

# Introducción a la Programación GIS

Una Guía Práctica de Python para Herramientas Geoespaciales de Código Abierto

Qiusheng Wu



# Introducción a la Programación GIS

Una Guía Práctica de Python para Herramientas  
Geoespaciales de Código Abierto

Qiusheng Wu  
2025

# Contents

<b>Prefacio .....</b>	<b>1</b>
Introducción .....	3
Para Quién Es Este Libro .....	3
Qué Cubre Este Libro .....	4
Aprovechando al Máximo Este Libro .....	5
Convenciones Usadas en Este Libro .....	5
Descargando los Ejemplos de Código .....	6
Tutoriales en Video .....	6
Ponte en Contacto .....	7
Agradecimientos .....	7
Sobre el Autor .....	8
Licenciamiento y Derechos de Autor .....	8
<b>I: Configuración del Software .....</b>	<b>11</b>
1. <i>Descripción General de Herramientas de Software .....</i>	<i>13</i>
1.1. Introducción .....	13
1.2. Objetivos de Aprendizaje .....	13
1.3. Herramientas de Software Esenciales .....	13
1.4. Integración de Herramientas y Flujo de Trabajo .....	15
1.5. Ejecutando Ejemplos de Código .....	16
1.6. Puntos Clave .....	16
2. <i>Introducción a la Gestión de Paquetes de Python .....</i>	<i>17</i>
2.1. Introducción .....	17
2.2. Objetivos de Aprendizaje .....	17
2.3. Instalando Conda (Miniconda) .....	18
2.4. Entendiendo Conceptos de Conda .....	19
2.5. Creando Tu Primer Entorno Geoespacial .....	20
2.6. Solucionando Problemas de Conda .....	21
2.7. Comandos Esenciales de Conda .....	22
2.8. Introduciendo uv: La Alternativa Rápida .....	26
2.9. Mejores Prácticas para Gestión de Paquetes .....	27
2.10. Puntos Clave .....	28
2.11. Ejercicios .....	28
3. <i>Configuración de Visual Studio Code .....</i>	<i>30</i>
3.1. Introducción .....	30
3.2. Objetivos de Aprendizaje .....	30
3.3. Instalando Visual Studio Code .....	31
3.4. Extensiones Esenciales para Programación Python .....	31
3.5. Configurar VS Code para Desarrollo Python .....	33
3.6. Atajos de Teclado Esenciales .....	35
3.7. Referencias y Aprendizaje Adicional .....	36
3.8. Puntos Clave .....	37
3.9. Ejercicios .....	37
4. <i>Control de Versiones con Git .....</i>	<i>39</i>
4.1. Introducción .....	39
4.2. Objetivos de Aprendizaje .....	40
4.3. Configuración de Cuenta de GitHub .....	40

4.4. Instalando Git .....	40
4.5. Configurando Git .....	41
4.6. Entendiendo Conceptos de Git .....	41
4.7. Comandos Esenciales de Git .....	42
4.8. Usando GitHub .....	45
4.9. Integración con VS Code .....	46
4.10. Mejores Prácticas para Proyectos Geoespaciales .....	46
4.11. Puntos Clave .....	47
4.12. Ejercicios .....	48
<b>5. Uso de Google Colab .....</b>	<b>50</b>
5.1. Introducción .....	50
5.2. Objetivos de Aprendizaje .....	50
5.3. Comenzando con Google Colab .....	50
5.4. Configurando tu Entorno Geoespacial .....	52
5.5. Características Esenciales de Colab .....	53
5.6. Ejecutar Ejemplos de Código en Colab .....	54
5.7. Puntos Clave .....	55
5.8. Ejercicios .....	55
<b>6. Trabajo con JupyterLab .....</b>	<b>56</b>
6.1. Introducción .....	56
6.2. Objetivos de Aprendizaje .....	56
6.3. Instalando y Configurando JupyterLab .....	56
6.4. Comenzando con JupyterLab .....	57
6.5. Atajos de Teclado Esenciales .....	60
6.6. Ejecutando Ejemplos de Código en MyBinder .....	62
6.7. Puntos Clave .....	62
6.8. Ejercicios .....	62
<b>7. Uso de Docker .....</b>	<b>65</b>
7.1. Introducción .....	65
7.2. Objetivos de Aprendizaje .....	65
7.3. Instalando Docker Desktop .....	65
7.4. Conceptos Básicos .....	67
7.5. Ejecutando Ejemplos de Código en Docker .....	67
7.6. Comandos Comunes de Docker .....	68
7.7. Puntos Clave .....	69
7.8. Ejercicios .....	70
<b>II: Fundamentos de Programación en Python .....</b>	<b>73</b>
<b>8. Variables y Tipos de Datos .....</b>	<b>75</b>
8.1. Introducción .....	75
8.2. Objetivos de Aprendizaje .....	75
8.3. Variables en Python .....	75
8.4. Nomenclatura de Variables .....	76
8.5. Tipos de Datos .....	77
8.6. Caracteres de Escape .....	78
8.7. Comentarios en Python .....	78
8.8. Trabajando con Variables y Tipos de Datos .....	79
8.9. Operaciones Básicas de Cadenas .....	79
8.10. Puntos Clave .....	80

8.11. Ejercicios .....	80
<b>9. <i>Estructuras de Datos de Python</i> .....</b>	<b>82</b>
9.1. Introducción .....	82
9.2. Objetivos de Aprendizaje .....	82
9.3. Tuplas .....	82
9.4. Listas .....	83
9.5. Conjuntos .....	86
9.6. Diccionarios .....	88
9.7. Guía de Selección de Estructura de Datos .....	91
9.8. Puntos Clave .....	92
9.9. Ejercicios .....	92
<b>10. <i>Operaciones con Cadenas</i> .....</b>	<b>95</b>
10.1. Introducción .....	95
10.2. Objetivos de Aprendizaje .....	95
10.3. Creando y Manipulando Cadenas .....	95
10.4. Métodos de Cadenas para Datos Geoespaciales .....	97
10.5. Formateo de Cadenas .....	100
10.6. Guía de Decisión de Operaciones de Cadenas .....	103
10.7. Puntos Clave .....	104
10.8. Ejercicios .....	104
<b>11. <i>Bucles y Declaraciones Condicionales</i> .....</b>	<b>106</b>
11.1. Introducción .....	106
11.2. Objetivos de Aprendizaje .....	106
11.3. Bucles For .....	106
11.4. Bucles While .....	108
11.5. Declaraciones de Control: Tomando Decisiones en Su Código .....	109
11.6. Combinando Bucles y Declaraciones de Control .....	111
11.7. Guía de Decisión para Bucles y Declaraciones de Control .....	113
11.8. Puntos Clave .....	113
11.9. Ejercicios .....	113
<b>12. <i>Funciones y Clases</i> .....</b>	<b>115</b>
12.1. Introducción .....	115
12.2. Objetivos de Aprendizaje .....	115
12.3. Funciones: Construyendo Bloques de Código Reutilizable .....	115
12.4. Clases: Organizando Datos y Comportamiento Juntos .....	121
12.5. Combinando Funciones y Clases .....	123
12.6. Directrices de Diseño de Funciones y Clases .....	123
12.7. Puntos Clave .....	124
12.8. Ejercicios .....	124
<b>13. <i>Trabajo con Archivos</i> .....</b>	<b>126</b>
13.1. Introducción .....	126
13.2. Objetivos de Aprendizaje .....	126
13.3. Creando un Archivo de Muestra .....	126
13.4. Lectura y Escritura de Archivos .....	127
13.5. Manejo de Excepciones .....	129
13.6. Combinando Manejo de Archivos y Manejo de Excepciones .....	130
13.7. Trabajando con Diferentes Formatos de Archivos .....	132
13.8. Puntos Clave .....	134

13.9. Ejercicios .....	134
<b>14. Análisis de Datos con NumPy y Pandas .....</b>	<b>137</b>
14.1. Introducción .....	137
14.2. Objetivos de Aprendizaje .....	137
14.3. Introducción a NumPy .....	138
14.4. Introducción a Pandas .....	148
14.5. Combinando NumPy y Pandas .....	155
14.6. Puntos Clave .....	156
14.7. Lectura Adicional .....	157
14.8. Ejercicios .....	157
<b>III: Programación Geoespacial con Python .....</b>	<b>159</b>
<b>15. Introducción a Python Geoespacial .....</b>	<b>161</b>
15.1. Introducción .....	161
15.2. El Ecosistema Python Geoespacial .....	161
15.3. Comprendiendo las Relaciones entre Bibliotecas .....	162
15.4. Configurando tu Entorno .....	162
15.5. Verificación y Primeros Pasos .....	164
15.6. Ruta de Aprendizaje y Vista General de Capítulos .....	164
15.7. Conceptos Clave a Recordar .....	165
15.8. Obteniendo Ayuda y Recursos .....	166
15.9. Próximos Pasos .....	166
15.10. Ejercicios .....	166
<b>16. Análisis de Datos Vectoriales con GeoPandas .....</b>	<b>167</b>
16.1. Introducción .....	167
16.2. Objetivos de Aprendizaje .....	167
16.3. Conceptos Centrales .....	168
16.4. Instalando GeoPandas .....	168
16.5. Creando GeoDataFrames .....	168
16.6. Leyendo y Escribiendo Datos Geoespaciales .....	169
16.7. Proyecciones y Sistemas de Referencia de Coordenadas (CRS) .....	171
16.8. Mediciones Espaciales y Análisis .....	172
16.9. Visualizando Datos Geoespaciales .....	175
16.10. Operaciones Geométricas Avanzadas .....	179
16.11. Relaciones Espaciales y Consultas .....	183
16.12. Mejores Prácticas y Consideraciones de Rendimiento .....	184
16.13. Puntos Clave a Recordar .....	184
16.14. Ejercicios .....	185
<b>17. Trabajo con Datos Ráster Usando Rasterio .....</b>	<b>186</b>
17.1. Introducción .....	186
17.2. Objetivos de Aprendizaje .....	186
17.3. Instalando Rasterio .....	187
17.4. Leyendo Datos Ráster .....	187
17.5. Visualizando Datos Ráster .....	190
17.6. Accediendo y Manipulando Bandas Ráster .....	198
17.7. Escribiendo Datos Ráster .....	199
17.8. Recortando Datos Ráster .....	200
17.9. Puntos Clave a Recordar .....	203
17.10. Ejercicios .....	203

<b>18. Análisis de Datos Multidimensionales con Xarray .....</b>	<b>206</b>
18.1. Introducción .....	206
18.2. Objetivos de Aprendizaje .....	206
18.3. Comprendiendo el Modelo de Datos de Xarray .....	207
18.4. Configurando tu Entorno .....	208
18.5. Cargando y Explorando Datos Climáticos Reales .....	208
18.6. Trabajando con DataArrays .....	210
18.7. Selección e Indexación Intuitiva de Datos .....	212
18.8. Realizando Operaciones en Datos Multidimensionales .....	213
18.9. Visualización de Datos con Xarray .....	214
18.10. Trabajando con Datasets: Múltiples Variables .....	217
18.11. El Poder de las Operaciones Basadas en Etiquetas .....	218
18.12. Técnicas de Indexación Avanzadas .....	219
18.13. Operaciones Computacionales de Alto Nivel .....	220
18.14. Entrada y Salida de Datos .....	223
18.15. Puntos Clave a Recordar .....	225
18.16. Lectura Adicional .....	225
18.17. Ejercicios .....	225
<b>19. Análisis de Ráster con Rioxarray .....</b>	<b>227</b>
19.1. Introducción .....	227
19.2. Objetivos de Aprendizaje .....	227
19.3. Configurando tu Entorno Rioxarray .....	228
19.4. Cargando y Explorando Datos Raster Georreferenciados .....	228
19.5. Operaciones Geoespaciales Fundamentales .....	231
19.6. Trabajando con Dimensiones Espaciales y Resolución .....	233
19.7. Visualizando Datos Raster Geoespaciales .....	235
19.8. Almacenamiento de Datos y Gestión de Archivos .....	238
19.9. Comparaciones de Sistemas de Coordenadas .....	240
19.10. Introducción a las Matemáticas de Bandas .....	242
19.11. Puntos Clave .....	246
19.12. Ejercicios .....	246
<b>20. Visualización Interactiva con Leafmap .....</b>	<b>249</b>
20.1. Introducción .....	249
20.2. Objetivos de Aprendizaje .....	250
20.3. Instalando y Configurando Leafmap .....	250
20.4. Creando Mapas Interactivos .....	251
20.5. Cambiando Mapas Base .....	254
20.6. Visualizando Datos Vectoriales .....	259
20.7. Creando Mapas de Coropletas .....	264
20.8. Visualizando Datos GeoParquet .....	265
20.9. Visualizando PMTiles .....	267
20.10. Visualizando Datos Raster .....	271
20.11. Accediendo y Visualizando Datos Abiertos de Maxar .....	278
20.12. Puntos Clave .....	285
20.13. Ejercicios .....	285
<b>21. Geoprocесamiento con WhiteboxTools .....</b>	<b>289</b>
21.1. Introducción .....	289
21.2. Objetivos de Aprendizaje .....	289

21.3. ¿Por qué Whitebox? .....	289
21.4. Recursos Útiles para Whitebox .....	291
21.5. Instalando Whitebox .....	291
21.6. Análisis de Cuencas Hidrográficas .....	292
21.7. Análisis de Datos LiDAR .....	306
21.8. Puntos Clave .....	314
21.9. Ejercicios .....	315
<b>22. <i>Mapeo 3D con MapLibre</i> .....</b>	<b>318</b>
22.1. Introducción .....	318
22.2. Objetivos de Aprendizaje .....	318
22.3. Recursos Útiles .....	318
22.4. Instalación y Configuración .....	318
22.5. Creando Mapas Interactivos .....	319
22.6. Agregando Controles de Mapa .....	320
22.7. Agregando Capas .....	323
22.8. Usando MapTiler .....	325
22.9. Mapeo 3D .....	326
22.10. Visualizando Datos Vectoriales .....	333
22.11. Visualizando Datos Raster .....	343
22.12. Agregando Componentes Personalizados .....	345
22.13. Visualizando PMTiles .....	352
22.14. Agregando Capas DeckGL .....	357
22.15. Exportando a HTML .....	360
22.16. Puntos Clave .....	361
22.17. Ejercicios .....	361
<b>23. <i>Computación en la Nube con Earth Engine y Geemap</i> .....</b>	<b>363</b>
23.1. Introducción .....	363
23.2. Objetivos de Aprendizaje .....	363
23.3. Introducción a Google Earth Engine .....	363
23.4. Introducción a los Mapas y Herramientas Interactivos .....	366
23.5. El Catálogo de Datos de Earth Engine .....	372
23.6. Tipos de Datos de Earth Engine .....	374
23.7. Datos Ráster de Earth Engine .....	374
23.8. Datos Vectoriales de Earth Engine .....	377
23.9. Más Herramientas para Visualizar Datos de Earth Engine .....	379
23.10. Procesamiento de Datos Vectoriales .....	389
23.11. Procesamiento de Datos Ráster .....	391
23.12. Exportación de Datos de Earth Engine .....	398
23.13. Creación de Animaciones Timelapse .....	400
23.14. Creación de Gráficos con Datos de Earth Engine .....	406
23.15. Puntos Clave .....	435
23.16. Ejercicios .....	436
<b>24. <i>Visualización de Datos Hiperespectrales con HyperCoast</i> .....</b>	<b>438</b>
24.1. Introducción .....	438
24.2. Objetivos de Aprendizaje .....	438
24.3. Configuración del Entorno .....	439
24.4. Encontrando Datos Hiperespectrales .....	439
24.5. Descargando Datos Hiperespectrales .....	441

24.6. Leyendo Datos Hiperespectrales .....	442
24.7. Visualizando Datos Hiperespectrales .....	442
24.8. Creando Cubos de Imagen .....	444
24.9. Corte Interactivo .....	445
24.10. Umbralización Interactiva .....	447
24.11. Puntos Clave .....	448
24.12. Ejercicios .....	448
<b>25. Análisis Geoespacial de Alto Rendimiento con DuckDB .....</b>	<b>450</b>
25.1. Introducción .....	450
25.2. Objetivos de Aprendizaje .....	451
25.3. Instalación y Configuración .....	451
25.4. Fundamentos de SQL para Análisis Espacial .....	453
25.5. Integración de API de Python .....	458
25.6. Importación de Datos .....	460
25.7. Exportación de Datos .....	464
25.8. Trabajando con Geometrías .....	466
25.9. Relaciones Espaciales .....	470
25.10. Uniones Espaciales .....	472
25.11. Análisis de Datos a Gran Escala .....	475
25.12. Puntos Clave .....	482
25.13. Ejercicios .....	483
<b>26. Procesamiento de Datos Geoespaciales con GDAL y OGR .....</b>	<b>487</b>
26.1. Introducción .....	487
26.2. Objetivos de Aprendizaje .....	488
26.3. Instalación y Configuración .....	488
26.4. Conjuntos de Datos de Muestra .....	488
26.5. Entendiendo Tus Datos .....	489
26.6. Transformación de Coordenadas .....	489
26.7. Conversión de Formatos .....	490
26.8. Recorte y Enmascarado .....	491
26.9. Análisis y Cálculos Ráster .....	492
26.10. Conversión Entre Ráster y Vectorial .....	493
26.11. Procesamiento de Geometría .....	494
26.12. Gestionando Campos y Capas .....	495
26.13. Teselado y Gestión de Datos .....	496
26.14. Procesamiento Avanzado de Ráster .....	498
26.15. Análisis de Terreno .....	499
26.16. Conclusiones Clave .....	505
26.17. Referencias y Lectura Adicional .....	506
26.18. Ejercicios .....	506
<b>27. Construcción de Paneles Interactivos con Voilà y Solara .....</b>	<b>509</b>
27.1. Introducción .....	509
27.2. Objetivos de Aprendizaje .....	510
27.3. Instalación de Voilà y Solara .....	510
27.4. Introducción a Hugging Face Spaces .....	510
27.5. Creación de una Aplicación Básica de Voilà .....	511
27.6. Creación de una Aplicación Web Avanzada con Solara .....	517
27.7. Puntos Clave .....	522

27.8. Ejercicios .....	523
<b>28. <i>Computación Distribuida con Apache Sedona</i></b> .....	<b>524</b>
28.1. Introducción .....	524
28.2. Objetivos de Aprendizaje .....	525
28.3. Instalación y Configuración de Apache Sedona .....	525
28.4. Descarga de Datos de Muestra .....	527
28.5. Conceptos Centrales y Estructuras de Datos .....	528
28.6. Operaciones y Funciones Espaciales .....	530
28.7. Joins Espaciales e Indexación .....	534
28.8. Análisis Espacial Avanzado .....	536
28.9. Lectura de Datos Vectoriales .....	538
28.10. Visualización de Datos Vectoriales .....	542
28.11. Escritura de Datos Vectoriales .....	545
28.12. Lectura de Datos Raster .....	545
28.13. Visualización de Datos Raster .....	547
28.14. Álgebra de Mapas Raster .....	548
28.15. Estadísticas Zonales Raster .....	549
28.16. Escritura de Datos Raster .....	550
28.17. Integración con GeoPandas .....	551
28.18. Casos de Uso del Mundo Real .....	554
28.19. Puntos Clave .....	556
28.20. Referencias y Lectura Adicional .....	557
28.21. Ejercicios .....	557

# Prefacio



## Introducción

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y el análisis geoespacial se han convertido en herramientas fundamentales en numerosas disciplinas, desde las ciencias ambientales y la planificación urbana hasta la analítica empresarial y la salud pública. A medida que el volumen y la complejidad de los datos geoespaciales continúan creciendo exponencialmente, la capacidad de procesar, analizar y visualizar estos datos de manera programática se ha convertido en una habilidad esencial para investigadores, analistas y profesionales que trabajan con información espacial.

Python ha surgido como el lenguaje de programación líder para el análisis geoespacial, ofreciendo un rico ecosistema de bibliotecas y herramientas que hacen que las operaciones espaciales complejas sean accesibles tanto para principiantes como para expertos. Sin embargo, el camino desde novato en Python hasta programador geoespacial confiado puede parecer desalentador, con numerosas bibliotecas que aprender y conceptos que dominar.

Este libro llena esa brecha proporcionando un enfoque estructurado y práctico para aprender programación geoespacial con Python. En lugar de abrumarte con técnicas avanzadas desde el principio, nos enfocamos en construir una base sólida de habilidades esenciales que te servirán a lo largo de tu viaje de programación geoespacial. Cada capítulo se basa en los anteriores, asegurando que desarrolles tanto comprensión teórica como experiencia práctica.

El enfoque adoptado en este libro es práctico y basado en ejemplos. Trabajarás con conjuntos de datos geoespaciales reales, resolverás problemas prácticos y construirás proyectos que demuestren el poder de Python para el análisis y visualización geoespacial. Al final de este libro, tendrás la confianza y las habilidades para abordar tus propios desafíos de programación geoespacial.

## Para Quién Es Este Libro

Este libro está diseñado para una audiencia diversa de estudiantes que desean aprovechar el poder de Python para el análisis y visualización geoespacial:

**Estudiantes e Investigadores** en geografía, ciencias ambientales, planificación urbana, ciencia de datos y campos relacionados que necesitan analizar datos espaciales como parte de sus estudios o investigación. No se asume experiencia previa en programación, aunque la familiaridad básica con computadoras y conceptos de análisis de datos es útil.

**Profesionales de SIG** que actualmente usan software SIG de escritorio y desean expandir su conjunto de herramientas con habilidades de programación. Si has trabajado con ArcGIS, QGIS o herramientas similares y deseas automatizar flujos de trabajo o realizar análisis que son desafiantes en software SIG tradicional, este libro te ayudará a hacer esa transición.

**Científicos de Datos y Analistas** que trabajan con datos basados en ubicación y desean agregar capacidades de análisis espacial a su conjunto de habilidades. Si te sientes cómodo con los conceptos básicos de Python pero eres nuevo en conceptos geoespaciales, este libro te introducirá al pensamiento espacial y las herramientas que necesitas.

**Desarrolladores de Software** interesados en construir aplicaciones que trabajen con datos geoespaciales. Ya sea que estés desarrollando aplicaciones de mapeo web, aplicaciones móviles con características de ubicación o pipelines de procesamiento de datos, este libro proporciona la base que necesitas.

**Autodidactas y Personas que Cambian de Carrera** interesados en el campo creciente de la ciencia de datos geoespaciales. El libro no asume conocimiento previo de programación Python o conceptos SIG, haciéndolo accesible para principiantes motivados.

**Profesionales en Gobierno e Industria** que necesitan incorporar análisis espacial en su trabajo, como planificadores urbanos, consultores ambientales, investigadores de mercado, coordinadores de logística o funcionarios de salud pública.

El requisito clave es la curiosidad y la disposición para aprender. Aunque la experiencia en programación es útil, no es necesaria. Comenzamos con los fundamentos y construimos sistemáticamente.

## Qué Cubre Este Libro

Este libro está organizado en tres secciones progresivas que te llevan desde la configuración de software a través de fundamentos de Python hasta programación geoespacial avanzada:

**Configuración de Software** prepara tu entorno de desarrollo con todo lo que necesitas para programación geoespacial. Aprenderás a instalar y configurar herramientas esenciales incluyendo Miniconda para manejo de paquetes, VS Code para desarrollo, Git para control de versiones, y alternativas basadas en la nube como Google Colab y JupyterLab. Esta sección asegura que tengas una base sólida antes de sumergirte en la programación.

**Fundamentos de Programación Python** construye tus habilidades de programación central a través de siete capítulos comprensivos. Comenzando con conceptos básicos de Python, dominarás variables y tipos de datos, estructuras de datos (listas, diccionarios, conjuntos), operaciones con cadenas, control de flujo con bucles y condicionales, funciones y clases, manejo de archivos, y análisis de datos con NumPy y Pandas. Estas habilidades forman la base para todas las tareas de programación geoespacial.

**Programación Geoespacial con Python** comprende catorce capítulos especializados que te transforman en un programador geoespacial confiado:

- **Introducción a Python Geoespacial** - Conceptos centrales y el ecosistema Python geoespacial
- **Ánálisis de Datos Vectoriales con GeoPandas** - Trabajando con puntos, líneas y polígonos
- **Datos Raster con Rasterio** - Procesando imágenes satelitales y conjuntos de datos cuadriculados
- **Ánálisis de Datos Multidimensionales con Xarray** - Manejando conjuntos de datos científicos complejos
- **Ánálisis Raster con Rioxarray** - Procesamiento y análisis raster avanzado
- **Visualización Interactiva con Leafmap** - Creando mapas dinámicos e interactivos
- **Geoprocесamiento con WhiteboxTools** - Operaciones de análisis espacial avanzadas
- **Mapeo 3D con MapLiber** - Construyendo visualizaciones tridimensionales
- **Computación en la Nube con Earth Engine y Geemap** - Aprovechando Google Earth Engine para análisis a gran escala
- **Visualización de Datos Hiperespectrales con HyperCoast** - Trabajando con datos hiperespectrales
- **Analítica Geoespacial de Alto Rendimiento con DuckDB** - Procesamiento de datos espaciales de alto rendimiento
- **Procesamiento de Datos Geoespaciales con GDAL y OGR** - Trabajando con varios formatos de datos geoespaciales
- **Construyendo Dashboards Interactivos con Solara** - Creando dashboards interactivos para aplicaciones geoespaciales
- **Computación Distribuida con Apache Sedona** - Procesando grandes conjuntos de datos geoespaciales en un entorno distribuido

Cada capítulo sigue una estructura consistente:

- Explicaciones claras de conceptos con contexto del mundo real
- Ejemplos de código paso a paso con anotaciones detalladas

- Ejercicios prácticos usando conjuntos de datos geoespaciales auténticos
- Orientación sobre errores comunes y solución de problemas
- Referencias a recursos adicionales y lectura adicional

La progresión está cuidadosamente diseñada para que cada capítulo se base en conceptos previos mientras introduce nuevas capacidades, asegurando que desarrolles tanto amplitud como profundidad en programación geoespacial.

## Aprovechando al Máximo Este Libro

Para maximizar tu experiencia de aprendizaje con este libro, considera las siguientes recomendaciones:

**Configura un Entorno de Desarrollo Adecuado:** Instala Python y las bibliotecas requeridas como se describe en la primera sección del libro. Un entorno bien configurado te ahorrará tiempo y frustración a lo largo de tu viaje de aprendizaje. Considera usar conda o uv para manejar tus paquetes Python, ya que esto simplifica la instalación de bibliotecas geoespaciales.

**Sigue los Ejemplos de Código:** Este libro está diseñado para ser interactivo. No solo leas el código—esríbelo, ejecútalo y experimenta con modificaciones. La comprensión viene a través de la práctica, y cada ejemplo construye habilidades que necesitarás más tarde.

**Trabaja a Tráves de los Ejercicios:** Cada capítulo incluye ejercicios diseñados para reforzar los conceptos que has aprendido. Estos no son extras opcionales—son una parte integral del proceso de aprendizaje. Comienza con los ejercicios guiados, luego desafíate con tus propios proyectos.

**Usa Datos Reales:** Mientras que el libro proporciona conjuntos de datos para ejemplos y ejercicios, trata de aplicar las técnicas a datos de tu propio campo o intereses. Esto te ayudará a entender cómo se aplican los conceptos a escenarios del mundo real y construir confianza en tus habilidades.

**Construye Proyectos:** A medida que progresas a través del libro, considera trabajar en un proyecto personal que te interese. Esto podría ser analizar datos de tu investigación, crear mapas para tu comunidad o resolver un problema que has encontrado en tu trabajo.

**Ten Paciencia Contigo Mismo:** La programación puede ser frustrante, especialmente cuando estás aprendiendo. Espera encontrar errores, pasar tiempo depurando y ocasionalmente sentirte atascado. Esto es normal y parte del proceso de aprendizaje. Toma descansos cuando sea necesario, y recuerda que la experiencia se desarrolla gradualmente a través de práctica consistente. Si te atascas, no dudes en pedir ayuda en el repositorio GitHub del libro.

**Sigue Practicando:** Las habilidades en este libro requieren práctica regular para mantener y desarrollar. Dedica tiempo regularmente a trabajar en proyectos de programación geoespacial, incluso si son pequeños.

## Convenciones Usadas en Este Libro

Este libro usa varias convenciones para ayudarte a navegar el contenido y entender los ejemplos de código:

**Formato de Código:** Todo el código Python aparece en fuente monoespaciada dentro de bloques de código. Cuando el código aparece dentro del texto regular, está formateado `así`. Los nombres de archivos y directorios también están formateados en fuente monoespaciada.

**Ejemplos de Código:** La mayoría de los ejemplos de código son completos y ejecutables. Incluyen comentarios explicando los conceptos y técnicas clave que se están demostrando. Los números de línea pueden incluirse para referencia en el texto que acompaña.

```
# Este es un ejemplo de un bloque de código
import leafmap
m = leafmap.Map()
m.add_basemap("OpenTopoMap") # agregar un mapa base al mapa
m
```

**Instrucciones de Línea de Comandos:** Los comandos que se deben ingresar en la línea de comandos o terminal se muestran con un prompt `$`:

```
$ pip install leafmap
$ python script.py
```

## Descargando los Ejemplos de Código

Todos los ejemplos de código, conjuntos de datos y materiales suplementarios para este libro están disponibles gratuitamente en GitHub:

<https://github.com/giswqs/intro-gispro>

Para descargar los materiales, puedes usar uno de los siguientes métodos:

- **Clonar el repositorio** (si tienes Git instalado):

```
$ git clone https://github.com/giswqs/intro-gispro.git
```

- **Descargar como ZIP** (si prefieres no usar Git):

- Visita la página del repositorio GitHub
- Haz clic en el botón verde **Code**
- Selecciona **Download ZIP**
- Extrae los archivos a tu ubicación preferida

- **Navegar archivos individuales** en línea a través de la interfaz GitHub si solo necesitas ejemplos específicos

El repositorio se actualiza regularmente con correcciones, mejoras y ejemplos adicionales. Revisa periódicamente para actualizaciones, o **observa** el repositorio en GitHub para ser notificado de cambios.

Si encuentras errores en el código o tienes sugerencias para mejoras, por favor abre un issue o envía un pull request en GitHub. Las contribuciones de la comunidad ayudan a hacer este recurso mejor para todos.

## Tutoriales en Video

Complementando el contenido escrito, este libro está respaldado por una serie comprensiva de tutoriales en video que recorren conceptos clave y proporcionan ejemplos adicionales:

<https://tinyurl.com/intro-gispro-videos>

Los videos están diseñados para complementar, no reemplazar, el material escrito. Son particularmente útiles para:

- Estudiantes visuales que se benefician de ver código siendo escrito y ejecutado

- Entender conceptos complejos a través de múltiples explicaciones
- Aprender sobre el flujo de trabajo de desarrollo y mejores prácticas
- Ver cómo abordar problemas y depurar issues

La lista de reproducción está organizada para seguir la estructura del libro. Puedes verlos en orden mientras progresas a través del libro, o saltar a temas específicos según sea necesario.

Los videos fueron creados en otoño de 2024 cuando estaba enseñando el curso **Introduction to GIS Programming**<sup>1</sup> en la Universidad de Tennessee. Aunque el curso ha concluido, los videos siguen siendo relevantes y pueden usarse como referencia para el libro. Videos adicionales serán agregados en el futuro.

## Ponte en Contacto

Agradezco comentarios, preguntas y sugerencias de los lectores. Tu aporte ayuda a mejorar el libro y lo hace más útil para la comunidad de programación geoespacial.

### Para preguntas y discusiones relacionadas con el libro:

- GitHub Issues: <https://github.com/giswqs/intro-gispro/issues>
- GitHub Discussions: <https://github.com/giswqs/intro-gispro/discussions>

### Tipos de comentarios que son particularmente útiles:

- Errores o explicaciones poco claras en el texto o código
- Sugerencias para ejemplos adicionales o casos de uso
- Ideas para nuevos temas o capítulos
- Reportes de problemas de compatibilidad con diferentes sistemas operativos o versiones de bibliotecas
- Historias de éxito de cómo has aplicado las técnicas del libro

## Agradecimientos

Este libro no habría sido posible sin las contribuciones y apoyo de muchos individuos y la comunidad geoespacial de código abierto más amplia.

**La Comunidad de Código Abierto:** Este libro se basa en el increíble trabajo de incontables desarrolladores de código abierto que han creado y mantenido el ecosistema Python geoespacial. Agradecimientos especiales a los desarrolladores y mantenedores de NumPy, Pandas, GeoPandas, Rasterio, Xarray, Rioxarray, Folium, ipyleaflet, MapLibre, GDAL, y las muchas otras bibliotecas que hacen accesible la programación geoespacial.

**Estudiantes y Colegas:** Las preguntas, desafíos e ideas de estudiantes en mis cursos de programación geoespacial en la Universidad de Tennessee han dado forma al enfoque y contenido de este libro. Sus comentarios sobre qué funciona y qué no ha sido invaluable para crear materiales que realmente sirven a los estudiantes.

**Colaboradores de Investigación:** Colegas y colaboradores en la comunidad de investigación geoespacial han proporcionado casos de uso del mundo real, conjuntos de datos y escenarios de problemas que informan los ejemplos prácticos a lo largo del libro.

**Familia y Amigos:** Escribir un libro técnico requiere tiempo y enfoque significativos. Estoy agradecido por la paciencia y apoyo de familia y amigos que entendieron las muchas noches y fines de semana dedicados a este proyecto.

---

<sup>1</sup><https://geog-312.gishub.org>

**La Comunidad SIG Más Amplia:** El campo geoespacial está construido sobre una base de compartir conocimiento y herramientas. Este libro es parte de esa tradición, y me siento honrado de contribuir a los recursos disponibles para aprender programación geoespacial.

Este libro fue escrito usando [MyST Markdown](#)<sup>2</sup> y compilado usando [Typst](#)<sup>3</sup> con la plantilla [min-book](#)<sup>4</sup>. Créditos a los desarrolladores y mantenedores de los proyectos Typst y MyST Markdown. Agradecimientos especiales a [Maycon F. Melo](#)<sup>5</sup> por la plantilla min-book y su ayuda personalizando la plantilla para este libro.

Cualquier error u omisión en este libro permanece como mi responsabilidad. Estoy comprometido a abordar problemas y mejorar el contenido basado en comentarios de lectores.

## Sobre el Autor

El Dr. Qiusheng Wu es Profesor Asociado y Director de Estudios de Posgrado en el Departamento de Geografía y Sostenibilidad en la Universidad de Tennessee, Knoxville. También se desempeña como Amazon Scholar. La investigación del Dr. Wu se enfoca en ciencia de datos geoespaciales y desarrollo de software de código abierto, con énfasis en aprovechar big data geoespacial y computación en la nube para estudiar cambio ambiental, particularmente dinámicas de inundación de aguas superficiales y humedales. Es el creador de varios paquetes Python de código abierto ampliamente utilizados, incluyendo [geemap](#)<sup>6</sup>, [leafmap](#)<sup>7</sup>, [segment-geospatial](#)<sup>8</sup>, y [geoai](#)<sup>9</sup>, que soportan análisis geoespacial avanzado y visualización interactiva. Su trabajo de código abierto está disponible en [Open Geospatial Solutions](#)<sup>10</sup> en GitHub.

## Licenciamiento y Derechos de Autor

Este libro abraza los principios de ciencia abierta y educación abierta. Para apoyar la transparencia, el aprendizaje y la reutilización, los **ejemplos de código** en este libro se publican bajo una licencia [Creative Commons Attribution 4.0 International \(CC BY 4.0\)](#). Esto significa que eres libre de copiar, modificar y distribuir el código, incluso para propósitos comerciales, siempre que se dé crédito apropiado.

Por favor atribuye el uso del código citando el libro o enlazando al repositorio GitHub:

Wu, Q. (2025). *Introduction to GIS Programming: A Practical Python Guide to Open Source Geospatial Tools*. <https://gispro.gishub.org>

Mientras que el código está libremente disponible, el **texto, figuras e imágenes** en este libro están **protegidos por derechos de autor** por el autor y no pueden ser reproducidos, redistribuidos o modificados sin permiso explícito. Esto incluye todo el contenido escrito, diagramas personalizados y visualizaciones embebidas a menos que se indique lo contrario.

Si deseas reutilizar o adaptar cualquier material que no sea código del libro—por ejemplo, para enseñanza, presentaciones o publicaciones—por favor contacta al autor para solicitar permiso.

---

<sup>2</sup><https://mystmd.org>

<sup>3</sup><https://github.com/typst/typst>

<sup>4</sup><https://github.com/mayconfmelo/min-book>

<sup>5</sup><https://github.com/mayconfmelo>

<sup>6</sup><https://geemap.org>

<sup>7</sup><https://leafmap.org>

<sup>8</sup><https://samgeo.gishub.org>

<sup>9</sup><https://opengeoai.org>

<sup>10</sup><https://github.com/opengeos>

Este enfoque de licenciamiento dual ayuda a equilibrar el acceso abierto a materiales de aprendizaje con la protección del trabajo creativo original. Gracias por respetar estos términos y apoyar la comunidad geoespacial de código abierto.

# Introduction to GIS Programming

## Unlock the Power of Python for Geospatial Analysis and Visualization

A medida que la demanda de análisis de datos espaciales sigue creciendo en diversas disciplinas –desde las ciencias ambientales y la planificación urbana hasta la salud pública y los negocios– también aumenta la necesidad de herramientas accesibles y escalables que puedan manejar la complejidad geoespacial. Introducción a la Programación GIS con Python es tu guía práctica para dominar el análisis espacial.

Ya seas estudiante, profesional de GIS, analista de datos o desarrollador, este libro práctico ofrece un camino estructurado y accesible para iniciarse en la programación geoespacial con Python. Comenzarás con los fundamentos del lenguaje y avanzarás progresivamente hacia técnicas avanzadas de análisis espacial y visualización interactiva, utilizando potentes bibliotecas de código abierto como GeoPandas, Rasterio, Leafmap, Geemap y GDAL.

Lo que distingue a este libro es su enfoque basado en ejemplos: trabajarás con conjuntos de datos reales, resolverás problemas del mundo real y crearás productos significativos, desde mapas estáticos hasta aplicaciones web dinámicas. Cada capítulo está cuidadosamente diseñado para desarrollar tus habilidades paso a paso, combinando teoría, código comentado, ejercicios prácticos y consejos para la solución de problemas.

### En este libro aprenderás:

- Cómo configurar tu entorno de desarrollo utilizando conda, VS Code, Git, Docker y herramientas de computación en la nube
- Habilidades fundamentales de programación en Python, desde variables y estructuras de datos hasta manejo de archivos (I/O) y el uso de Pandas
- Procesamiento de datos vectoriales y ráster, creación de mapas interactivos, visualización en 3D y geoprocесamiento
- Computación geoespacial en la nube con Google Earth Engine y temas avanzados como datos hiperespectrales y SQL espacial

El Dr. **Qiusheng Wu** es un destacado investigador y educador en el campo de la ciencia de datos geoespaciales abiertos. Es el creador de varios paquetes de Python de código abierto ampliamente utilizados, incluyendo geemap, leafmap, segment-geospatial y geoai.

Conéctate con él en línea:

- <https://x.com/giswqs>
- <https://linkedin.com/in/giswqs>
- <https://youtube.com/@giswqs>
- <https://github.com/giswqs>