



**Universidad de El Salvador  
Facultad de Ciencias Agronómicas  
Departamento de Recursos Naturales y Medio Ambiente  
Curso básico de Sistemas de Información Geográfica (PERA 2026)**

## **Unidad 1. Fundamentos de los Sistemas de Información Geográfica**

### **CONCEPTOS FUNDAMENTALES DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA**

#### **1. Introducción**

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) constituyen herramientas fundamentales para el análisis espacial aplicado a la planificación territorial, gestión de recursos naturales y toma de decisiones en el sector agropecuario. Un SIG integra hardware, software, datos y procedimientos para capturar, almacenar, analizar y representar información geográficamente referenciada (Longley et al., 2015).

El presente documento trata de aglomerar los conceptos básicos que sustentan el uso técnico y científico de los SIG, incluyendo fundamentos de geografía, cartografía, geodesia, sistemas de coordenadas y proyecciones cartográficas, entre otros.

#### **2. Geografía y Cartografía: bases del análisis espacial**

La geografía, etimológicamente entendida como “descripción de la Tierra”, estudia tanto los fenómenos físicos como los humanos que ocurren en la superficie terrestre (Fellmann, Getis & Getis, 2013). Esta disciplina proporciona el marco conceptual para comprender la organización espacial del territorio.



*Imagen 1. La geografía es mucho más que la simple identificación de lugares en un mapa; es el estudio integral de la Tierra y sus muchas facetas. Conecta las complejidades de los patrones climáticos, las formaciones geológicas, los ecosistemas y las culturas humanas en una red intrincada que define nuestro planeta.*

La cartografía, por su parte, es el arte y la ciencia de representar la superficie terrestre en un plano mediante símbolos convencionales (ICA, 2019). Los mapas no son simples representaciones gráficas, sino modelos abstractos de la realidad que permiten almacenar, comunicar y analizar información espacial (Slocum et al., 2022).



Un mapa puede definirse como una representación simbólica de fenómenos geográficos donde los elementos están referidos a un sistema de coordenadas determinado. Los mapas temáticos, particularmente relevantes en SIG, permiten representar variables específicas (uso del suelo, pobreza, relieve, precipitación, etc.) sobre una cartografía base.

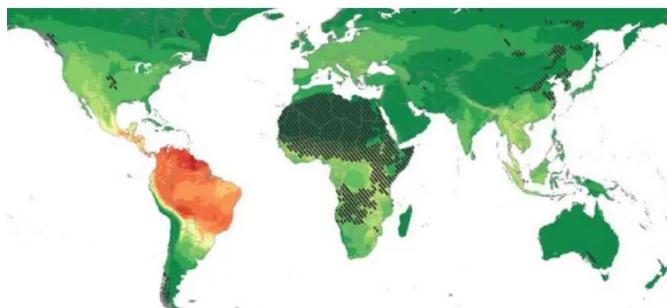


Imagen 2. Mapa de riesgo por murciélagos. El riesgo está claramente centrado en el norte de América del Sur y Centroamérica.

### 3. Escala cartográfica

La escala expresa la relación proporcional entre una distancia en el mapa y su equivalente en el terreno. Según el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC, 1997), la escala se expresa de forma que el numerador sea siempre la unidad (1:E).

Las escalas grandes (por ejemplo, 1:10,000) permiten mayor detalle y se emplean en estudios urbanos o catastrales, mientras que las escalas pequeñas (1:600,000 o menores) se utilizan para análisis regionales o nacionales.



Imagen 3. La escala de un mapa indica cuántas veces se redujo un objeto o lugar para representarlo. Por ejemplo, un dibujo de escala 1 a 1 (1:1) sería la representación del objeto en su tamaño original, mientras que una escala 1 a 2 (1:2) indica que el objeto se redujo a la mitad de su tamaño.

La correcta comprensión de la escala es esencial en SIG, ya que condiciona la resolución de los datos, el nivel de precisión y la interpretación de resultados (Longley et al., 2015).



## 4. Forma de la Tierra: del concepto de esfera al geoide

Históricamente, la Tierra fue considerada esférica. Sin embargo, mediciones más precisas demostraron que presenta un ligero achatamiento en los polos debido a la rotación terrestre. Newton (1687) explicó este fenómeno mediante la Ley de la Gravitación Universal.

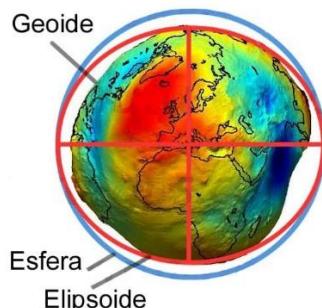


Imagen 4. Forma de la tierra. Geoide, esfera y elipsoide

Actualmente se distinguen tres conceptos fundamentales:

- **Esfera:** modelo simplificado.
- **Elipsoide:** modelo matemático generado por la rotación de una elipse.
- **Geoide:** superficie equipotencial del campo gravitatorio que coincide con el nivel medio del mar (Hofmann-Wellenhof & Moritz, 2006).

El geoide representa mejor la forma física de la Tierra, pero para cálculos matemáticos se utiliza el elipsoide de referencia.

## 5. Geodesia y sistemas de referencia

La geodesia es la ciencia que estudia la forma, dimensiones y campo gravitatorio de la Tierra (Torge & Müller, 2012). En SIG, es fundamental comprender los sistemas de referencia y los datums geodésicos.

Un datum geodésico define la posición y orientación de un elipsoide respecto al geoide. Existen:

- Datums locales (ej. NAD27).
- Datums globales o geocéntricos, como WGS84, utilizado por el sistema GPS.

El sistema WGS84 es actualmente el estándar global para posicionamiento satelital y aplicaciones SIG (NIMA, 2000).



## 6. Sistemas de coordenadas

Un sistema de coordenadas es un marco matemático que permite ubicar de manera precisa cualquier punto sobre la superficie terrestre. En SIG, el uso correcto del sistema de coordenadas es esencial para garantizar que las capas espaciales se superpongan adecuadamente y que los análisis sean técnicamente válidos (Longley et al., 2015).

### 6.1 Coordenadas geográficas (esféricas)

Las coordenadas geográficas se basan en un sistema angular definido por:

#### Latitud

La latitud es la distancia angular entre un punto de la superficie terrestre y el plano del Ecuador. Se mide en grados ( $^{\circ}$ ), minutos ( $'$ ) y segundos ( $"$ ), y puede tomar valores desde  $0^{\circ}$  en el Ecuador hasta  $90^{\circ}$  Norte o  $90^{\circ}$  Sur en los polos. Los puntos de igual latitud forman líneas imaginarias llamadas paralelos (Slocum et al., 2022).

Desde el punto de vista físico, la latitud influye directamente en variables como radiación solar, temperatura y estacionalidad, lo que la convierte en un parámetro clave en estudios agroclimáticos.

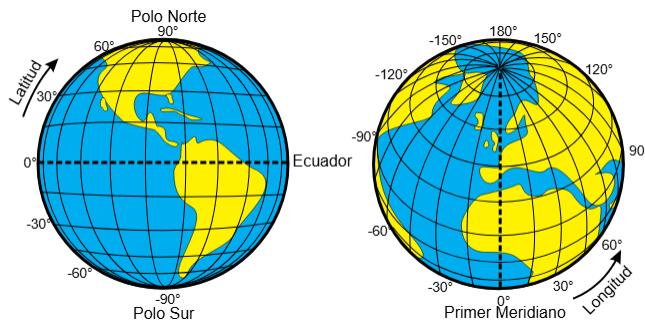


Imagen 5. Latitud y longitud

#### Longitud

La longitud es la distancia angular entre un punto y el meridiano de referencia (meridiano cero o de Greenwich). Se mide desde  $0^{\circ}$  hasta  $180^{\circ}$  Este (E) o  $180^{\circ}$  Oeste (O). Los puntos de igual longitud forman líneas llamadas meridianos (Snyder, 1987).

La combinación de latitud y longitud permite definir la posición absoluta de cualquier punto en el planeta.

### 6.2 Coordenadas planas o proyectadas

Para análisis locales o regionales, las coordenadas geográficas se transforman en sistemas planos mediante proyecciones cartográficas. Estos sistemas expresan la posición en metros (eje X y eje Y), facilitando cálculos de distancia, área y dirección.



El sistema más utilizado en aplicaciones SIG es la Proyección Universal Transversal de Mercator (UTM), que divide la Tierra en 60 zonas de  $6^{\circ}$  de longitud cada una (Snyder, 1987). UTM es ampliamente empleada en estudios agrícolas, catastro rural y planificación territorial. La elección incorrecta del sistema de coordenadas puede generar errores significativos en mediciones y análisis espaciales.

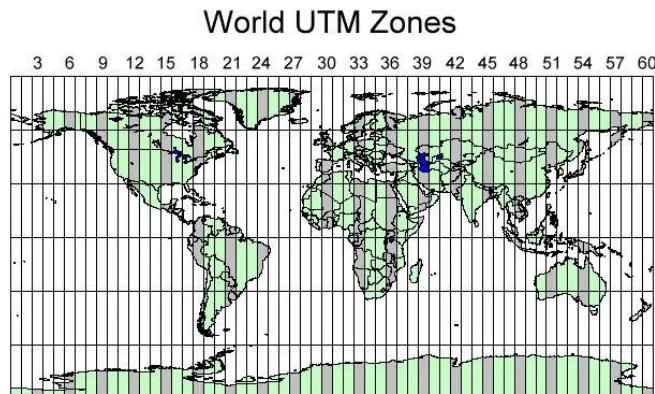


Imagen 6. Divisiones imaginarias de las coordenadas UTM

## 7. Proyecciones cartográficas

Una proyección cartográfica es un procedimiento matemático que permite representar la superficie curva de la Tierra sobre un plano. Dado que esta transformación implica pasar de una superficie tridimensional a una bidimensional, siempre se producen distorsiones en uno o más de los siguientes elementos: área, forma, distancia o dirección (Slocum et al., 2022).

### 7.1 Tipos principales de proyecciones

#### Proyecciones cilíndricas

Se basan en proyectar la superficie terrestre sobre un cilindro. Son adecuadas para representar zonas ecuatoriales.

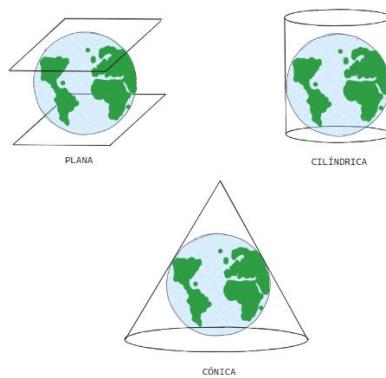


Imagen 7. Sistemas de proyección



## Proyecciones cónicas

Utilizan un cono como superficie desarollable. Son apropiadas para regiones de latitudes medias con mayor extensión Este-Oeste, como ocurre en muchos países latinoamericanos. Un ejemplo es la Proyección Cónica Conforme de Lambert (Snyder, 1987).

## Proyecciones planas o azimutales

Se proyecta la superficie terrestre sobre un plano tangente a un punto específico. Son útiles para regiones polares o estudios centrados en un punto determinado.

### 7.2 Importancia en SIG

La selección de la proyección adecuada depende del objetivo del análisis. Por ejemplo:

- Para calcular áreas agrícolas, se prefieren proyecciones equivalentes (que conservan área).
- Para navegación o dirección de flujos, pueden utilizarse proyecciones conformes (que conservan forma).

Un error en la elección de la proyección puede conducir a cálculos incorrectos de superficie o distancia, afectando decisiones técnicas en planificación agropecuaria.

## 8. Aplicaciones en Agronomía, Medicina Veterinaria y Zootecnia

Los SIG se han consolidado como herramientas estratégicas en las ciencias agropecuarias. Su integración con sensores remotos, GPS y bases de datos espaciales permite desarrollar análisis complejos con alto nivel de precisión (Longley et al., 2015).

### 8.1 Aplicaciones en Agronomía

En agronomía, los SIG permiten:

- Zonificación agroecológica.
- Evaluación de aptitud de suelos.
- Agricultura de precisión.
- Monitoreo de cultivos mediante imágenes satelitales.
- Análisis de variabilidad espacial de nutrientes.
- Modelación de erosión hídrica y degradación del suelo.

La integración de capas como pendiente, tipo de suelo, precipitación y uso del suelo facilita la toma de decisiones sobre manejo agronómico sostenible.

### 8.2 Aplicaciones en Medicina Veterinaria

En el ámbito veterinario, los SIG son fundamentales para:

- Vigilancia epidemiológica espacial.



- Identificación de focos de enfermedades zoonóticas.
- Modelación de dispersión de enfermedades.
- Planificación de campañas de vacunación.
- Análisis de riesgos sanitarios asociados a variables ambientales.

El análisis espacial permite identificar patrones de distribución de enfermedades y establecer estrategias preventivas basadas en evidencia geográfica.

### 8.3 Aplicaciones en Zootecnia

En producción animal y zootecnia, los SIG se utilizan para:

- Planificación de sistemas silvopastoriles.
- Evaluación de disponibilidad de forraje.
- Determinación de capacidad de carga animal.
- Manejo de rutas de pastoreo.
- Monitoreo de recursos hídricos en explotaciones ganaderas.

Además, la integración con tecnologías de posicionamiento satelital permite rastrear movimientos del ganado y optimizar la gestión productiva.

## 9. Bibliografía

- Fellmann, J. D., Getis, A., & Getis, J. (2013). *Human geography: Landscapes of human activities* (11th ed.). McGraw-Hill.
- Hofmann-Wellenhof, B., & Moritz, H. (2006). *Physical geodesy* (2nd ed.). Springer.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). (1997). *Manual de cartografía básica*. IGAC.
- International Cartographic Association. (2019). *Cartography and geographic information science*. ICA.
- Longley, P. A., Goodchild, M. F., Maguire, D. J., & Rhind, D. W. (2015). *Geographic information science and systems* (4th ed.). Wiley.
- National Imagery and Mapping Agency. (2000). *Department of Defense World Geodetic System 1984: Its definition and relationships with local geodetic systems* (TR8350.2). U.S. Department of Defense.
- Slocum, T. A., McMaster, R. B., Kessler, F. C., & Howard, H. H. (2022). *Thematic cartography and geovisualization* (4th ed.). CRC Press.
- Snyder, J. P. (1987). *Map projections: A working manual*. U.S. Geological Survey.



- Torge, W., & Müller, J. (2012). *Geodesy* (4th ed.). De Gruyter