelo (como de bien las variables modelan la variable dependiente). El ajuste R- cuadrado es el porcentaje de varianza en la variable dependiente que se explica por la varianza en las variables independientes. El criterio de información de Akaike (AIC) es un estimador de la calidad relativa de los modelos estadísticos para un conjunto de datos, y es útil para comparar modelos múltiples que usan la misma variable dependiente. Un valor de R-cuadrado ajustado más alto y un valor de AIC más bajo para la misma variable dependiente en diferentes modelos indican un mejor modelo



Haga coincidir el número de la tabla con el número en el diagrama para ver dónde está cada una de las seis verificaciones en el informe de diagnóstico de OLS.

## Regresión exploratoria

La regresión exploratoria evalúa todas las combinaciones posibles de variables independientes y selecciona automáticamente los modelos que cumplen con los requisitos y supuestos de OLS. Varias de las seis comprobaciones se realizan durante la regresión exploratoria. Cuando realice una regresión exploratoria, no agregue aleatoriamente todas las variables y luego intente elegir la mejor combinación. Base sus variables independientes en el razonamiento lógico y la investigación. La regresión exploratoria le da una idea de las buenas combinaciones de variables, pero aún debe realizar OLS y sus controles estadísticos.

### Compensaciones de regresión exploratoria

La mayoría de los análisis de regresión utilizan el enfoque deductivo (preguntas > hipótesis > datos > análisis > resultado). La regresión exploratoria utiliza un enfoque inductivo basado en datos (datos > preguntas > hipótesis > análisis > resultado). Por un lado, la minería de datos con regresión exploratoria revela nuevas relaciones de datos y permite generar nuevas preguntas e hipótesis. Por otro lado, podría resultar en un ajuste excesivo de los datos o en modelos de informes que cumplan con los supuestos pero que en realidad no reflejen los procesos del mundo real.



*El objetivo de la regresión exploratoria es encontrar modelos OLS correctamente especificados, dadas las variables que proporciona.*

## Ejercicio 9.1: Encuentre un modelo de regresión correctamente especificado

Utilizará la regresión OLS para analizar los gastos de Medicare y explicar los factores que contribuyen a un mayor gasto.

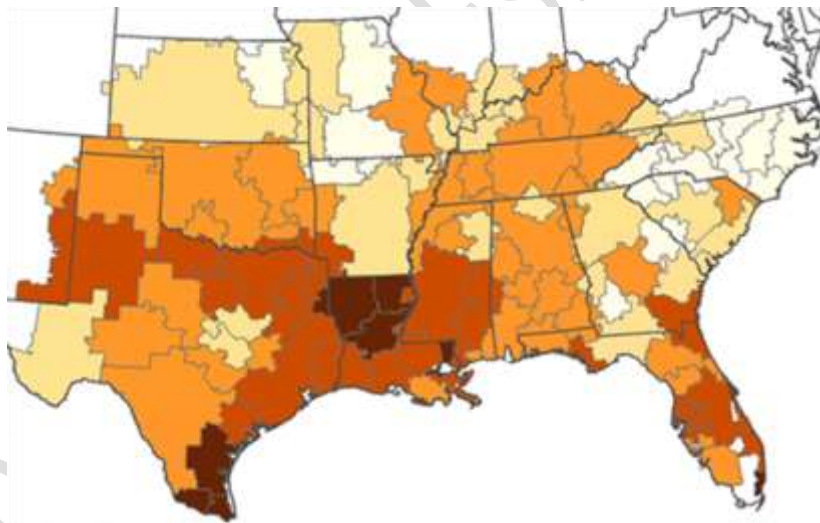
En este ejercicio, realizará las siguientes tareas:

- Ejecute la regresión OLS.
- Realice las seis comprobaciones estadísticas.

### Paso 1 Configurar ArcGIS Pro

Primero, configurará el proyecto para el ejercicio.

- Si es necesario, inicie ArcGIS Pro y abra el proyecto SNAPCourse.
- En la pestaña Insertar, haga clic en Importar mapa.
- Vaya a C:\EsriTraining\SNAP\Regression y agregue Regression Analysis.mapx al proyecto.



El mapa está simbolizado con colores graduados según el gasto total de Medicare por región de referencia hospitalaria (HRR). Los colores más claros indican menos gasto y los colores más oscuros indican más gasto. Utilizará la regresión OLS para analizar las posibles causas de un mayor gasto de Medicare.

- Guarde el proyecto.

### Paso 2 Realizar análisis de datos exploratorios

Realizará un análisis exploratorio de datos observando los atributos disponibles y creando un diagrama de dispersión para mostrar la relación entre las variables. Para

realizar la regresión OLS, debe tener variables clave para analizar. Las variables son atributos dentro de la tabla de la capa.

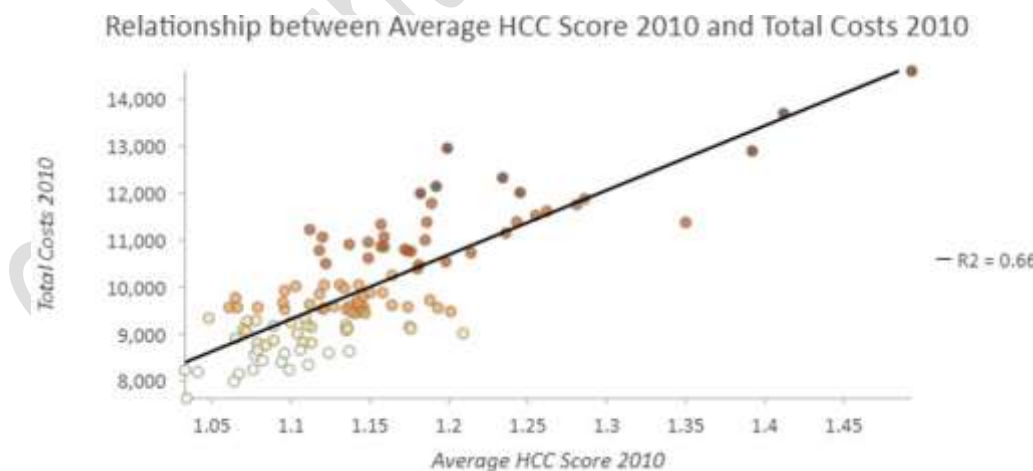
- En el panel Contenido, abra la tabla de atributos de la capa Study Area.

La variable Total Costs 2010 contiene el costo total del gasto de Medicare por HRR. De acuerdo con el flujo de trabajo de regresión, el proceso o fenómeno que intenta comprender son los costos de gastos de Medicare, por lo que Total Costs 2010 será la variable dependiente. Otros atributos, como el número de camas de hospital, la tasa de reingreso y el número de visitas de emergencia, pueden ser variables independientes que expliquen los costos.

- Desplácese por la tabla para ver los atributos y luego ciérrela.

En su primer análisis, probará cómo el puntaje de la categoría de condición jerárquica (HCC) (una medida de la salud general de una población) contribuye al gasto. La puntuación HCC mide la prevalencia de condiciones de salud crónicas. Antes de usar HCC como la variable independiente para ayudar a explicar los costos totales, creará un gráfico de dispersión para explorar las relaciones entre los costos totales y la puntuación de HCC.

- En el panel Contenido/Contents pane, verifique que Study Area esté seleccionada.
- En la pestaña Datos, haga clic en Crear gráfico / Create Chart y elija Gráfico de dispersión / Scatter Plot.
- En el panel Propiedades de gráfico, para Número del eje X/ X-Axis Number, elija Average HCC Score 2010.
- Para Número del eje Y / Y-Axis Number, elija Total Costs 2010.



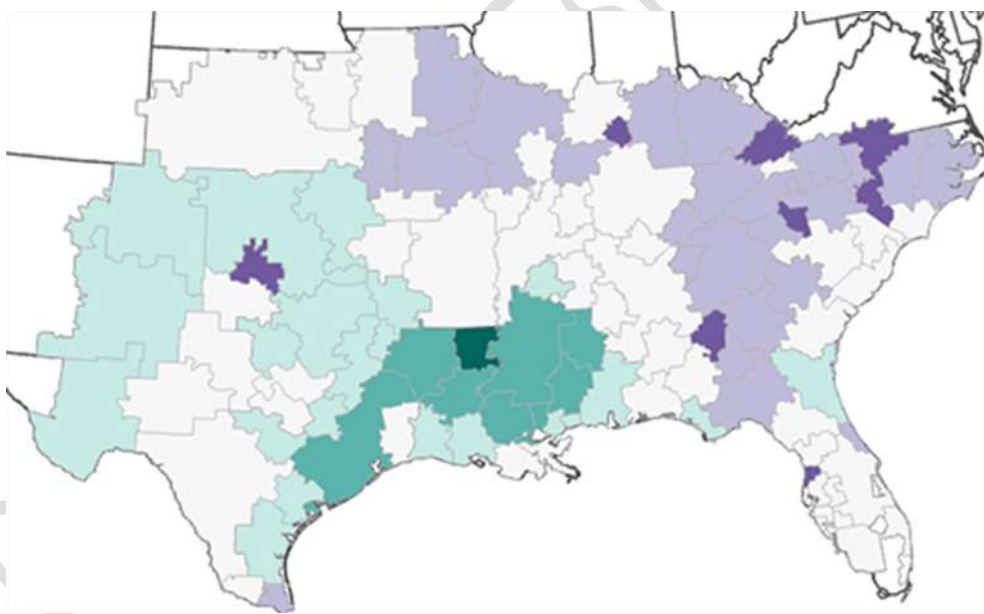
Existe una relación positiva entre el puntaje HCC y los costos totales (el puntaje HCC aumenta a medida que aumentan los costos totales). El valor R-cuadrado de 0,66 indica que la puntuación de HCC explica el 66 por ciento de la variación en los costos totales, un valor sólido. Con un valor R-cuadrado de 0,66, es posible que desee incluir la variable de puntaje HCC en su modelo OLS. Aunque un gráfico de dispersión le muestra la relación y un valor de R cuadrado, no puede ver ni evaluar otros diagnósticos clave para determinar si el modelo se ha especificado correctamente.

- Cierre el gráfico y el panel Propiedades del gráfico.

### Paso 3: Use la herramienta de regresión lineal generalizada para probar factores de gasto más altos

En este paso, probará qué tan bien el puntaje del índice HCC explica el gasto más alto.

- En el panel Geoprocesamiento, busque generalizado o generalized.
- Abra la herramienta Regresión lineal generalizada / Generalized Linear Regression (GLR) (Spatial Statistics Tools) y configure o confirme los siguientes parámetros:
  - Características de entrada / Input Features: Study Area
  - Variable Dependiente / Dependent Variable: Total Costs 2010
  - Tipo de modelo / Model Type: continuo (gaussiano) / continuous (Gaussian)
  - Variables explicativas / Explanatory Variables: Average HCC Score 2010
  - Funciones de salida: GLRContinuo
- Haga clic en Ejecutar.



En su mapa, la capa de Estados puede estar cubierta por la capa GLRContinuo.

Los resultados de la herramienta GLR se muestran en el mapa y se simbolizan mediante los residuos estandarizados. Después de ejecutar la regresión, evalúe el informe para ver qué tan bien se desempeñó el modelo y explique la variación en la variable dependiente.

- En la parte inferior del panel Geoprocesamiento, en el cuadro verde, haga clic en Ver detalles / View Details.

- Si es necesario, haga clic en Mensajes y expanda el informe de Regresión lineal generalizada tanto horizontal como verticalmente para que pueda ver el informe completo.

Summary of GLR Results [Model Type: Continuous (Gaussian/OLS)]

Variable	Coefficient <sup>a</sup>	StdError	t-Statistic	Probability <sup>b</sup>	Robust_SE	Robust_t	Robust_Pr <sup>b</sup>
Intercept	-5780.317179	1089.153986	-5.307162	0.000001 <sup>a</sup>	877.090014	-6.590335	0.000000 <sup>a</sup>
AVERAGE_HCC_SCORE_2010	13725.329285	948.497894	14.470595	0.000000 <sup>a</sup>	773.693345	17.740012	0.000000 <sup>a</sup>

GLR Diagnostics

Input Features	Study Area	Dependent Variable	TOTAL_COSTS_2010
Number of Observations	110	Akaike's Information Criterion (AIC) <sup>d</sup>	1770.650750
Multiple R-Squared <sup>d</sup>	0.659733	Adjusted R-Squared <sup>d</sup>	0.656583
Joint F-Statistic <sup>e</sup>	209.398132	Prob(>F), (1,108) degrees of freedom	0.000000 <sup>a</sup>
Joint Wald Statistic <sup>e</sup>	314.708028	Prob(>chi-squared), (1) degrees of freedom	0.000000 <sup>a</sup>
Koenker (BP) Statistic <sup>f</sup>	1.042391	Prob(>chi-squared), (1) degrees of freedom	0.307266
Jarque-Bera Statistic <sup>g</sup>	2.909458	Prob(>chi-squared), (2) degrees of freedom	0.233464

**1. ¿Qué le dice el valor R-cuadrado ajustado sobre la puntuación de HCC y los gastos de Medicare?**

---



---



---

**2. ¿Qué le dice el valor AIC de 1770 sobre el puntaje de HCC y los gastos de Medicare**

---



---



---

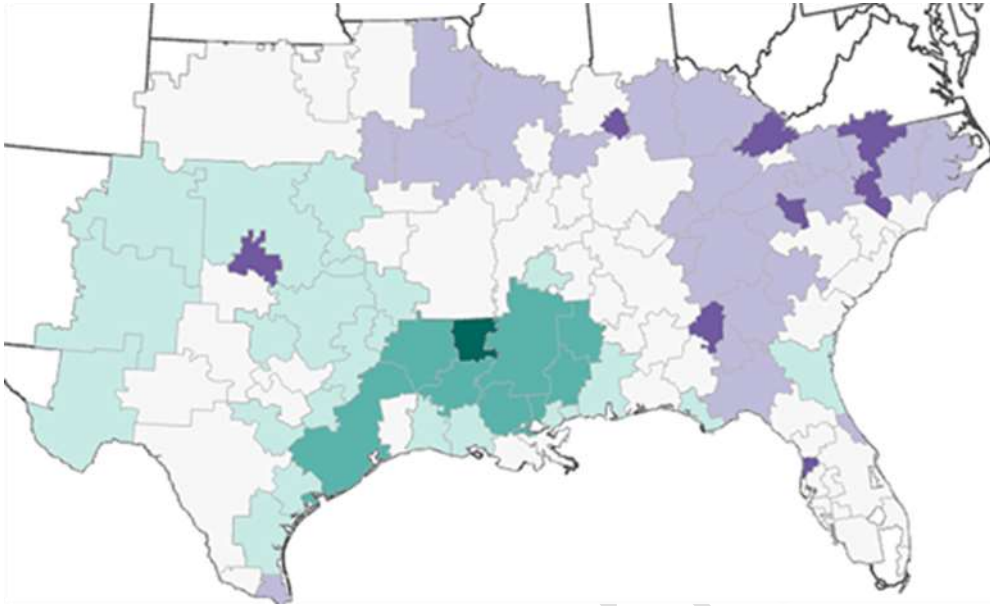
Un valor de R-cuadrado ajustado de 0,65 es adecuado. Si este modelo se especificara correctamente, explicaría alrededor del 65 por ciento de la variación en el gasto de Medicare. Sin embargo, los puntajes del índice HCC pueden no ser la única parte de la historia de gastos de Medicare en esta área. Se deben cumplir varios otros supuestos de regresión OLS antes de tener un modelo especificado correctamente. Esperará hasta que haya creado el modelo OLS completo utilizando varias variables independientes para realizar las seis comprobaciones, pero primero explorará la salida espacial de OLS.

- Cierre el informe.

**Paso 4: evaluar la salida espacial de la herramienta GLR**

OLS proporciona un informe detallado de los diagnósticos de regresión y también proporciona una capa de salida de los residuales. Los residuos son las predicciones

por encima y por debajo del modelo y deberían ser espacialmente aleatorios en un modelo de regresión especificado correctamente.



### 3. ¿Qué puedes extrapolar sobre los residuos del mapa?

---

---

---

Puede utilizar la herramienta Autocorrelación espacial (I de Moran global) para validar su análisis visual de los residuos.

- En el panel Geoprocesamiento, haga clic en el botón Atrás.
- Busque y abra la herramienta Autocorrelación espacial/ Spatial Autocorrelation (I de Moran global) y luego configure los siguientes parámetros:
  - Clase de entidad de entrada/ Input Feature: GLRContinuo
  - Campo de entrada / Input Field: Residual estándar / Std Residual
  - Generar informe: marcado
- Deje los valores predeterminados restantes y haga clic en Ejecutar.

Si recibe una advertencia, puede ignorarla.

- En el Explorador de archivos, si es necesario, vaya a ..\EsriTraining\SNAP\SNAPCourse y luego abra el informe I de Moran / Moran's I report más reciente.



Dispersed

Random

Clustered

La autocorrelación espacial valida la observación visual del agrupamiento residual, lo que sugiere que a su modelo de regresión le pueden faltar variables clave.

- Cierre el informe y minimice el Explorador de archivo

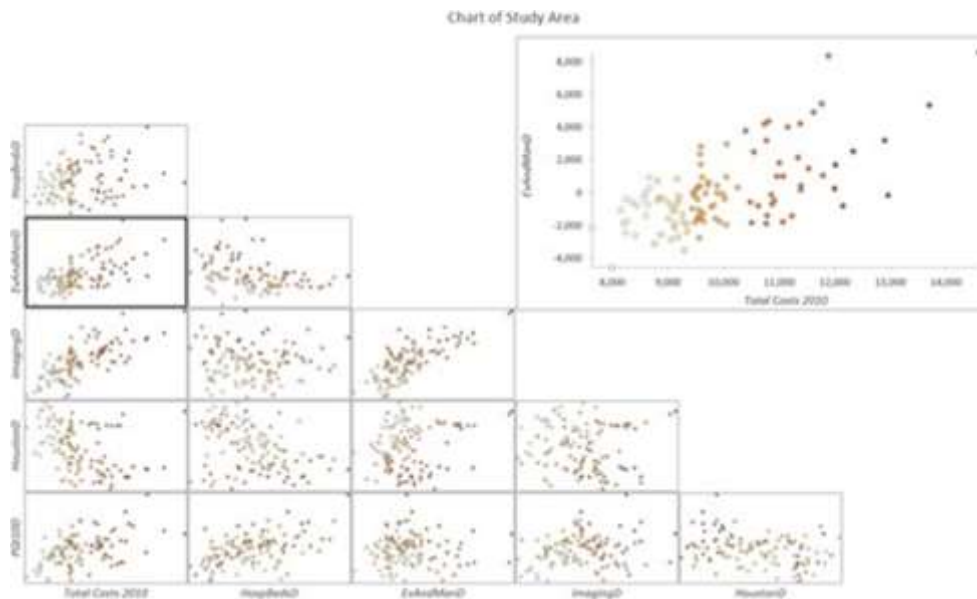
## Paso 5: Cree una matriz de diagrama de dispersión

A continuación, creará una matriz de gráficos de dispersión para visualizar las relaciones de las variables como un medio para elegir las mejores variables para el análisis de regresión. Tiene una idea o teoría sobre qué factores contribuyen a un mayor gasto de Medicare y desea visualizar esas relaciones. Una matriz de diagrama de dispersión es un buen paso exploratorio antes de ejecutar la regresión en múltiples variables. Como cualquier análisis, es bueno conocer los datos antes de continuar.

- En el panel Contenido, seleccione Study Area.
- En la pestaña Datos, haga clic en Crear gráfico y seleccione Matriz de gráficos de dispersión.

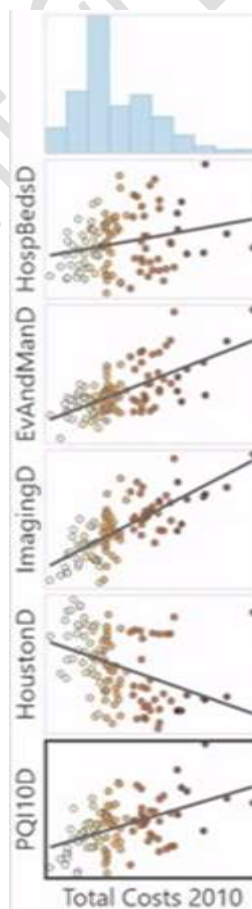
Utilizará Costos totales 2010 como variable dependiente porque desea determinar los factores que contribuyen a ello. Elegirá varias variables independientes que investigaciones y teorías anteriores han indicado que son factores importantes que contribuyen a un mayor gasto de Medicare. Analizará la cantidad de camas de hospital, los costos de evaluación y administración, el total de eventos de imágenes (resonancia magnética, tomografía computarizada), la distancia a Houston y las tasas de deshidratación.

- En el panel Propiedades de gráfico, para Campos numéricos, haga clic en Seleccionar y luego elija las siguientes opciones:
  - Total Costs 2010
  - HospBedsD
  - EvAndManD
  - ImagingD
  - HoustonD
  - PQI10D
- Haga clic en Aplicar.
- Haga clic con el botón derecho en la pestaña de vista de matriz de diagrama de dispersión del Área de estudio y elija Mover al grupo de pestañas anterior.



Se centrará en la columna del extremo izquierdo que tiene la variable dependiente de Total Costs 2010 en el eje Y y las variables dependientes en el eje X.

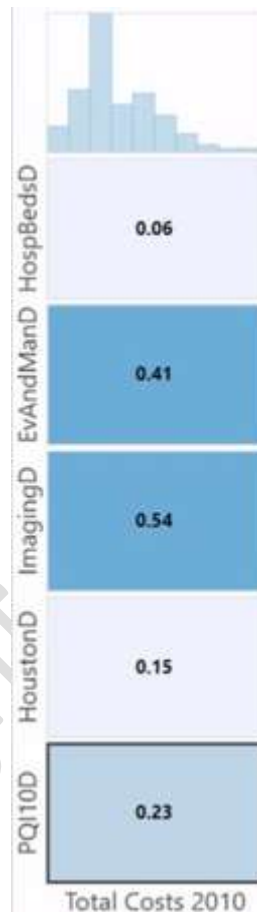
- En el panel Propiedades de gráfico, marque la casilla Mostrar tendencia lineal / Show linear tren box.
- En Diseño de matriz, haga clic en la flecha desplegable Diagonal y seleccione Histogramas.



El histograma muestra la distribución de las variables y las tendencias lineales indican una relación positiva, negativa o nula entre las variables.

En su mayoría, las relaciones entre todas las variables y los Costos Totales 2010 son positivas. Una relación positiva tiene sentido porque a medida que las variables aumentan en tamaño, distancia o número, los costos también aumentan. Estas relaciones son esperadas e indican que estas variables pueden ser factores importantes en costos más altos.

- En el panel Propiedades de gráfico, en Diseño de matriz, haga clic en la flecha desplegable inferior izquierda y seleccione R-Squared.



El R-cuadrado ajustado es un indicador de qué tan bien las variables independientes modelan la variable dependiente. Entonces, ¿qué tan bien explican las cinco variables elegidas los costos totales de Medicare? Ver el valor R-cuadrado ajustado es otra medida exploratoria que puede realizar antes de ejecutar una herramienta de regresión.

- En el panel Propiedades de gráfico, haga clic en la flecha desplegable inferior izquierda y seleccione Diagramas de dispersión.

También puede ver las relaciones entre las variables independientes. Una fuerte correlación positiva indica que las variables pueden estar contando la misma parte de la historia (multicolinealidad). Siempre puede eliminar las variables independientes que cuentan la misma historia para reducir la redundancia.

- Cierre la matriz de gráficos de dispersión y el panel Propiedades de gráfico.

## Paso 6: Ejecute la herramienta GLR en múltiples variables dependientes

A continuación, creará un modelo de regresión especificado correctamente. Las variables independientes seleccionadas para este modelo son el resultado del proceso iterativo de ejecutar OLS muchas veces para encontrar la mejor combinación de variables.

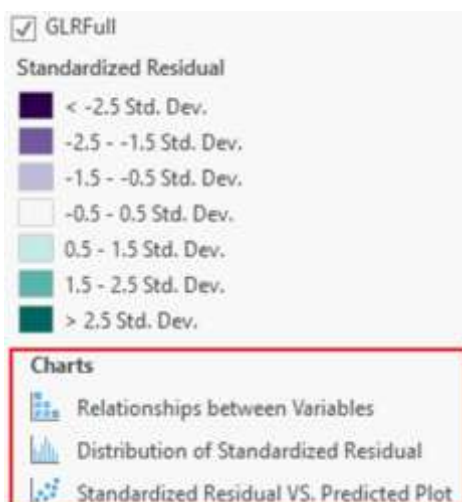
- En la pestaña Análisis, en el grupo Geoprocesamiento, haga clic en Historial/History.
- En el panel Historial, haga doble clic en la herramienta Regresión lineal generalizada (GLR) que ejecutó anteriormente.
- Modifique solo los siguientes parámetros (dejando los demás como están):
  - Variables explicativas / Explanatory Variables : HospBedsD, EvAndManD, ImagingD, HoustonD y PQ110D (asegúrese de que Average HCC Score 2010 no esté marcada)
  - Clase de entidad de salida / Output Feature class : GLRFull
- Haga clic en Ejecutar.

La salida espacial se agrega al mapa. A continuación, utilizará los resultados para realizar las seis comprobaciones y validar el modelo.

## Paso 7: realizar comprobaciones OLS

Utilizará los resultados estadísticos de la herramienta GLR y algunos gráficos para especificar correctamente su modelo de regresión.

- En el panel Contenido, busque los gráficos creados con la salida de la herramienta GLR.



- Haga doble clic en cada gráfico para ver los resultados.

El gráfico Relaciones entre variables / Relationships between variables muestra una matriz de diagrama de dispersión similar a la que vio antes de ejecutar la herramienta GLR. El gráfico Distribución de residuos estándar / Distribution of Standardized Residual muestra cómo los residuos del modelo se comparan con una distribución normal. El gráfico de Residual Estandarizado VS. Trazado predicho / Standardized Residual VS. Predicted Plot muestra los residuos estandarizados trazados contra los valores predichos estandarizados. No debe haber patrones si el modelo se ajusta bien. ¿Ves un patrón en el gráfico?

- Cierre todos los gráficos abiertos y el panel Propiedades de gráfico.
- En la parte inferior del panel Geoprocesamiento, haga clic en Ver detalles.
- Si es necesario, haga clic en Mensajes y expanda el informe Regresión lineal generalizada para que pueda ver el informe completo.

Summary of GLR Results [Model Type: Continuous (Gaussian/OLS)]

Variable	Coefficient <sup>a</sup>	StdError	t-Statistic	Probability <sup>b</sup>	Robust_SE	Robust_t	Robust_Pr <sup>d</sup>	VIF <sup>c</sup>
Intercept	9947.038596	44.461950	223.720250	0.000000*	43.232352	230.083219	0.000000*	-----
HOSPBEDSD	453.838027	94.410182	4.807088	0.000006*	95.160978	4.769161	0.000007*	1.789789
EVANDMAND	0.399674	0.036395	10.981628	0.000000*	0.041993	9.517526	0.000000*	3.476159
IMAGINGD	0.359023	0.165592	2.168123	0.032424*	0.161761	2.219469	0.028620*	3.044556
HOUSTOND	-0.001145	0.000115	-9.999029	0.000000*	0.000104	-10.976894	0.000000*	1.329077
PQI10D	1.041130	0.220645	4.718573	0.000009*	0.213298	4.881106	0.000005*	1.528101

GLR Diagnostics

Input Features	Study Area	Dependent Variable	TOTAL_COSTS_2010
Number of Observations	110	Akaike's Information Criterion (AIC) <sup>d</sup>	1672.966945
Multiple R-Squared <sup>d</sup>	0.870841	Adjusted R-Squared <sup>d</sup>	0.864631
Joint F-Statistic <sup>e</sup>	140.241872	Prob(>F), (5,104) degrees of freedom	0.000000*
Joint Wald Statistic <sup>e</sup>	556.069919	Prob(>chi-squared), (5) degrees of freedom	0.000000*
Koenker (BP) Statistic <sup>f</sup>	27.470483	Prob(>chi-squared), (5) degrees of freedom	0.000046*
Jarque-Bera Statistic <sup>g</sup>	1.591597	Prob(>chi-squared), (2) degrees of freedom	0.451221

### Comprobación 1: ¿Estas variables explicativas ayudan a mi modelo?

El número de camas de hospital muestra una relación positiva con los costos de gasto de Medicare.

#### 4. ¿Debe el número de camas de hospital contribuir a un mayor gasto?

La mayoría de las otras variables tienen una relación positiva. Por ejemplo, mayores costos de evaluación y gestión en un HRR, más resonancias magnéticas y otros eventos de imágenes, y una mayor tasa de deshidratación contribuyen a un mayor gasto.

Hay una relación negativa: la distancia a Houston. La variable distancia a Houston mide qué tan lejos está cada región de referencia de Houston, porque Houston tiene

uno de los complejos médicos más grandes del mundo. Esta variable es espacial. Cuando no encuentra un modelo especificado correctamente, incluir una variable espacial a veces puede ayudar a capturar la no estacionariedad (variación regional) en las relaciones de datos.

**Comprobación 2: ¿Son las relaciones lo que esperaba?**

**5. ¿Qué indica el resumen OLS sobre la significación estadística de cada variable?**

---

---

---

**6. ¿Qué significa que la probabilidad de un coeficiente tenga un asterisco al lado?**

---

---

---

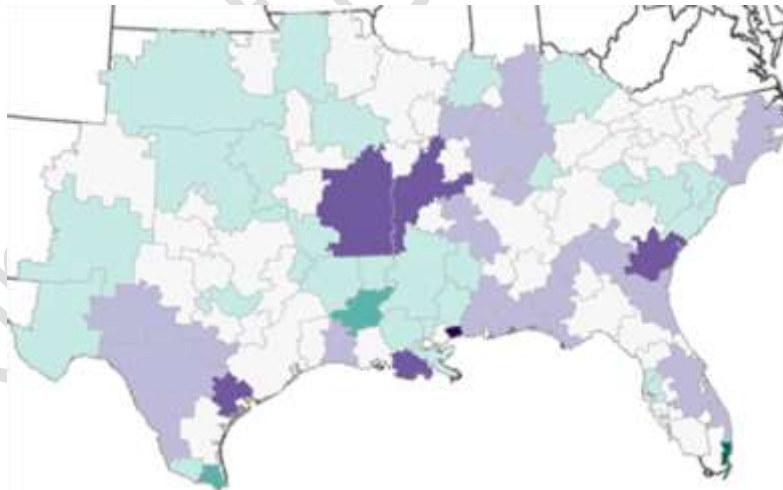
**Comprobación 3: ¿Alguna de las variables explicativas es redundante?**

**7. Con base en la salida espacial de OLS de los residuos, ¿piensa que los residuos están agrupados?**

---

---

---



**Comprobación 4: ¿Está sesgado el modelo?**

**8. ¿Qué verificación OLS evalúa la normalidad en la distribución (no espacial) de los valores residuales? (Sugerencia: consulte la sección Diagnósticos GLR).**

---

---

---

**9. ¿Este modelo está sesgado y por qué?**

---

---

---

**Comprobación 5: ¿He encontrado todas las variables explicativas clave?  
¿Son redundantes las variables independientes?**

**10. ¿Cuál es la verificación estadística para determinar si las variables son redundantes?**

---

---

---

**11. ¿Alguna de las variables independientes es redundante?**

---

---

---

- Deje abierto el informe Regresión lineal generalizada. Si es necesario, reduzca la ventana del informe.
- En el panel Geoprocesamiento, desde la pestaña Favoritos, abra la herramienta Autocorrelación espacial (I de Moran global) y luego configure los siguientes parámetros:
  - Clase de entidad de entrada / Input Feature Class: GLRFull
  - Campo de entrada / Input Field: Residual estándar
  - Generar informe: marcado
- Haga clic en Ejecutar.

Si recibe una advertencia, puede ignorarla.

- Restaure el Explorador de archivos y abra el informe I de Moran más reciente.



- Si cerró el Explorador de archivos, vaya a `..\EsriTraining\SNAP\SNAPCourse`.

La autocorrelación espacial valida su análisis visual inicial de residuos distribuidos aleatoriamente.

- Cierre el Informe de autocorrelación espacial, minimice el Explorador de archivos y vuelva al informe de Regresión lineal generalizada.

**Comprobación 6: ¿Está funcionando bien el modelo? ¿Qué tan bien estoy explicando mi variable dependiente?**

**12. ¿Cuáles son las dos medidas principales del desempeño del modelo?**

---

---

---

**13. ¿Qué información puede obtener del AIC y los valores R-cuadrado ajustados en comparación con el primer modelo que evaluó solo la variable de puntaje HCC?**

---

---

---

Con base en las seis verificaciones de OLS, tiene un modelo de regresión correctamente especificado, uno en el que puede confiar para explicar los costos totales de Medicare en esta área de estudio. Como sabe, OLS es un modelo de regresión global que aplica una ecuación a todas las entidades y tiene relaciones fijas. ¿Qué sucede si los gastos de Medicare cambiaron según la ubicación? La mayoría de las relaciones espaciales no son estáticas y puede mejorar su modelo de regresión incorporando relaciones variables. Trabjará con una herramienta de regresión diferente en la siguiente lección que incorpora la variación espacial de las variables.

- Deje abierto el informe de Regresión lineal generalizada porque lo utilizará en el siguiente ejercicio.
- Guarde el proyecto y deje ArcGIS Pro abierto.

## 22. Análisis de regresión ponderada geográficamente

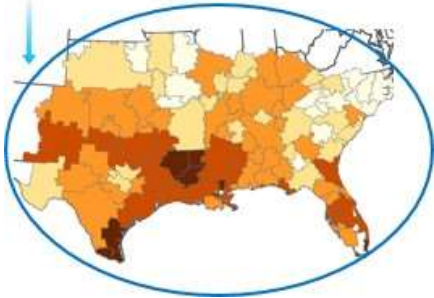
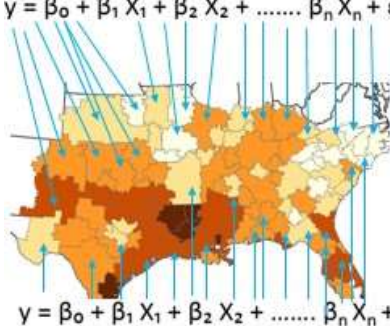
Ha utilizado OLS, un método de regresión global, para crear un modelo de regresión que se aplica a todas las entidades en el área de estudio. La Primera Ley de la Geografía de Tobler establece: "Todo está relacionado con todo lo demás, pero las cosas cercanas están más relacionadas que las cosas distantes". Con la Ley de Tobler en mente, puede especular que las relaciones espaciales varían en un área de estudio. La regresión OLS asume que las relaciones entre sus variables son estáticas en el espacio, pero otro tipo de análisis de regresión, llamado regresión ponderada geográficamente (GWR), permite que estas relaciones de variables cambien en el espacio. En esta lección, utilizará GWR para ver si su modelo mejora al permitir que las relaciones de datos varíen espacialmente.

### Cómo cambian las relaciones en el espacio

Ha aprendido que la regresión OLS construye una ecuación para todas las entidades en el área de estudio. Como tal, se considera un modelo de regresión global, que asume que las relaciones entre las variables de datos son estáticas en el espacio. Otro tipo de regresión, GWR, es un modelo de regresión local en el que construye una sola ecuación para cada característica en el área de estudio usando solo sus características vecinas. Como resultado, GWR permite que las relaciones variables cambien en el espacio.

Cuando encuentre un modelo correctamente especificado usando OLS, puede usar las mismas variables en GWR y potencialmente mejorar sus resultados.

### Características de la GWR

Mínimos cuadrados ordinarios OLS	Regresión ponderada geográficamente GWR
Modelo global de regresión Relaciones fijas Una ecuación para todas las entidades.	Modelo local de regresión Relaciones variables Una ecuación por entidad
$y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n + \epsilon$ 	$y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n + \epsilon$  $y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n + \epsilon$

## ¿Qué podría contribuir a las relaciones espacialmente variables?

La Primera Ley de Geografía de Tobler indica que las relaciones pueden ser diferentes en el espacio. Cuando las relaciones entre las variables cambian en el espacio, se denomina no estacionariedad.

## Cuándo usar GWR

Hay tres razones para usar GWR:

- Ha encontrado un modelo OLS correctamente especificado y desea saber si permitir relaciones que varían espacialmente mejora el rendimiento del modelo. Utilice las mismas variables que utilizó en el modelo OLS.
- Quiere predecir valores alternativos o futuros utilizando un modelo calibrado con valores existentes.
- Los diagnósticos OLS indican no estacionariedad estadísticamente significativa.

Es importante encontrar un modelo correctamente especificado utilizando la regresión OLS. OLS tiene diagnósticos sólidos que puede usar para realizar las seis comprobaciones para encontrar la mejor combinación de variables. GWR tiene algunos diagnósticos, pero no todos son adecuados para encontrar un modelo especificado correctamente. Un enfoque recomendado es encontrar un modelo correctamente especificado usando OLS y luego usar las mismas variables en GWR.

Summary of OLS Results

Variable	Coefficient <sup>a</sup>	StdError	t-Statistic	Probability <sup>b</sup>	Robust_SE	Robust_t	Robust_P <sup>b</sup>	VIF <sup>c</sup>
Intercept	9947.038596	44.461950	223.720250	0.000000*	43.232352	230.083219	0.000000*	-----
HOSPBEDSD	453.838027	94.410182	4.807088	0.000006*	95.160978	4.769161	0.000007*	1.789789
EVANDMAND	0.399674	0.036395	10.981628	0.000000*	0.041993	9.517526	0.000000*	3.476159
IMAGINGD	0.359023	0.165592	2.168123	0.032424*	0.161761	2.219469	0.028620*	3.044556
HOUSTOND	-0.001145	0.000115	-9.999029	0.000000*	0.000104	-10.976894	0.000000*	1.329077
PQH10D	1.041130	0.220645	-4.718573	0.000009*	0.213298	4.881106	0.000005*	1.528101

OLS Diagnostics

Input Features	Study Area	Dependent Variable	TOTAL_COSTS_2010
Number of Observations	110	Akaike's Information Criterion (AIC) <sup>d</sup>	1672.966945
Multiple R-Squared <sup>d</sup>	0.870841	Adjusted R-Squared <sup>d</sup>	0.864631
Joint F-Statistic <sup>e</sup>	140.241872	Prob(>F), (5, 104) degrees of freedom	0.000000*
Joint Wald Statistic <sup>e</sup>	556.069919	Prob(>chi-squared), (5) degrees of freedom	0.000000*
Koenker (BP) Statistic <sup>f</sup>	27.470483	Prob(>chi-squared), (5) degrees of freedom	0.000046*
Jarque-Bera Statistic <sup>g</sup>	1.591597	Prob(>chi-squared), (2) degrees of freedom	0.451221



Dispersed

Random

Clustered

Realice seis comprobaciones utilizando OLS antes de ejecutar GWR.

En el informe de diagnóstico OLS, hay una estadística llamada estadística de Koenker. La estadística de Koenker (BP) es un valor que indica si las variables independientes




en el modelo tienen una relación consistente con la variable dependiente tanto en el espacio geográfico como en el espacio de datos. Un valor de Koenker estadísticamente significativo, o un asterisco (\*) junto a él, indica que las relaciones modeladas no son consistentes.

Summary of OLS Results

Variable	Coefficient <sup>a</sup>	StdError	t-Statistic	Probability <sup>b</sup>	Robust_SE	Robust_t	Robust_Pr <sup>b</sup>	VIF <sup>c</sup>
Intercept	9947,038596	44,461950	223,720250	0,000000*	43,232352	230,083219	0,000000*	-----
HOSPBEDSD	453,838027	94,410182	4,807088	0,000006*	95,160978	4,769161	0,000007*	1,789789
EVANDMAND	0,399674	0,036395	10,981638	0,000000*	0,041993	9,517526	0,000000*	3,476159
IMAGINGD	0,359023	0,165592	2,168123	0,032424 <sup>d</sup>	0,161761	2,219469	0,028620*	3,044556
HOUSTOND	-0,001145	0,000115	-9,999029	0,000000*	0,000104	-10,976894	0,000000*	1,329077
PQI10D	1,041130	0,220645	4,718573	0,000009*	0,213298	4,881106	0,000005*	1,528101

OLS Diagnostics

Input Features	Study Area	Dependent Variable	TOTAL_COSTS_2010
Number of Observations	110	Akaike's Information Criterion (AICc) <sup>d</sup>	1672,966945
Multiple R-Squared <sup>d</sup>	0,870841	Adjusted R-Squared <sup>d</sup>	0,864631
Joint F-Statistic <sup>e</sup>	140,241872	Prob(>F), (5,104) degrees of freedom	0,000000*
Joint Wald Statistic <sup>e</sup>	556,069919	Prob(> chi-squared), (5) degrees of freedom	0,000000*
Koenker (BP) Statistic <sup>f</sup>	27,470483	Prob(> chi-squared), (5) degrees of freedom	0,000046*
Jarque-Bera Statistic <sup>g</sup>	1,591597	Prob(> chi-squared), (2) degrees of freedom	0,451221

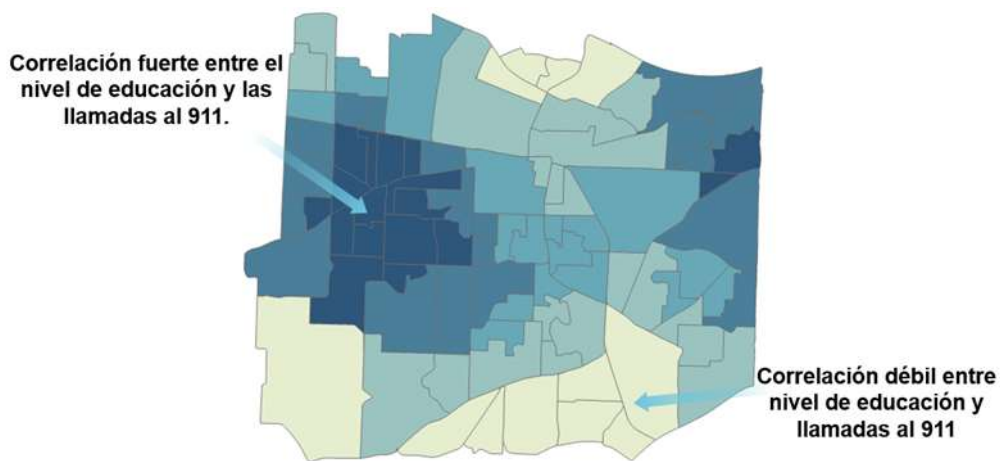




*Si la prueba de Koenker es estadísticamente significativa, use los valores de Probabilidad robusta para determinar la importancia del coeficiente.*

Dos son los factores principales que pueden causar significancia estadística en la prueba de Koenker:

- **No estacionariedad:** Ocurre cuando las relaciones entre la variable dependiente e independiente no son consistentes a través del espacio geográfico. En otras palabras, el modelo tiene un funcionamiento distinto para diferentes partes del área de estudio. Por ejemplo, los eventos de imágenes pueden predecir muy bien los costes médicos en un área, pero no en otra área.
- **Heteroscedasticidad:** Ocurre cuando las relaciones entre la variable dependiente y las variables independientes no son consistentes en el espacio de datos. En otras palabras, el modelo funciona de forma diferente en función de un rango de valores en la(s) variable(s) independiente(s). Por ejemplo, el modelo puede tener un mejor rendimiento para las áreas con un gasto médico menor que las áreas con un mayor gasto médico.

## GWR en acción



### Consejos de GWR

- Use GWR después de encontrar un modelo especificado correctamente usando OLS y las mismas variables independientes.
- Utilice GWR si la estadística de la prueba de Koenker tiene un asterisco (\*) al lado después de ejecutar OLS. El asterisco (\*) junto a la estadística de Koenker indica no estacionariedad estadísticamente significativa.
- Use GWR cuando esté pronosticando valores futuros basados en valores actuales y estimados.
- Una salida opcional de GWR es la creación de superficies de coeficientes para que pueda visualizar las relaciones entre cada variable independiente y variable dependiente para ver dónde las relaciones son más fuertes.
- GWR imprime R-cuadrado como una medida de bondad de ajuste para el modelo. Su valor varía de 0,0 a 1,0, siendo preferibles los valores más altos. Puede interpretarse como la proporción de la varianza de la variable dependiente explicada por el modelo de regresión. El denominador para el cálculo de R-cuadrado es la suma de los valores de las variables dependientes al cuadrado. Agregar una variable explicativa adicional al modelo no altera el denominador, pero sí altera el numerador, dando la impresión de una mejora en el ajuste del modelo que puede no ser real.
- Debido al problema descrito anteriormente para el valor de R-cuadrado, los cálculos para el valor de R-cuadrado ajustado normalizan el numerador y el denominador por sus grados de libertad. Esta acción tiene el efecto de compensar el número de variables en un modelo y, en consecuencia, el valor de R-cuadrado ajustado es casi siempre menor que el valor de R-cuadrado. Sin embargo, al hacer este ajuste, se pierde la interpretación del valor como proporción de la varianza explicada. En GWR, el número efectivo de grados de libertad es función del ancho de banda, por lo que el ajuste puede ser bastante marcado en comparación con un modelo global como OLS. Por esta razón, se prefiere el AICc como medio de comparación de modelos.

## Ejercicio 10: Aplicar la regresión ponderada geográficamente GWR

En este ejercicio, utilizará las mismas variables de un modelo especificado correctamente para obtener un mejor resultado al permitir la variación espacial en las relaciones de las variables. También utilizará GWR para predecir los costos de Medicare relacionados con la reducción de las tasas de deshidratación.

En este ejercicio, realizará las siguientes tareas:

- Ejecute GWR usando un modelo OLS correctamente especificado.
- Coeficientes de mapa para ver la variación en el espacio.
- Predecir usando GWR.

### Paso 1: Ejecute GWR utilizando un modelo OLS especificado correctamente

Reanudará con el mapa anterior y el ejemplo de factores determinantes que influyen en el gasto de Medicare.

- Restaura el proyecto de ArcGIS Pro y verifique que está viendo el mapa de Análisis de regresión.

Si no terminó el ejercicio anterior, vaya a C:\EsriTraining\SNAP\Results\Exercise10 e importe el mapa de resultados de Exercise10.mpkx para comenzar este ejercicio.

- Verifique que está viendo la ventana del informe de Regresión lineal generalizada.

Si la ventana del informe GLR no está abierta, vaya a C:\EsriTraining\SNAP\Results\Exercise10 y luego abra el archivo PNG del informe GLR.

- En la sección Diagnóstico GLR del informe GLR, busque la estadística de Koenker.

#### GLR Diagnostics

Input Features	Study Area	Dependent Variable	TOTAL_COSTS_2010
Number of Observations	110	Akaike's Information Criterion (AICc) <sup>d</sup>	1672.966945
Multiple R-Squared <sup>d</sup>	0.870041	Adjusted R-Squared <sup>d</sup>	0.864631
Joint F-Statistic <sup>e</sup>	140.241872	Prob(>F), (5,104) degrees of freedom	0.000000 <sup>*</sup>
Joint Wald Statistic <sup>e</sup>	556.069919	Prob(>chi-squared), (5) degrees of freedom	0.000000 <sup>*</sup>
Koenker (BP) Statistic <sup>f</sup>	27.470483	Prob(>chi-squared), (5) degrees of freedom	0.000046 <sup>*</sup>
Jarque-Bera Statistic <sup>g</sup>	1.591597	Prob(>chi-squared), (2) degrees of freedom	0.451221

Ejecutar GWR no requiere más esfuerzo para encontrar las variables correctas porque ha hecho ese trabajo usando OLS. Utilizará las mismas variables del modelo OLS correctamente especificado del ejercicio anterior cuando ejecute GWR.

- Cierre la ventana del informe Regresión lineal generalizada.
- En el panel Geoprocesamiento, busque y abra la herramienta Regresión ponderada geográficamente (GWR) y luego configure o confirme los siguientes parámetros:
  - Capa de entrada / Input Features: Study Area
  - Variable Dependiente / Dependent Variable: Total Costs 2010
  - Tipo de modelo / Model Type: continuo (gausiano) / continuous (Gaussian)
  - Variables explicativas / Explanatory Variables: HospBedsD, EvAndManD, ImagingD, HoustonD, PQI10D
  - Capa de Salida / Output Features: GWR
  - Tipo de vecindario / Neighborhood Type: banda de distancia / Distance Band
  - Método de selección de barrios / Neighborhood Selection Method: búsqueda dorada / Golden search
- Haga clic en Ejecutar.
- En el panel Geoprocesamiento, haga clic en Ver detalles para ver el diagnóstico.

En Errores y advertencias, si recibe una advertencia, puede ignorarla.

- En la pestaña Mensajes, desplácese hacia abajo y luego busque Diagnósticos del modelo.

R2	0.9024
AdjR2	0.8804
AICc	1667.9082
Sigma-Squared	189968.1083
Sigma-Squared MLE	155290.4897
Effective Degrees of Freedom	89.9201

Hay menos diagnósticos en el informe GWR que en el informe OLS, pero hay valores R-cuadrado y AIC ajustados. El modelo OLS del ejercicio anterior tenía un R-cuadrado ajustado de 0.86 y un AIC de 1672.

Al tener en cuenta la no estacionariedad, GWR proporciona un modelo mejorado de gastos de Medicare.

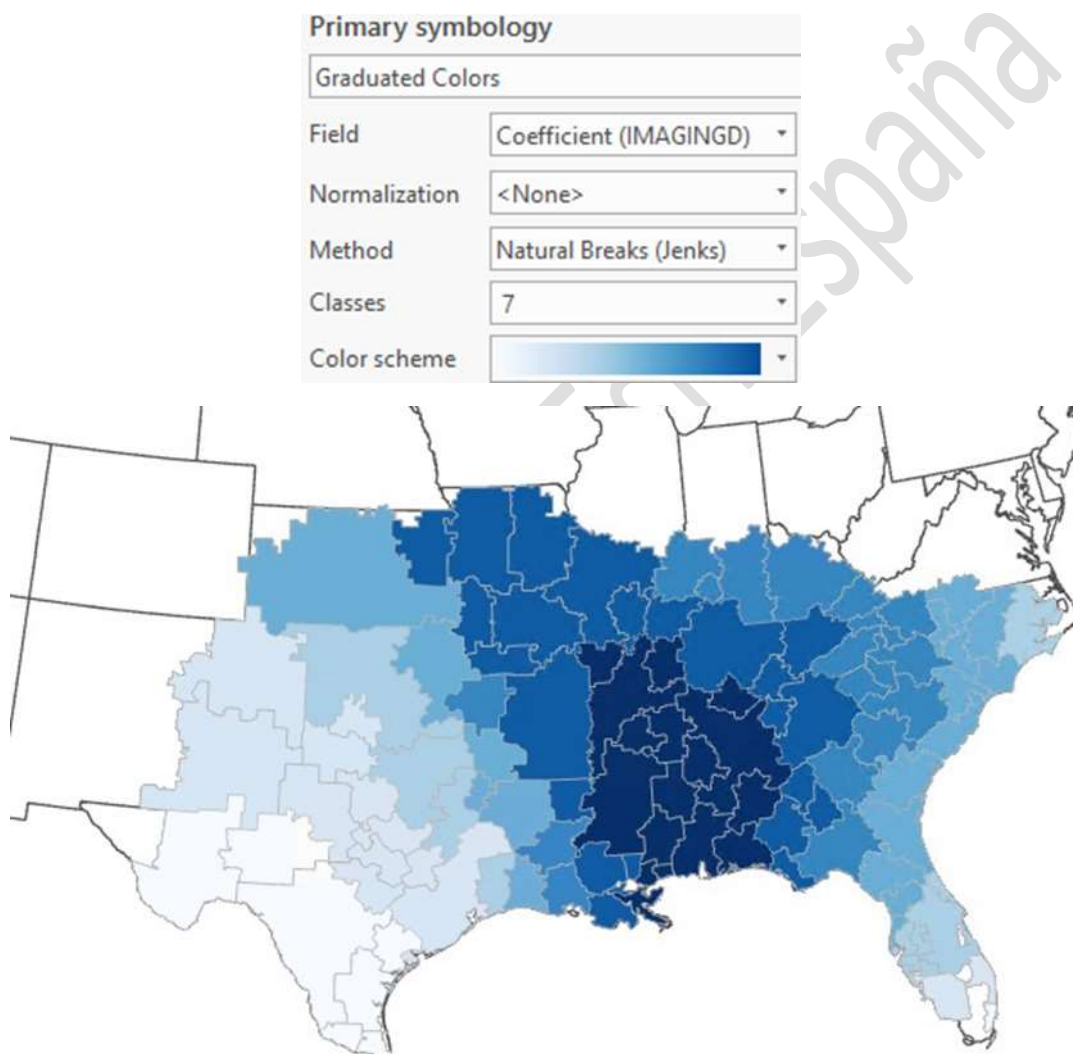
- Cierre la ventana Regresión ponderada geográficamente (GWR).

## Paso 2: Mapee los coeficientes para ver la variación en el espacio

Al igual que OLS, GWR crea una salida espacial. Puede simbolizar los datos utilizando los coeficientes para ver la fuerza de las correlaciones que tienen las variables en el espacio.

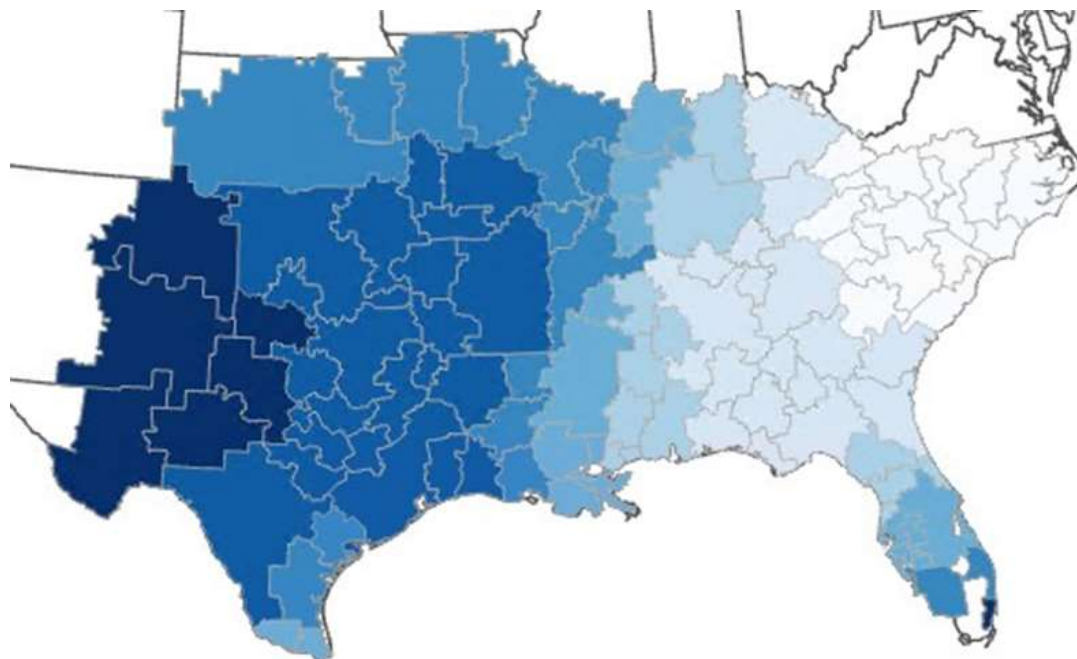
- En el panel Contenido, seleccione la capa GWR, si es necesario.
- En la pestaña Apariencia, en el grupo Dibujo, haga clic en la flecha hacia abajo de Simbología y elija Colores graduados / Graduated Colors.
- En el panel Simbología, para Campo, elija Coeficiente (IMAGINGD).
- Para Clases, asegúrese de elegir 7 clases y para Esquema de color, elija Azules (Continuos).

Sugerencia: haga clic en la flecha hacia abajo del esquema de colores y marque la casilla Mostrar nombres.



Las áreas más oscuras muestran ubicaciones donde la relación entre la cantidad de eventos de imágenes y el gasto de Medicare es más fuerte. Saber dónde son más fuertes las relaciones puede ayudarlo a enfocar cualquier esfuerzo de remediación o decidir cómo abordar el problema. A continuación, simbolizará la capa GWR con otro coeficiente.

- En el panel Simbología, cambie el Campo a Coeficiente (PQI10D), que es la tasa de deshidratación, y mantenga las otras configuraciones como están.



Ver el mapa de coeficientes para las tasas de deshidratación indica un proceso espacial subyacente. En la parte occidental del área de estudio (Texas), las tasas de deshidratación tienen un mayor impacto en los gastos de Medicare que en los estados del sureste, como las Carolinas y Georgia. El mapa no indica que haya más deshidratación en zonas oscuras o que haya más gasto; más bien, muestra que la relación entre las tasas de deshidratación y el gasto de Medicare es más fuerte.

Como alternativa, puede establecer un parámetro opcional para GWR para crear superficies de coeficientes para cada variable independiente especificando un espacio de trabajo de salida. Las superficies de los coeficientes son similares a cómo simbolizó la capa GWR en función del coeficiente. La superficie mostrará una correlación espacial entre las variables, pero será un conjunto de datos ráster.

En función de los resultados, puede orientar los programas de divulgación para ayudar a educar a las personas sobre cómo mantenerse adecuadamente hidratadas. No puede asignar recursos en todas partes, por lo que GWR ayuda a reducir las áreas problemáticas para que pueda enfocar los esfuerzos para resolver el problema.

### Paso 3: Predecir usando GWR

Acaba de ejecutar GWR nuevamente usando algunos parámetros adicionales para la predicción esta vez. Utilizará la mayoría de las mismas variables, pero en lugar de los datos reales de admisiones por deshidratación, utilizará una variable de deshidratación reducida creada previamente, que son las admisiones por deshidratación originales reducidas en un 50 por ciento.

- En el panel Historial, abra la ejecución anterior de la herramienta GWR y deje todos los parámetros que configuró anteriormente.

Sugerencia: si cerró el panel Historial: pestaña Análisis > grupo Geoprocesamiento > Historial.

- Expanda Opciones de predicción y configure los siguientes parámetros:
  - Lugares de predicción / Prediction location: Study Area
  - Variables explicativas para coincidir / Explanatory Variables to Match: debajo de campo de lugares de predicción, haga clic en la flecha hacia abajo PQI10D y seleccione ReducedDehydration.
  - Entidad de predicción de salida / Output Predicted Features: PredictReducedDehy

Explanatory Variables to Match	
Field from Prediction Locations	Field from Input Features
HospBedsD	HospBedsD
EvAndManD	EvAndManD
ImagingD	ImagingD
HoustonD	HoustonD
ReducedDehydration	PQI10D

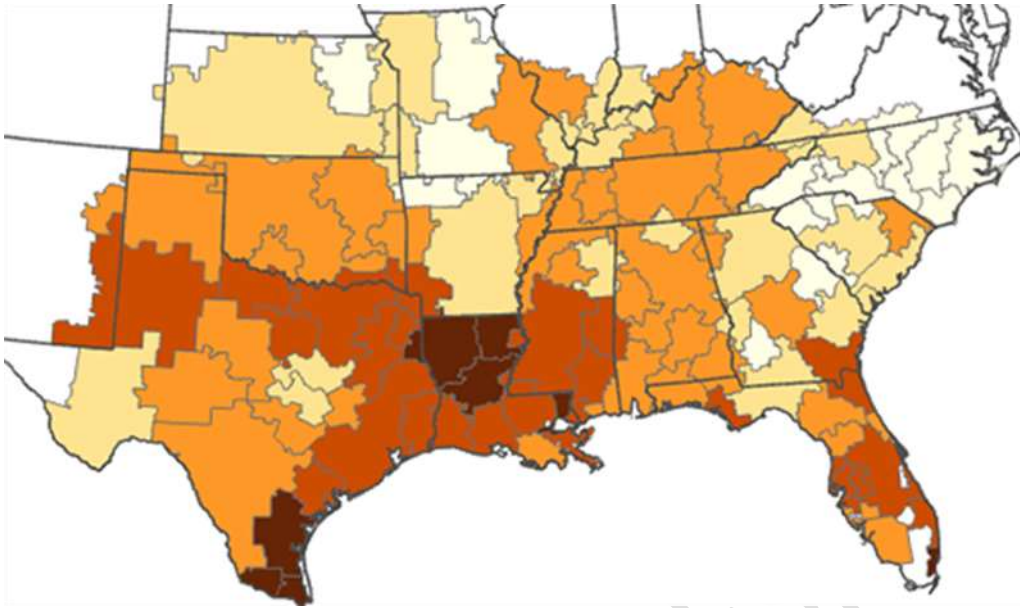
Output Predicted Features  
PredictReducedDehy

- Haga clic en Ejecutar.

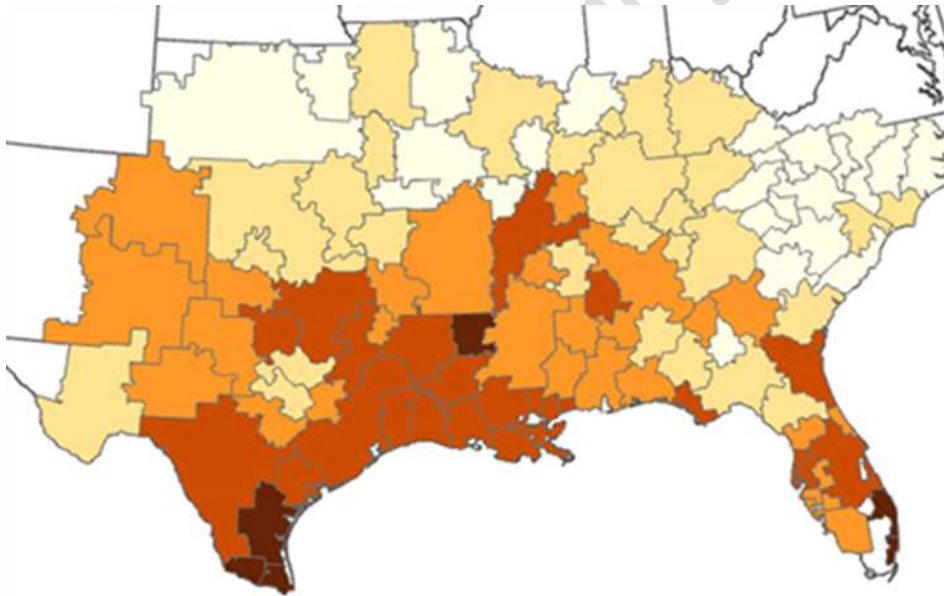
GWR comienza calibrando el modelo utilizando los datos originales, por lo que notará que los diagnósticos en el informe son los mismos. La diferencia es que después de completar el análisis original, GWR predice el impacto en función de las nuevas variables proporcionadas; en este caso, fue la deshidratación. Actualizará la simbología de la capa de predicción de salida para que coincida con el mapa original de gastos de Medicare, utilizando ese valor previsto para el costo.

- En el panel Contenido, asegúrese de que PredictReducedDehy esté seleccionado.
- En el panel Simbología, asegúrese de que la Simbología principal esté establecida en Colores graduados.
- En la esquina superior derecha del panel Simbología, haga clic en el botón Opciones y seleccione Importar simbología.
- En el panel Geoprocesamiento, para Capa de simbología, elija Área de estudio y luego haga clic en Ejecutar. Vuelva al panel Simbología.
- Para Campo, elija Previsto / Predicted (TOTAL\_COSTS\_2010).
- En el panel Contenido, haga que PredictReducedDehy, States y Study Area sean las únicas capas visibles.
- Deslice la capa de predicción y compárela con los valores originales.

Costos iniciales:



Predicción basada en la reducción de la deshidratación en un 50 por ciento:



Puede ver cuál sería el impacto de reducir la deshidratación en un 50 por ciento y las áreas donde sería más efectivo.

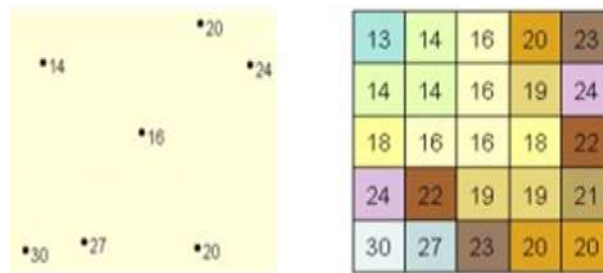
- Cierre la vista de mapa de Análisis de regresión, guarde el proyecto y deje ArcGIS Pro abierto.

## 23. Interpolación Geoestadística

Ha utilizado la interpolación determinista para crear superficies continuas a partir de puntos de muestra utilizando métodos deterministas. También aprendió que existe otro método de interpolación llamado interpolación geoestadística. En esta lección, aprenderá los conceptos básicos de la interpolación de estadísticas geográficas y creará una superficie de predicción.

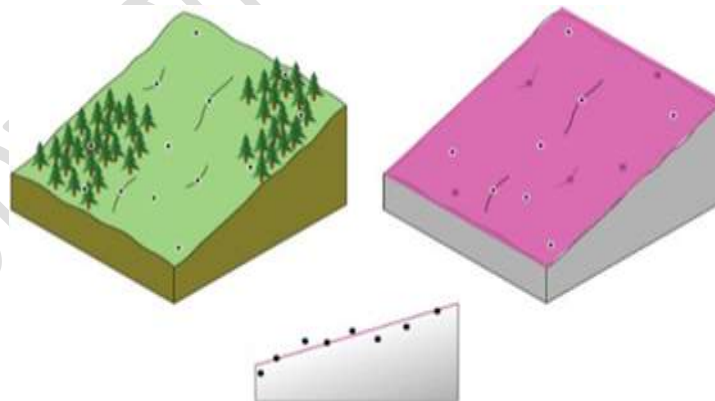
### Interpolación Determinística

Todos los interpoladores espaciales intentan predecir el valor de un atributo en ubicaciones desconocidas utilizando valores de atributo de ubicaciones muestreadas conocidas.



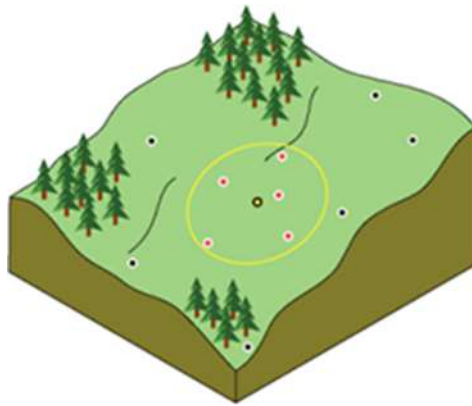
*La interpolación estima valores desconocidos utilizando valores conocidos.*

Anteriormente en el curso, utilizó métodos de interpolación deterministas para crear superficies a partir de ubicaciones de puntos conocidas, prediciendo valores desconocidos a partir de valores conocidos. Los interpoladores deterministas utilizan una fórmula matemática para calcular este valor predicho en función del grado de suavizado o similitud en relación con los puntos vecinos.



*Algunos interpoladores intentan ajustar una función matemática a una distribución de puntos, como doblar una hoja de papel para que se ajuste a la distribución.*

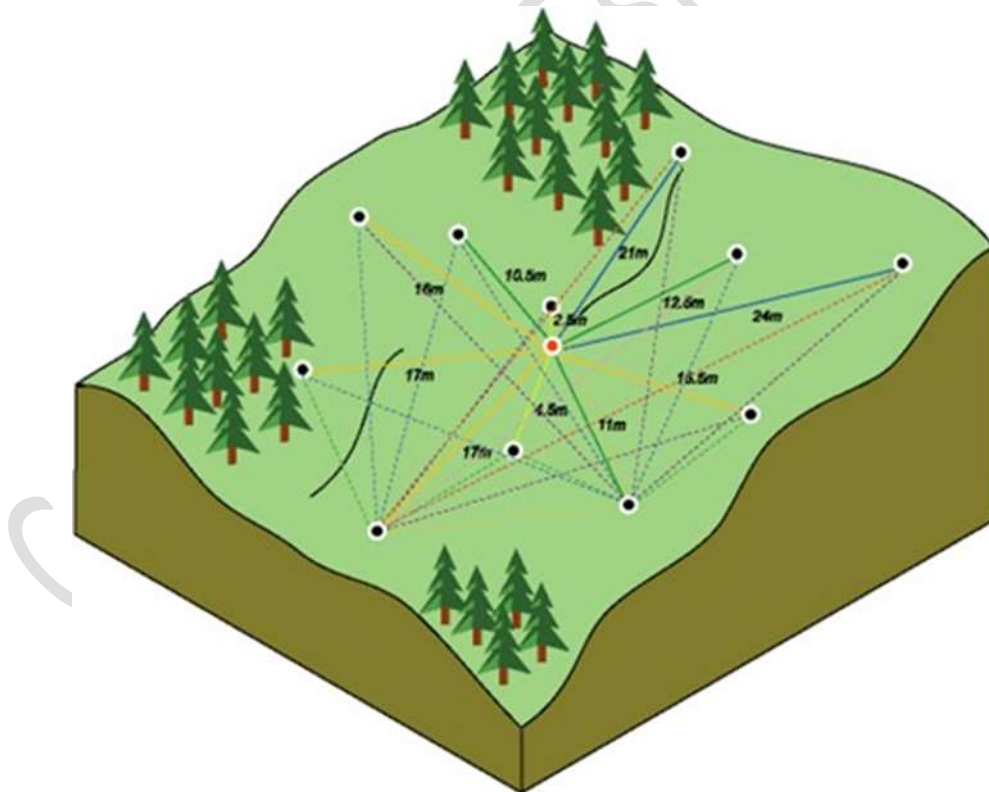
Cuando utiliza interpoladores deterministas, la salida está completamente determinada por la especificación del usuario de los valores de los parámetros y los datos. Cambiar los valores de estos parámetros puede producir resultados diferentes, pero no tienen en cuenta las propiedades estadísticas y la estructura espacial subyacente de los datos.



*En IDW, un método de interpolación determinista, el usuario puede especificar un vecindario de búsqueda. Solo los valores dentro de la vecindad de búsqueda determinan los valores desconocidos.*

## Interpolación geoestadística

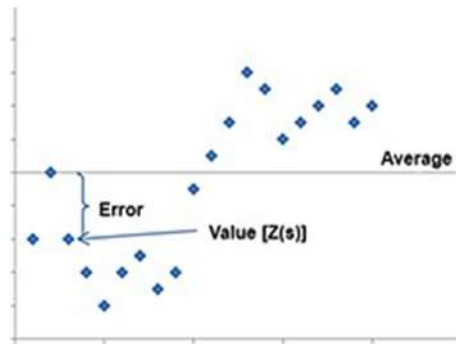
La interpolación geoestadística utiliza las propiedades estadísticas de los puntos medidos para predecir las ubicaciones desconocidas en la superficie. El proceso de modelar la correlación estadística entre todos los pares de puntos en un conjunto de datos permite inferir la dependencia espacial en función de la estructura espacial subyacente del conjunto de datos.



*La interpolación geoestadística modela la correlación estadística entre todos los pares de puntos conocidos en función tanto de la distancia que los separa como de sus valores*

La geoestadística se basa en la teoría de variables regionalizadas, que dice que la variación en una superficie se puede descomponer en tres componentes principales:

un componente de tendencia determinista, un componente de error autocorrelacionado y un componente de error aleatorio.



*Como ejemplo de estadísticas geográficas, los puntos azules representan una ubicación de muestra que incluye un valor de temperatura. Por lo tanto, puede calcular una media, que es una estadística. Los métodos deterministas ignoran incluso las estadísticas básicas, como la media.*

La interpolación geoestadística modela la correlación estadística entre todos los pares de puntos conocidos en función tanto de la distancia que los separa como de sus valores

## Kriging

Uno de los métodos de interpolación geoestadística más populares es el kriging. Kriging asume que al menos parte de la variación espacial observada en los fenómenos naturales se puede modelar mediante procesos aleatorios con autocorrelación espacial y requiere que la autocorrelación espacial se modele explícitamente.

### Supuestos de Kriging

Supuesto	Descripción
<b>Continuidad Espacial</b>	Cada ubicación en el área tiene un valor, pero no todos los valores están disponibles para usted.
<b>Autocorrelación Espacial</b>	Se supone que las ubicaciones más cercanas tienen un valor más cercano que las ubicaciones más alejadas.
<b>Estacionariedad</b>	La relación entre dos puntos y sus valores depende únicamente de la distancia entre ellos, no de su ubicación exacta.
<b>Distribución Normal</b>	Use histogramas y otros gráficos para verificar la distribución normal y aplicar la transformación si es necesario.

<b>Sin tendencias globales</b>	Hay un promedio constante en los valores de sus datos en toda la superficie. Puede eliminar tendencias.
<b>Agrupamiento Espacial (clustering)</b>	Los datos se distribuyen uniformemente, no están agrupados espacialmente, ya que los grupos no representarán adecuadamente el área de estudio.

Puede usar técnicas de kriging para describir y modelar patrones espaciales, predecir valores en ubicaciones no medidas y evaluar la incertidumbre asociada con un valor predicho en las ubicaciones no medidas.

### Flujo de trabajo geoestadístico

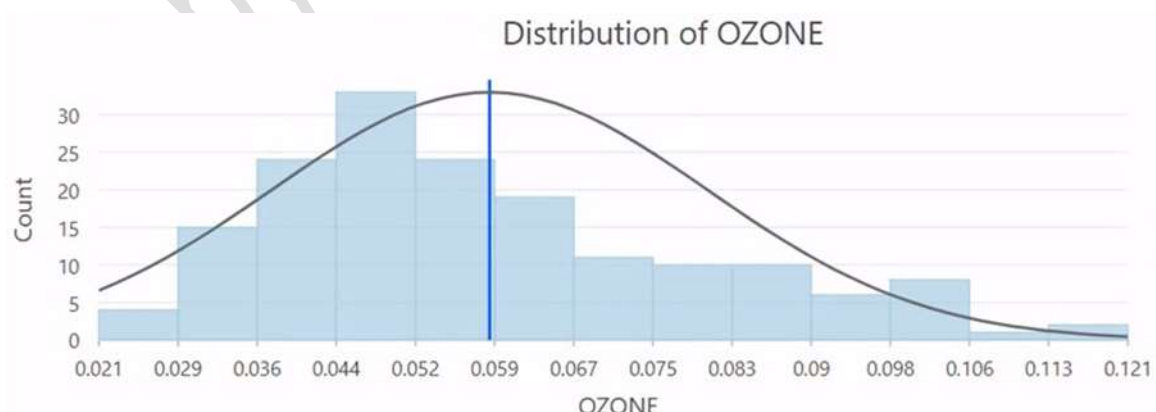
El flujo de trabajo para realizar la interpolación de estadísticas geográficas es más complejo que realizar la interpolación determinista. El conocimiento de los datos y de las diversas propiedades y opciones geoestadísticas de las herramientas es vital para crear una superficie de predicción válida.



*El flujo de trabajo de estadísticas geográficas consta de cinco pasos.*

### Análisis exploratorio de datos espaciales

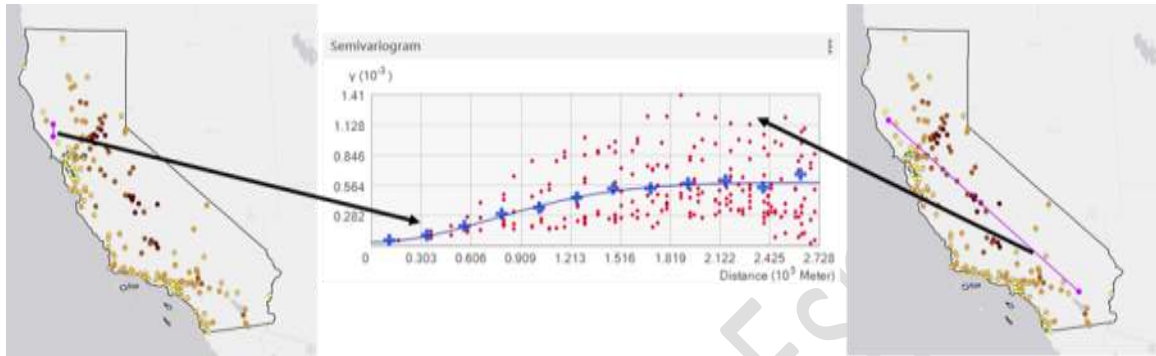
Prepararse para el kriging es el primer paso. Descubra si sus datos cumplen con los supuestos de kriging.



## Describir la estructura espacial de los datos.

Describir la estructura espacial de los datos implica comprender la variación espacial local (autocorrelación espacial) en los puntos de muestra.

La semivarianza es una medida de la diferencia de valor entre un par de puntos. El semivariograma te muestra que hay similitudes entre cada par de puntos a corta distancia, pero las características se vuelven menos similares a cierta distancia.



*Las cruces azules en el semivariograma representan los valores de semivarianza promedio dentro de diferentes distancias. La línea azul es el modelo de semivariograma que se ajusta a las cruces azules, que describe la estructura espacial (autocorrelación) en el conjunto de datos.*

## Ajuste del modelo de semivariograma

Después de haber creado una descripción de la estructura espacial (autocorrelación) en los datos a través del semivariograma empírico, intentará modelar esta estructura espacial usando una ecuación matemática que se ajuste mejor a los puntos azules, que representan los valores promedio del semivariograma para cada contenedor (retraso).

## Determinación de los pesos óptimos

Mida la distancia desde todos los puntos de muestra dentro de una vecindad de búsqueda del punto de interés desconocido. Luego use el valor modelado en el semivariograma para esa distancia para estimar los pesos usados para predecir el valor desconocido en esa ubicación.

## Validación cruzada

La validación cruzada es un procedimiento para probar qué tan bien el modelo predice valores en ubicaciones desconocidas. En la validación cruzada, un dato cuyo valor se conoce de forma independiente se elimina del conjunto de datos y el resto de los datos se utiliza para predecir su valor. Luego, esta estimación se compara con el valor real de la muestra para calcular el error del modelo.

## Ejercicio 11: Utilice el asistente de geoestadística para realizar una interpolación kriging

Ha utilizado métodos de interpolación deterministas para crear superficies a partir de puntos de muestra. Ahora, utilizará técnicas de estadísticas geográficas para crear una superficie de predicción. Analizará los mismos puntos de muestra de ozono de un ejercicio anterior, pero esta vez utilizará kriging.

En este ejercicio, realizará las siguientes tareas:

- Explorar datos usando gráficos.
- Realizar kriging utilizando el asistente de geoestadística.

### Paso 1: Configurar el proyecto de ArcGIS Pro

En este paso, preparará el proyecto para el ejercicio

- Si es necesario, inicie ArcGIS Pro y abra el proyecto SNAPCourse.

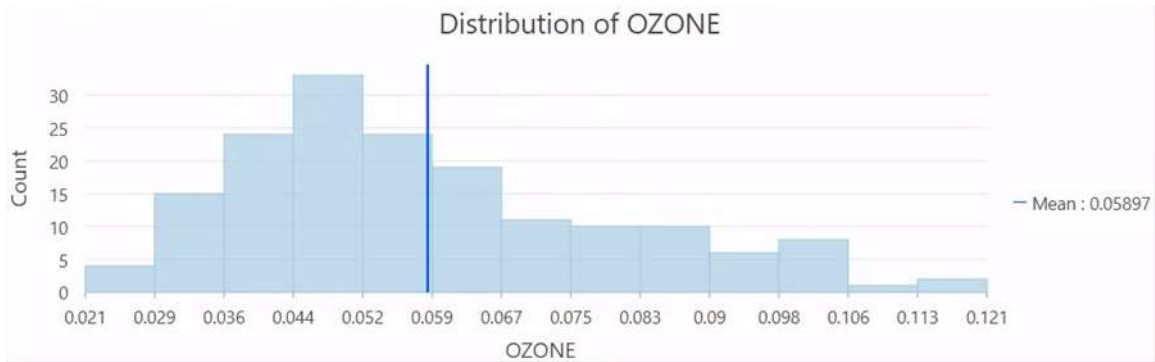
Si no terminó el ejercicio de interpolación anterior, en la pestaña Insertar, haga clic en Importar mapa, vaya a C:\EsriTraining\SNAP\Results\Exercise06 e importe el mapa de resultados de Exercise06.mpx para comenzar este ejercicio.

- En el panel Catálogo, expanda Mapas y luego abra el mapa Interpolation. Desactive todas las capas en el mapa excepto Samples y StateBoundary. Si es necesario, haga clic con el botón derecho en StateBoundary y elija Zoom To Layer.
- En la pestaña Análisis, haga clic en Entornos / Environments.
- Establezca la Extensión igual que la capa - StateBoundary y luego haga clic en Aceptar / Ok.

### Paso 2: Explorar la distribución de datos

La exploración de datos es importante para todos los análisis, pero es vital para kriging debido a las suposiciones que hace kriging sobre sus datos.

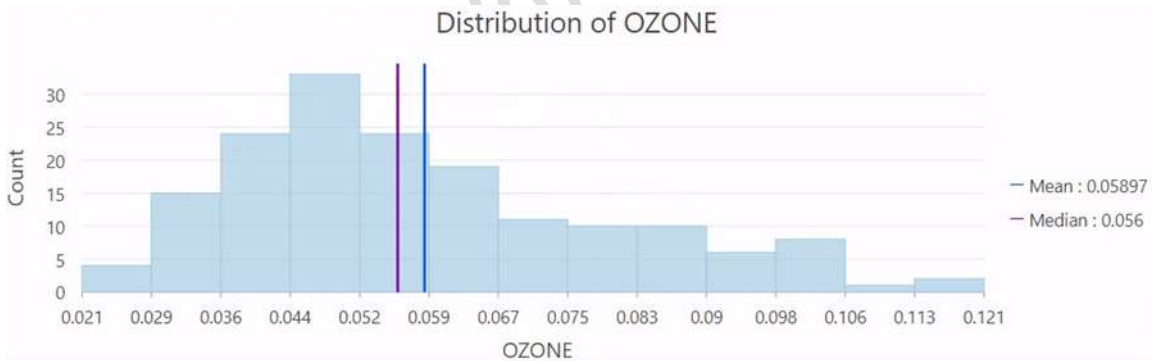
- En el panel Contenido, seleccione la capa Samples.
- En la pestaña Datos, haga clic en Crear gráfico / Create Chart y seleccione Histograma / Histogram.
- En el panel Propiedades de gráfico, para Número / Number, elija OZONE.



La media de los datos se muestra con la línea vertical azul en el gráfico

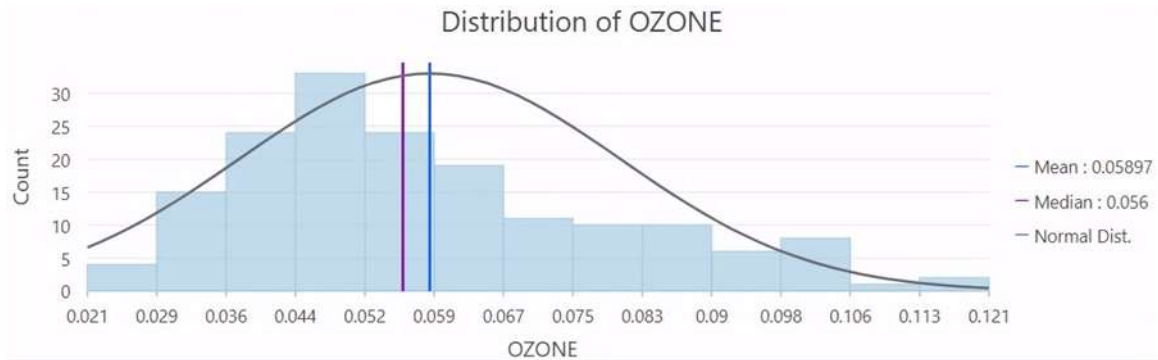
La altura de cada barra representa la frecuencia de los datos dentro de cada contenedor. En general, las características importantes de la distribución son su valor central (por ejemplo, la media y la mediana), la dispersión y la simetría. El histograma de datos de ozono indica que los datos son unimodales (una joroba) y casi simétricos. La cola derecha de la distribución indica la presencia de un número relativamente pequeño de puntos de muestra con grandes valores de concentración de ozono. Como verificación rápida, si la media y la mediana tienen aproximadamente el mismo valor, tiene una prueba de que los datos pueden tener una distribución aproximadamente normal.

- En el panel Propiedades de gráfico, marque la casilla Mediana / Median.



Los valores de la media y la mediana son 0,059 y 0,056, respectivamente, por lo que están muy cerca.

- En el panel Propiedades del gráfico, marque la casilla Mostrar distribución normal.



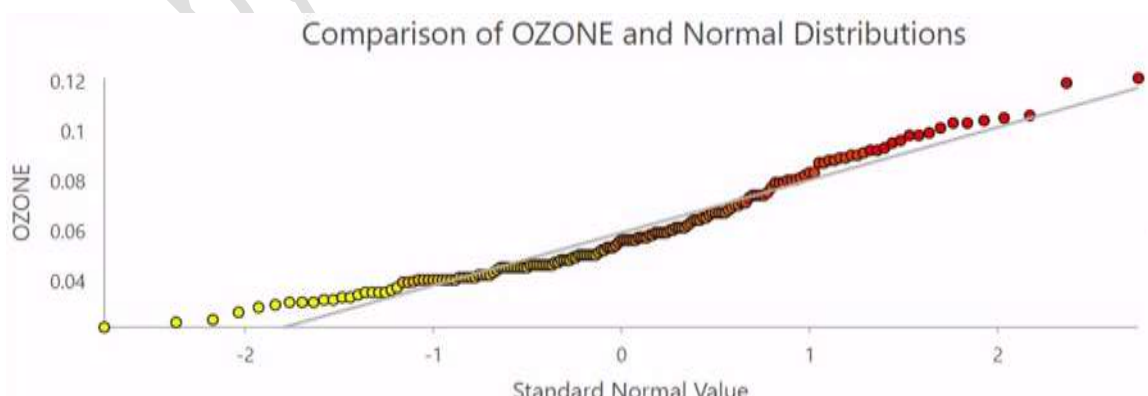
Aunque las medidas de ozono no encajan perfectamente en la curva en forma de campana, otros indicadores (como la media, la mediana y la curtosis) sugieren una distribución normal. Kriging asume que los datos se distribuyen normalmente, por lo que, si sus datos no son normales, debe aplicar una transformación. Puede visualizar lo que hará una transformación a los datos en el gráfico. Los gráficos están conectados a las características del mapa, por lo que puede seleccionar una columna en el histograma y ver las características asociadas seleccionadas en el mapa.

- En el histograma, arrastre un cuadro alrededor de las cuatro barras de la derecha para seleccionarlas.

Las entidades resaltadas en el mapa pertenecen a uno de los cuatro contenedores que seleccionó en el gráfico.

A continuación, continuará su análisis exploratorio utilizando un gráfico QQ.

- Cierre el gráfico.
- En la pestaña Datos / Data, en el grupo Selección, haga clic en Borrar/ Clear para borrar su selección.
- En la pestaña Datos, haga clic en Crear gráfico y elija Gráfica QQ / QQ Plot.
- En el panel Propiedades de gráfico, para Comparar la distribución de, seleccione OZONE.



Este gráfico QQ es normal, ya que representa los cuantiles de una variable numérica (OZONO) frente a los cuantiles de una distribución normal. Si las distribuciones de los cuantiles comparados son idénticas, los puntos graficados formarán una línea

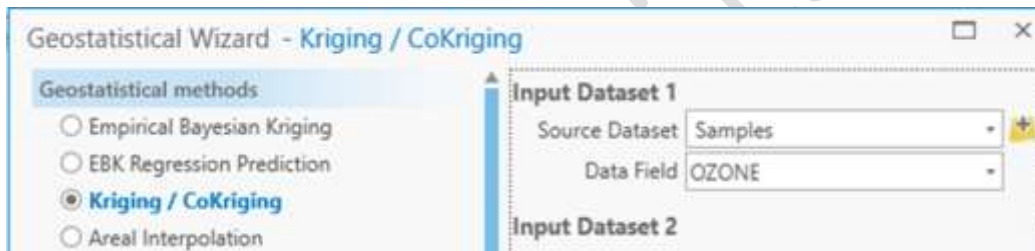
recta aproximada. Cuanto más se desvían los puntos graficados de una línea recta, menos similares son las distribuciones comparadas. En este caso, los valores de ozono siguen de cerca una distribución normal.

- Cierre el gráfico y el panel Propiedades del gráfico.

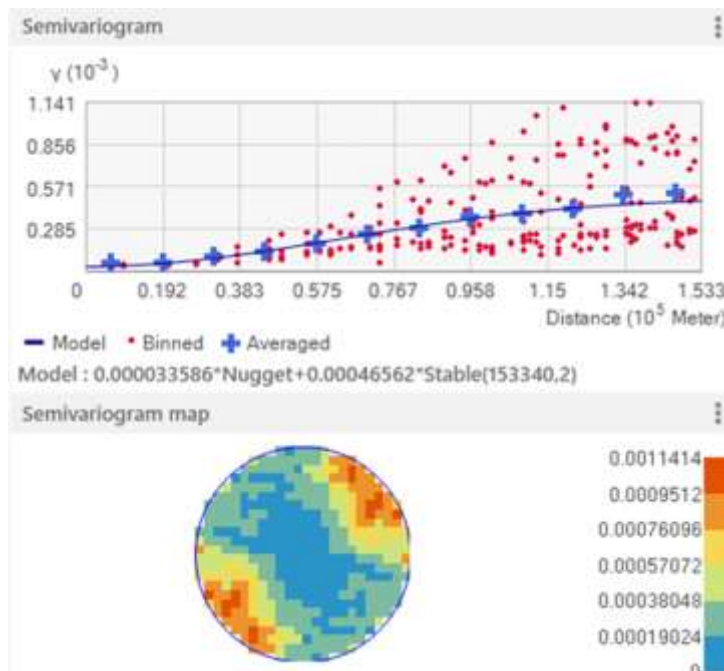
### Paso 3: Realice kriging con el Asistente de geoestadística

En este paso, utilizará el Asistente de Geoestadística / Geostatistical Wizard para realizar kriging.

- En la pestaña Análisis, en el grupo Flujos de trabajo, haga clic en Asistente de Geoestadística.
- Para Métodos de estadísticas geográficas, elija Kriging/CoKriging.
- Verifique que el Conjunto de datos de origen de los datos de entrada 1 esté configurado en Samples.
- Para Campo de datos, elija OZONO.



- Haga clic en Siguiente.
- Para Kriging simple / Simple Kriging, verifique que Predicción / Prediction esté seleccionada.
- Para Tipo de transformación, elija Ninguno / None.
- Haga clic en Siguiente.
- En Propiedades generales, para Tipo de función, elija Semivariograma.



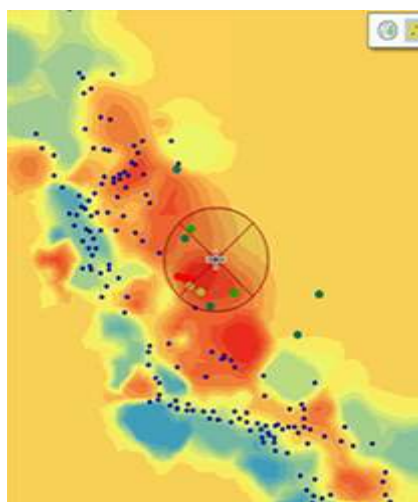
Se muestra el modelo de semivariograma, que le permite examinar las relaciones espaciales entre los puntos medidos.

- En la esquina superior derecha sobre el semivariograma, haga clic en los tres puntos y elija Mostrar valores agrupados para eliminar esos valores del semivariograma.

Esta modificación de la visualización del semivariograma lo ayuda a concentrarse en los valores de semivarianza promedio dentro de cada contenedor, que están representados por las cruces azules.

Ahora le gustaría ajustar el modelo de semivariograma para capturar las relaciones espaciales en los datos y usarlo en el modelo de predicción. Los objetivos son lograr el mejor ajuste e incorporar su conocimiento del fenómeno en el modelo. Puede cambiar los parámetros para obtener el mejor ajuste o puede dejar que ArcGIS Pro optimice el modelo.

- Haga clic en Siguiente.



Puede suponer que a medida que las ubicaciones se alejan de la ubicación de predicción, los valores medidos tienen menos autocorrelación espacial con la ubicación de predicción. Como estos puntos tienen poco o ningún efecto sobre el valor predicho, pueden eliminarse del cálculo de ese punto de predicción en particular definiendo una vecindad de búsqueda. Puede controlar el tamaño y la forma del vecindario de búsqueda y otras propiedades.

- Haga clic en Siguiente.

El panel final del asistente es para la validación cruzada. Aprendió sobre formas manuales en las que validar superficies anteriormente en el curso. Con el asistente de Geoestadística / Geostatistical Wizard, la validación está integrada.

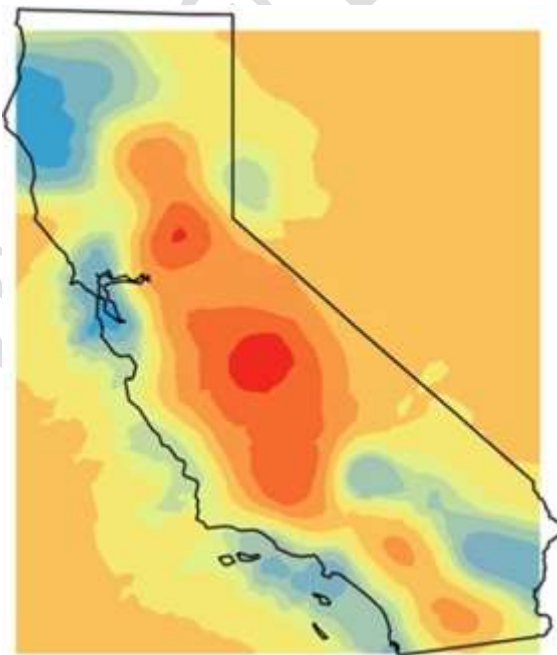
La validación elimina una ubicación de datos y predice los datos asociados usando los datos en el resto de las ubicaciones. El uso principal de esta herramienta es comparar el valor predicho con el valor observado para obtener información útil sobre algunos de los parámetros de su modelo.

- Haga clic en Finalizar.

El informe de método resume la información sobre el método y sus parámetros asociados que se utilizarán para crear la superficie de salida.

- Haga clic en Aceptar.

Si es necesario, aleje el mapa y luego desactive la capa Muestras.



La superficie creada es una capa en el proyecto y no un dataset ráster en una geodatabase. Para guardar la capa en el disco, haga clic con el botón derecho en la capa, apunte a Exportar capa y elija A rásteres.

- Encienda la capa Muestras.
- Investigue los puntos de muestra explorando el mapa.

- Evalúe visualmente qué tan bien la capa Kriging predeterminada representa los valores de ozono medidos.

En general, ¿ocurren predicciones altas de ozono en las mismas áreas donde se midieron las altas concentraciones de ozono?

Ha creado una superficie de estadísticas geográficas utilizando kriging. Aunque no modificó ningún parámetro, verá que hay muchas consideraciones de datos importantes cuando realiza kriging.

- Guarde el proyecto.

#### Paso 4: evaluar el valor previsto y el error

Una ventaja de la interpolación geoestadística es la capacidad de evaluar el error en los valores predichos. Utilizará el resultado de kriging como superficie para analizar una capa de ciudades de California como ubicaciones de puntos donde se realizarán predicciones y validaciones. El resultado es una capa de puntos que contiene cada ciudad, sus atributos originales, un valor de predicción y un valor de error estándar.

Primero creará una capa de puntos a partir de la capa Kriging.

- En el panel Contenido, haga clic con el botón derecho en la capa Kriging, apunte a Exportar capa y elija A puntos para abrir la herramienta GA Capa a puntos.
- En el panel Geoprocesamiento, establezca o confirme los siguientes parámetros:
  - Capa Geoestadística de Entrada / Input Geostatistical Layer: Kriging
  - Ubicaciones de observación de puntos de entrada / Input Point Observation Locations: C:\EsriTraining\SNAP\Interpolation\CaliOzone.gdb\ca\_cities
  - Estadísticas de salida en ubicaciones de puntos / Output Statistics At Point Locations: CityPredict
- Ejecute la herramienta.
- En el panel Contenido, abra la tabla de atributos CityPredict.

Cada ciudad ahora tiene un valor de ozono pronosticado y un valor de error estándar que indica el nivel de incertidumbre asociado con la predicción del ozono para cada ciudad.

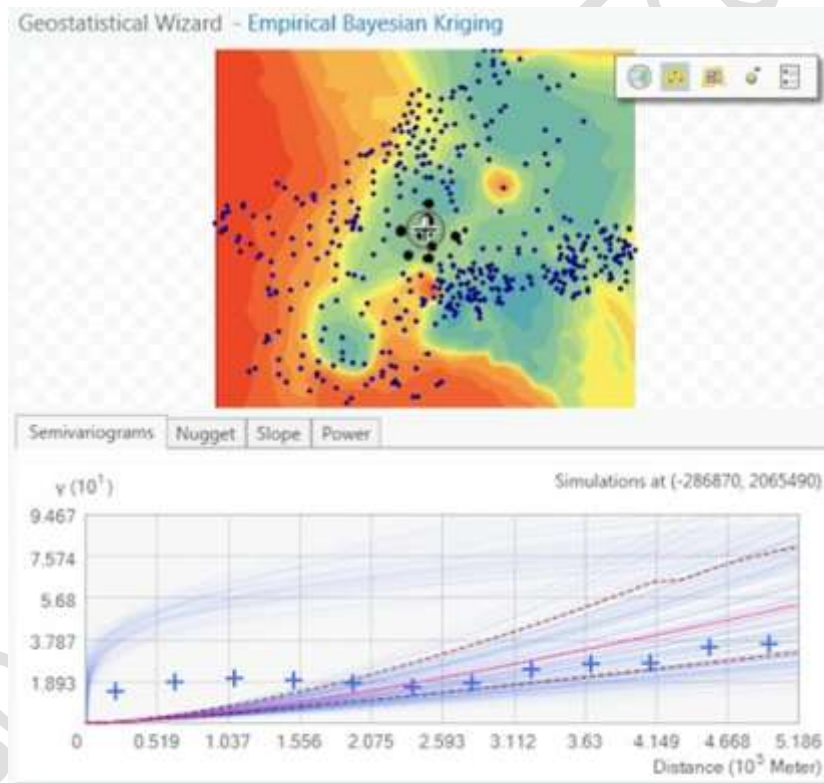
- Cierre la tabla y la vista de mapa de Interpolación.
- Guarde el proyecto y deje ArcGIS Pro abierto.

## 24. Kriging bayesiano empírico (EBK)

Empirical Bayesian kriging (EBK) es un método de interpolación geoestadística que automatiza los aspectos más difíciles de construir un modelo de kriging válido. Otros métodos de kriging en Geostatistical Analyst requieren que ajuste manualmente los parámetros para recibir resultados precisos, pero EBK calcula automáticamente estos parámetros a través de un proceso de creación de subconjuntos y simulaciones. EBK ofrece un enfoque de interpolación basado en datos.

Ventajas

- Requiere un modelado interactivo mínimo.
- Los errores estándar de predicción son más precisos que otros métodos de kriging.
- Permite predicciones precisas de datos moderadamente no estacionarios.
- Más preciso que otros métodos de kriging para pequeños conjuntos de datos.



*Este gráfico muestra semivariogramas simulados resultantes de utilizar el método EBK.*

También hay una herramienta llamada Empirical Bayesian Kriging 3D (EBK3D) que le permite interpolar puntos en 3D para tener en cuenta los cambios horizontales y verticales en los valores de los datos. Imagina que tienes puntos que representan muestras de gases de efecto invernadero en toda la atmósfera a diferentes altitudes. Podría usar EBK3D para interpolar valores donde no se registraron muestras.

## 25. Análisis 3D

A lo largo del curso, ha aplicado muchas herramientas de análisis para examinar las relaciones espaciales en los datos. Imagine poder ver los efectos que las montañas, los valles, los edificios y otros objetos 3D tienen en estas relaciones. Con el análisis 3D, puede detectar tendencias y patrones que no son tan evidentes en 2D. Además, muchas preguntas de análisis solo pueden responderse utilizando herramientas y visualización 3D.

En esta lección, aprenderá técnicas para analizar datos de entidades 3D y de superficie en ArcGIS Pro para identificar patrones que no aparecen en 2D. Realizará análisis de línea de visión, funciones 3D de búfer y usará herramientas de superposición 3D. La capacidad 3D está incluida en ArcGIS Pro, por lo que no es necesario tener aplicaciones separadas para manejar la visualización y el análisis 3D. Sin embargo, se requiere 3D Analyst para las herramientas de análisis 3D.

### Cuándo usar el análisis 3D

Hay muchos usos para el análisis 3D, como el análisis de recursos subterráneos, la determinación de la visibilidad o la línea de visión, el análisis de volumen de sombra y el análisis volumétrico y de área. En ArcGIS Pro, puede ver y editar datos 3D listos para usar. Si desea realizar un análisis 3D con herramientas de geoprocésamiento, debe tener la extensión 3D Analyst.

### Herramientas 3D

#### **Entidades multiparache (Multipatch features)**

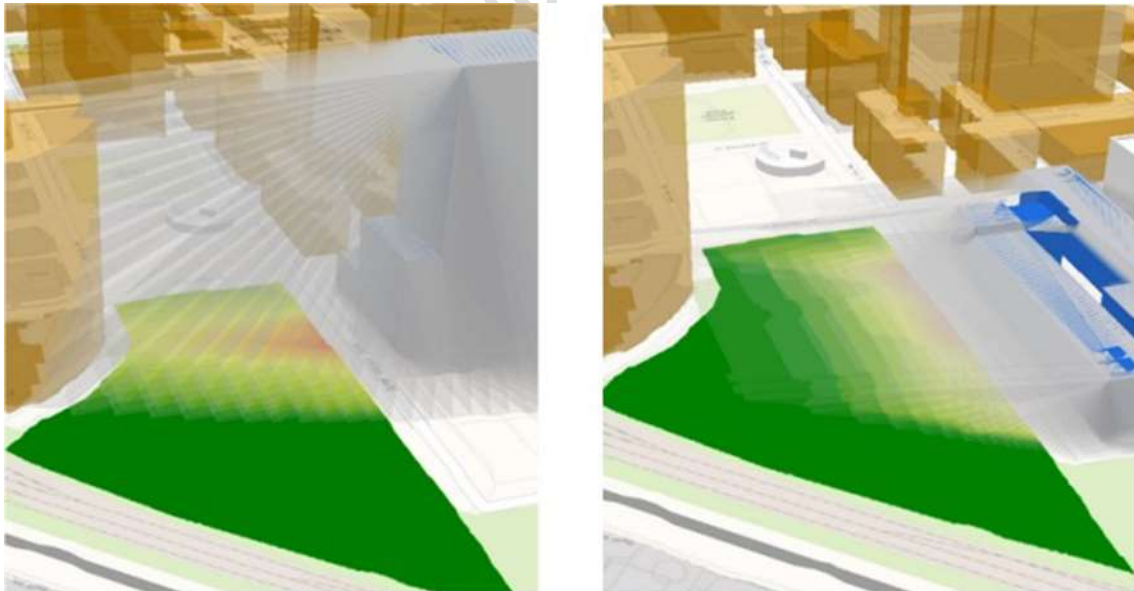
Una característica multiparache es un objeto GIS que almacena una colección de parches para representar el límite de un objeto 3D como una sola fila en una base de datos. Los parches almacenan información de textura, color, transparencia y geometría que representan partes de una característica. Todos los multiparches almacenan valores z como parte de las coordenadas utilizadas para construir parches. Cuando crea una clase de entidad, puede especificar multiparache como su tipo, en lugar de punto, línea o polígono.



*Un uso común de las entidades multiparache es representar edificios.*

### **Volumen de sombra solar**

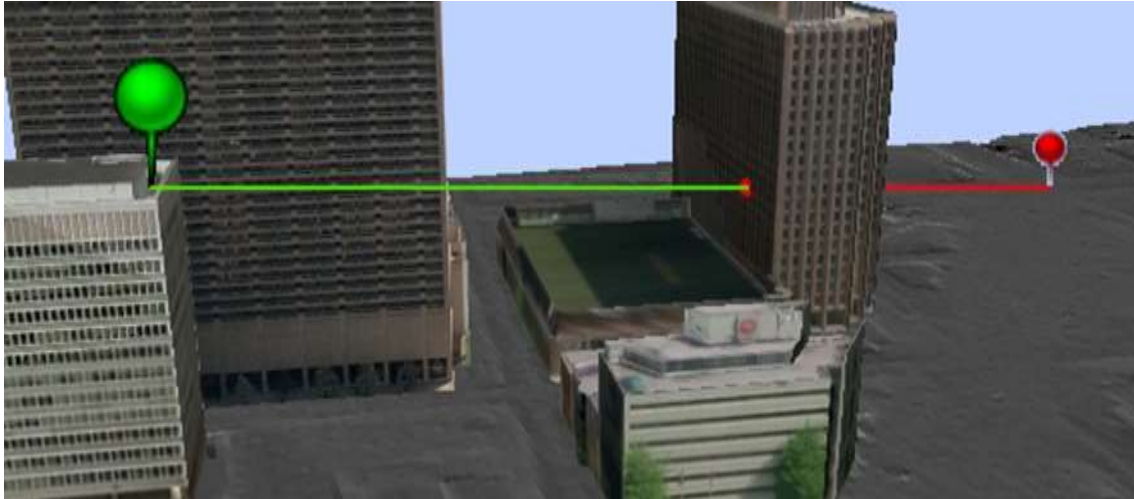
El volumen de la sombra del sol crea volúmenes que modelan las sombras proyectadas por cada función utilizando la luz del sol para una fecha y hora determinadas. Puede utilizar el análisis de volumen de sombra solar para visualizar los efectos de un nuevo edificio en las áreas circundantes, como un parque.



*Análisis de impacto de sombra en diferentes momentos del día o del año.*

### **Análisis de línea de visión**

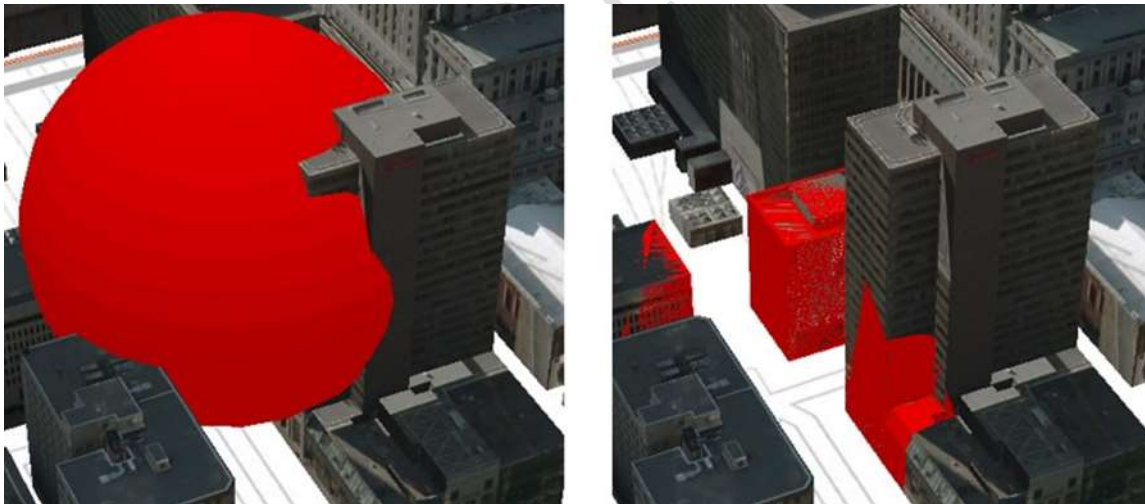
El análisis de línea de visión determina la visibilidad de las líneas de visión sobre obstrucciones que consisten en una superficie y un conjunto de datos multiparache opcional.



*Análisis de la línea de visión entre dos puntos.*

### **Análisis de entidades 3D**

El conjunto de herramientas Entidades 3D proporciona una colección de herramientas para construir entidades y evaluar propiedades geométricas en un espacio tridimensional. Puede crear zonas de influencia, intersectar y aplicar unión a entidades 3D como lo hace con entidades 2D.

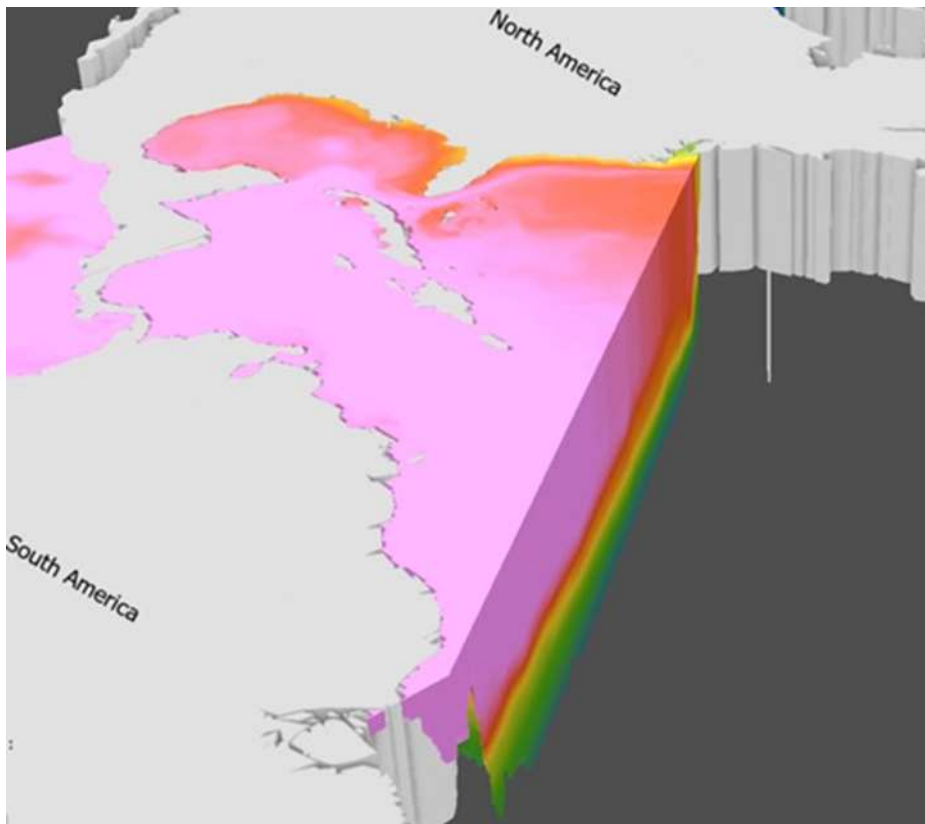


*Un búfer 3D intersecado con edificios 3D.*

- Zona de influencia 3D crea una zona de influencia tridimensional alrededor de puntos o líneas para producir entidades multiparache esféricas o cilíndricas.
- Intersect 3D calcula la intersección de entidades multiparache para producir multiparches cerrados que abarcan los volúmenes superpuestos, entidades multiparache abiertas desde las áreas de superficie comunes o líneas desde los bordes que se cruzan.

## Capas vóxel

Una capa de vóxel representa información espacial y temporal multidimensional en una visualización volumétrica 3D.



*En este ejemplo, los datos de temperatura del océano se visualizan como capas de vóxel basadas en datos volumétricos de un archivo netCDF.*

El análisis de capas de vóxel le permite realizar los siguientes tipos de análisis:

- Explorar volumen o superficies: represente capas de vóxel como volumen o superficies cambiando entre estos modos en el panel Contenido.
- Definir y explorar secciones: Se pueden crear secciones y cortes verticales y horizontales para ubicaciones específicas en la capa de vóxel, utilizando la barra de herramientas Sector y sección.
- Cree una iso-superficie: visualice un valor específico para todas las ubicaciones, por ejemplo, para ubicar valores clave o umbrales, utilizando la herramienta Crear iso-superficie (Create isosurface tool).
- Explore datos de vóxel a lo largo del tiempo: identifique cambios en los datos a lo largo del tiempo, como una cuarta o tercera dimensión en un cubo de espacio-tiempo, mediante la pestaña Tiempo.

## Ejercicio 12: Realizar análisis 3D

Utilizará edificios 3D y otras características en Montreal, Quebec, para realizar análisis de visibilidad utilizando las herramientas de 3D Analyst. También utilizará herramientas de entidades 3D para crear zonas de influencia e intersectar entidades 3D.

En este ejercicio, realizará las siguientes tareas:

- Realizar análisis de línea de visión.
- Elementos 3D de zona de influencia e intersección.

### Paso 1: Configurar el proyecto de ArcGIS Pro

Antes de trabajar con herramientas de análisis 3D, importará una escena y establecerá algunos entornos.

- Si es necesario, inicie o restaure ArcGIS Pro y visualice el proyecto SNAPCourse.
- En la pestaña Insertar, haga clic en Importar mapa.
- Vaya a C:\EsriTraining\SNAP\3D Analysis e importe Montreal.mapx.



El archivo de mapa contiene la definición de una escena 3D que tiene edificios, una ruta y puntos de observación para Montreal, Quebec. A continuación, establecerá entornos de análisis.

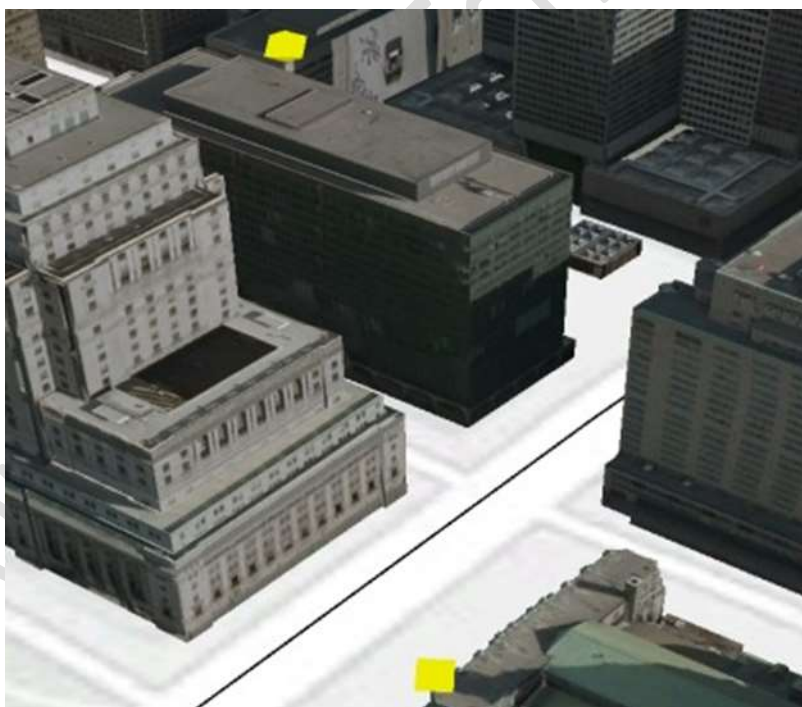
- En la pestaña Análisis, haga clic en Entornos.
- Para Sistema de coordenadas de salida, elija Edificios.

- En Extensión, elija Igual que la capa - Edificios.
- Limpie la máscara, si es necesario.
- Haga clic en Aceptar.

## Paso 2: Crear líneas de visión

Los eventos especiales (eventos deportivos, conciertos o desfiles) pueden atraer a miles de personas, presentando preocupaciones de seguridad para los planificadores de seguridad y las fuerzas del orden. Una parte clave de la planificación de la seguridad en este tipo de eventos consiste en observar a las multitudes. La vigilancia se puede lograr colocando cámaras de vigilancia en lugares estratégicos. Muchos organismos encargados de hacer cumplir la ley pueden ubicar a los agentes en los tejados u otros puntos elevados para observar el comportamiento de la multitud durante los eventos especiales. En este ejercicio, realizará un análisis de línea de visión para un evento en Montreal.

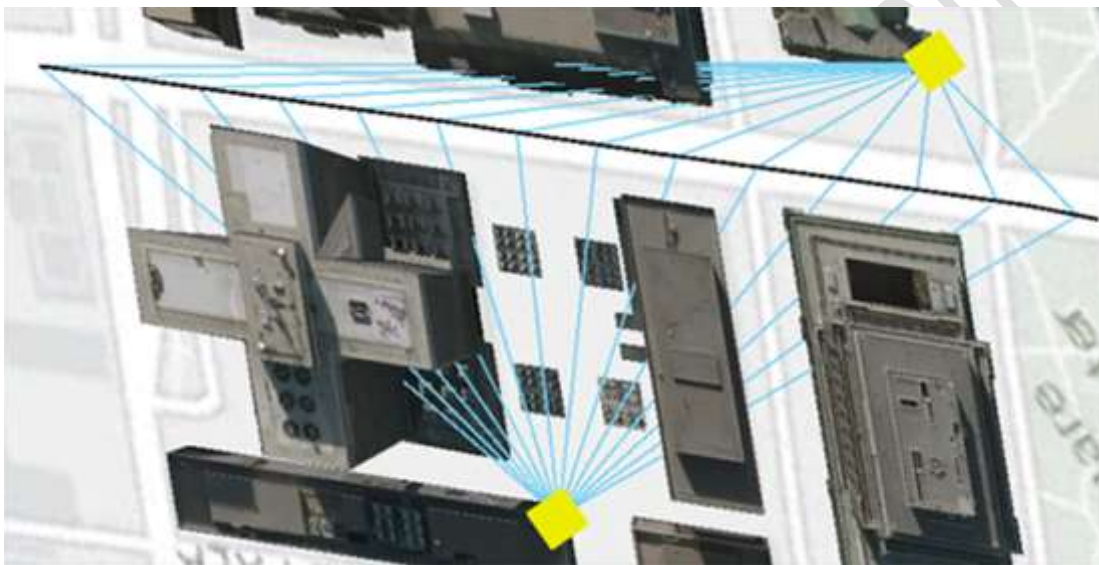
- En el panel Contenido, haga clic con el botón derecho en la capa Observadores y elija Zoom a capa.
- Incline y navegue por la escena para ver los observadores y la ruta.



Su punto de vista puede ser diferente.

Los dos puntos amarillos representan observadores, ya sea una cámara o una persona. Utilizará la funcionalidad 3D para determinar lo que cada observador potencial puede ver a lo largo de la ruta. Primero, creará líneas, llamadas líneas de visión, entre cada uno de sus puntos de observación y la ruta. Las líneas de visión son un parámetro obligatorio en la herramienta Línea de visión. Espaciará estas líneas a 30 pies de distancia a lo largo de la ruta.

- En el panel Geoprocesamiento, en la caja de herramientas Herramientas de 3D Analyst, vea los conjuntos de herramientas.
- Amplie visibilidad.
- Abra la herramienta Construir líneas de visión y configure los siguientes parámetros:
  - Puntos de observador / Observer Points: observers
  - Características de destino / Target Features: Route
  - Salida / Output: SightLines
  - Distancia de muestreo / Sampling distance: 30
- Deje los valores predeterminados restantes y haga clic en Ejecutar.



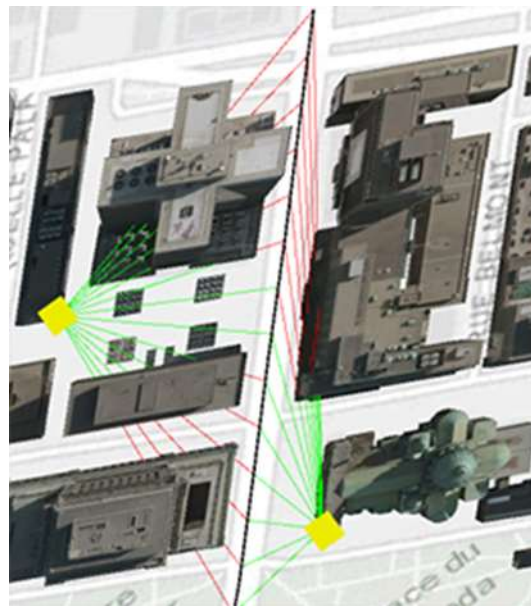
Las líneas de visión se agregan desde cada observador a la ruta. Algunas de estas líneas de visión están obstruidas por edificios, mientras que otras no.

- En el panel Contenido, desactive la capa SightLines.

### Paso 3: Realizar análisis de línea de visión

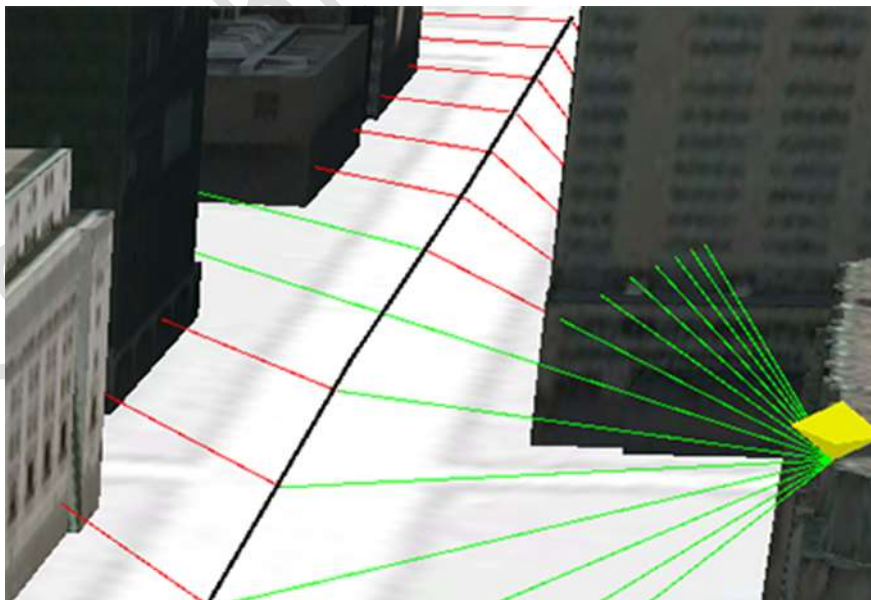
A continuación, utilizará las líneas de visión como entrada para el análisis de la línea de visión.

- En el panel Geoprocesamiento, desde el conjunto de herramientas Visibilidad, abra la herramienta Línea de visión y luego configure los siguientes parámetros:
  - Superficie de entrada / Input surface: MontrealDEM
  - Entidades de línea de entrada / Input Line Features: SightLines
  - Entidades de entrada / Input Features: Buildings
  - Entidad de salida / Output Feature Class: LOS
- Haga clic en Ejecutar.



En la capa LOS, las líneas verdes indican líneas de visión visibles. Las líneas rojas indican líneas de visión que están bloqueadas (es decir, los edificios bloquean la visibilidad de los observadores de partes de la ruta).

- Navegue por la escena para ver las líneas de visión y cómo se ven afectadas por los edificios.



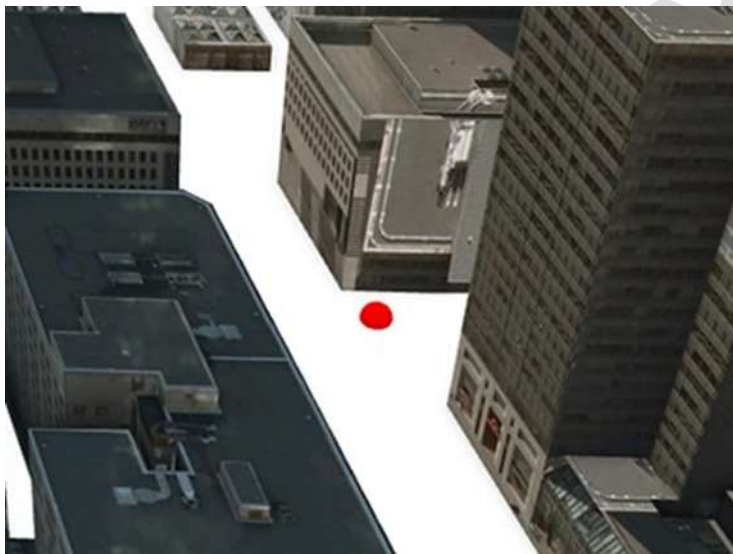
A veces, una línea de visión puede comenzar como visible, pero volverse roja (no visible) cuando está obstruida.

- Guarde el proyecto.

## Paso 4: Cree un búfer 3D

El siguiente escenario involucra una explosión ficticia de una tubería de vapor en una ciudad. La tubería está potencialmente envuelta en asbesto, un carcinógeno conocido, por lo que el sitio debe declararse un "área de contención de asbesto". La explosión podría haber roto las ventanas y los sellos de las ventanas, permitiendo que la contaminación ingrese a los edificios. La pregunta que surgió fue qué edificios en el área necesitarían ser muestreados en función de una distancia establecida de la explosión. Utilizará un búfer 3D y una herramienta de superposición para ayudar a responder la pregunta sobre qué edificios se deben muestrear.

- En el panel Contenido, haga que PipeExplosion, Buildings y Elevation Surfaces\MontrealDEM sean las únicas capas visibles.
- En la pestaña Mapa, haga clic en Marcadores y elija Explosión de tuberías.



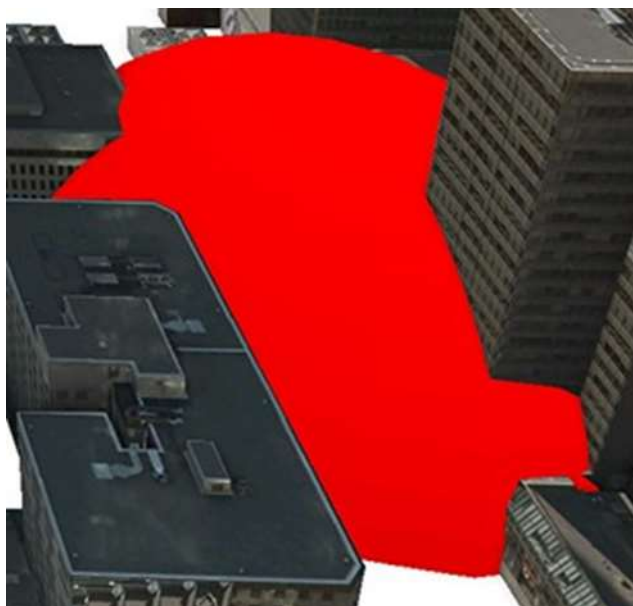
El símbolo rojo indica dónde se rompió la tubería de vapor. Ha utilizado la herramienta Zona de influencia para crear zonas de influencia para entidades 2D, pero hay otra herramienta de zona de influencia específica para entidades 3D que utilizará para este análisis.

- En el panel Geoprocesamiento, regrese a la caja de herramientas de 3D Analyst y expanda el conjunto de herramientas Proximidad 3D.

Los conjuntos de herramientas Proximidad 3D e Intersecciones 3D contienen herramientas para realizar operaciones de zona de influencia, intersección, unión y proximidad en entidades 3D.

- Abra la herramienta Buffer 3D y configure los siguientes parámetros:
  - Entidades de entrada: PipeExplosion
  - Entidad de salida: Pipe3DBuffer
  - Distancia: 50 Metros

- Deje los valores predeterminados restantes y haga clic en Ejecutar.
- En el panel Contenido, cambie el color de la capa Pipe3DBuffer a un rojo brillante. Sugerencia: haga clic con el botón derecho en el símbolo.



Una zona de influencia plana sería plana en una superficie 2D, pero debido a que está trabajando en una escena 3D y utilizando herramientas de análisis 3D, la zona de influencia es una entidad multiparache que contiene valores z.

- Guarde el proyecto.

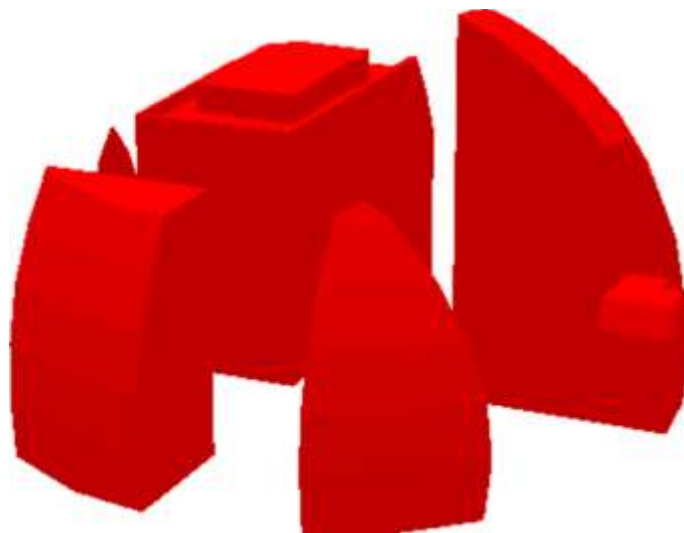
### Paso 5: Intersección de entidades 3D

A continuación, utilizará una herramienta de intersección 3D para encontrar solo las partes de intersección de los edificios. Al igual que con las herramientas de intersección para entidades 2D, una intersección 3D combina atributos de entidades de intersección. En este ejemplo, podría determinar los nombres de los edificios, las direcciones y la posible información de los residentes de las áreas afectadas.

- En el panel Geoprocesamiento, regrese a la caja de herramientas Herramientas de 3D Analyst.
- Expanda el conjunto de herramientas Intersecciones 3D y luego abra la herramienta Intersección 3D y configure los siguientes parámetros:
  - Entidades multiparache de entrada: Pipe3DBuffer
  - Entidades multiparache de entrada: Buildings
  - Entidad de salida: AffectedAreas
- Deje el valor predeterminado restante y haga clic en Ejecutar.

Ignore la advertencia. Aparece porque algunas entidades multiparache en la clase de entidad Edificios no están completamente encerradas, pero este problema no afectará sus resultados.

- En el panel Contenido, desactive la capa Pipe3DBuffer.
- Incline la escena para ver las entidades intersecadas desde varios ángulos.
- La textura de los edificios puede interferir con la visualización de las entidades superpuestas, por lo que puede desactivar la capa Edificios para ver mejor el resultado de la intersección.
- Haga que AffectedAreas sea la única capa visible.



Las áreas donde los edificios están en rojo es donde el radio de la explosión intersecó con los edificios y se deben analizar para detectar contaminación.

Con la capa Edificios desactivada, puede ver claramente las áreas donde se cruzan los edificios y la zona de influencia. Si tiene los datos apropiados, también puede usar el resultado de la intersección para seleccionar las características interiores del edificio, como las habitaciones. Esta acción le dará rápidamente una lista de ubicaciones para verificar si hay ventanas rotas para detectar una posible contaminación.

- Abra la tabla de atributos AffectedAreas.

BUFF_DIST	BUFF_QUAL	SourceID_2	BuildingShell...	Name	Description	Attribution/Source
50	20	3	BuildingShell/7/1			VM08_2009/GroundS...
50	20	5	BuildingShell/15/1			VM08_2009/GroundS...
50	20	10	BuildingShell/27/1			VM08_2009/GroundS...
50	20	31	BuildingShell/119/1			VM08_2009/GroundS...
50	20	33	BuildingShell/127/1			VM08_2009/GroundS...

Los atributos para el búfer y los edificios están en la capa AffectedAreas. Si la tabla de atributos tuviera más información, como la dirección, el nombre del ocupante, etc., también estaría en la tabla.

- Cierra la tabla y la escena de Montreal.
- Guarde el proyecto y luego salga de ArcGIS Pro.