



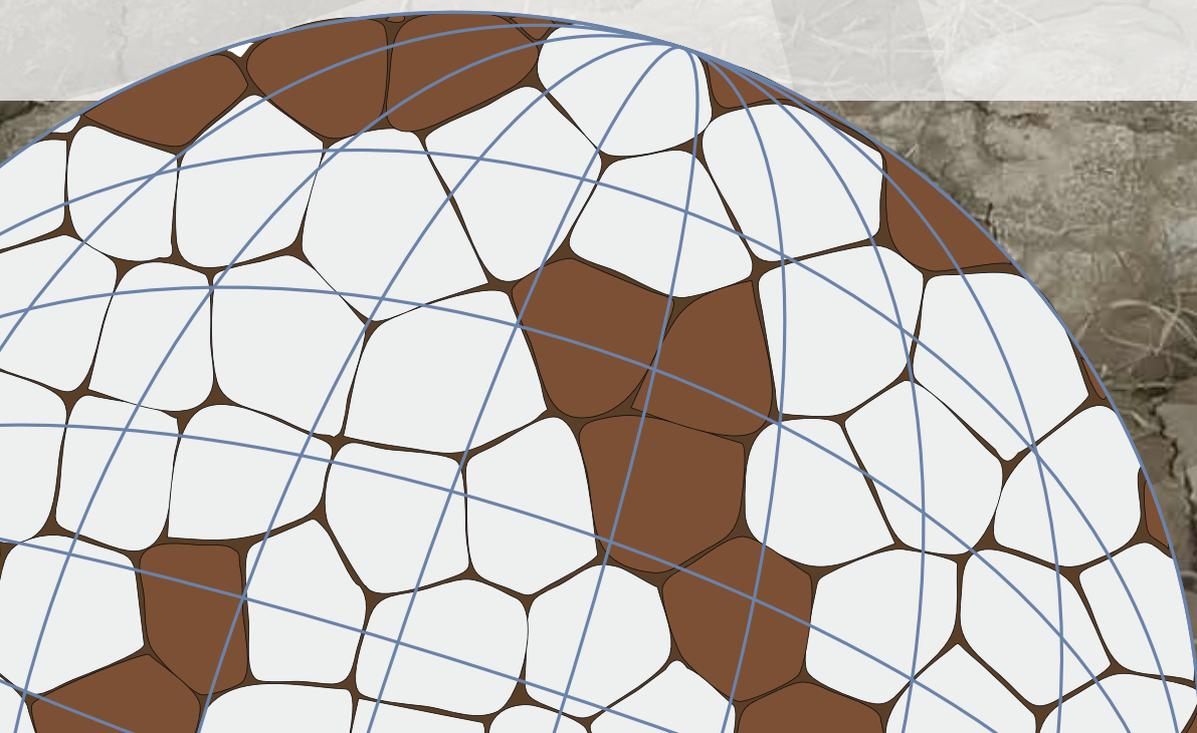
Organización de las Naciones
Unidas para la Alimentación
y la Agricultura

Mapeo de suelos afectados por salinidad

Mapa GSS

LECCIÓN 1

Requisitos y preparación para
elaborar el mapeo de suelos
afectados por salinidad



ALIANZA MUNDIAL
POR EL SUELO

Mapeo de suelos afectados por salinidad Mapa GSS

LECCIÓN 1

Requisitos y preparación para el mapeo nacional de suelos afectados por salinidad

Christian Thine Omuto
Ronald Vargas
Kostiantyn Viatkin
Yusuf Yigini

Cita recomendada

Omuto CT, Vargas R, Viatkin K, Yigini Y. 2021. *Mapeo de suelos afectados por salinidad: Lección 1 – Requisitos y preparación para elaborar el mapeo de suelos afectados por salinidad*. Roma, FAO.

Las denominaciones empleadas en este producto informativo y la forma en que aparecen presentados los datos que contiene no implican, por parte de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), juicio alguno sobre la condición jurídica o nivel de desarrollo de países, territorios, ciudades o zonas, ni sobre sus autoridades, ni respecto de la demarcación de sus fronteras o límites. La mención de empresas o productos de fabricantes en particular, estén o no patentados, no implica que la FAO los apruebe o recomiende de preferencia a otros de naturaleza similar que no se mencionan.

Las opiniones expresadas en este producto informativo son las de su(s) autor(es), y no reflejan necesariamente los puntos de vista o políticas de la FAO.

Primera edición: 2020 (versión en inglés)

© FAO, 2021



Algunos derechos reservados. Esta obra se distribuye bajo licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 3.0 Organizaciones intergubernamentales (CC BY-NC-SA 3.0 IGO; <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/igo/deed.es>).

De acuerdo con las condiciones de la licencia, se permite copiar, redistribuir y adaptar la obra para fines no comerciales, siempre que se cite correctamente, como se indica a continuación. En ningún uso que se haga de esta obra debe darse a entender que la FAO refrenda una organización, productos o servicios específicos. No está permitido utilizar el logotipo de la FAO. En caso de adaptación, debe concederse a la obra resultante la misma licencia o una licencia equivalente de Creative Commons. Si la obra se traduce, debe añadirse el siguiente descargo de responsabilidad junto a la referencia requerida: “La presente traducción no es obra de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). La FAO no se hace responsable del contenido ni de la exactitud de la traducción. La edición original en [idioma] será el texto autorizado”.

Todo litigio que surja en el marco de la licencia y no pueda resolverse de forma amistosa se resolverá a través de mediación y arbitraje según lo dispuesto en el artículo 8 de la licencia, a no ser que se disponga lo contrario en el presente documento. Las reglas de mediación vigentes serán el reglamento de mediación de la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual <http://www.wipo.int/amc/en/mediation/rules> y todo arbitraje se llevará a cabo de manera conforme al reglamento de arbitraje de la Comisión de las Naciones Unidas para el Derecho Mercantil Internacional (CNUDMI).

Materiales de terceros. Si se desea reutilizar material contenido en esta obra que sea propiedad de terceros, por ejemplo, cuadros, gráficos o imágenes, corresponde al usuario determinar si se necesita autorización para tal reutilización y obtener la autorización del titular del derecho de autor. El riesgo de que se deriven reclamaciones de la infracción de los derechos de uso de un elemento que sea propiedad de terceros recae exclusivamente sobre el usuario.

Ventas, derechos y licencias. Los productos informativos de la FAO están disponibles en la página web de la Organización (<http://www.fao.org/publications/es>) y pueden adquirirse dirigiéndose a publications-sales@fao.org. Las solicitudes de uso comercial deben enviarse a través de la siguiente página web: www.fao.org/contact-us/licence-request. Las consultas sobre derechos y licencias deben remitirse a: copyright@fao.org.

Fotografías de las cubiertas anterior y posterior: ©FAO/Christian Thine Omuto

Índice

Resumen ejecutivo.....	iv
1 Introducción.....	1
1.1 Perspectiva.....	1
1.2 Objetivo.....	1
1.3 Resultados esperados.....	1
2 Requisitos para evaluar la salinidad de suelos.....	2
2.1 Requisitos de datos.....	2
2.2 Requisitos de equipo y programas de computación.....	3
3 Recursos.....	4
4 Actividades.....	5
4.1 Recolección de datos del suelo.....	5
4.2 Descarga de datos espaciales en línea.....	6
4.3 Creación de un archivo de puntos/líneas de un polígono delimitador en el programa QGIS.....	9
4.4 Descarga de imágenes de Earth Explorer (Explorador de la Tierra).....	13
5. Salidas (productos).....	15

Figuras

Figura 1: Ejemplo de documentación de datos de entrada.....	5
Figura 2: Estructura de los datos de suelo.....	6
Figura 3: Arquitectura actual de https://earthexplorer.usgs.gov/ (20 de enero de 2020).....	7
Figura 4: Interfaz Earth-Explorer (Explorador de la Tierra) para descargar datos.....	7
Figura 5: Elección del conjunto de datos: a-elevación, b- MODIS y c--Landsat y Sentinel.	8

Cuadros

Cuadro: Resumen de los requisitos necesarios para desarrollar información nacional sobre suelos afectados por salinidad.....	iv
Cuadro 1: Resumen de los requisitos mínimos de datos para el mapeo de suelos afectados por salinidad.....	2
Cuadro 2: Imágenes de sensores remotos para el mapeo de suelos afectados por salinidad.....	3

Resumen ejecutivo

Esta Lección es el primer paso del programa de creación de capacidades diseñado para desarrollar las capacidades nacionales y armonizar procedimientos para desarrollar información sobre la salinidad de suelos en los ámbitos nacional y global. El objetivo general de esta Lección es el de dar apoyo a los participantes en la preparación de los datos de entrada y los requisitos de computación para evaluar la salinidad de suelos en el ámbito nacional. Se espera que al término de esta lección los participantes cuenten con bases de datos y herramientas operativas bien cimentadas para cartografiar la salinidad de suelos.

Cuadro: Resumen de los requisitos necesarios para desarrollar información nacional sobre suelos afectados por salinidad

Concepto	Descripción	Cronograma
Datos	Datos del perfil del suelo georreferenciado (entre 0 y 100 cm)	
	Conductividad eléctrica	dS/m
	pH	-
	Porcentaje de Sodio intercambiable	-
	Clima	
	Temperatura (Mínima/Máxima)	°C
	Precipitación	Mm
	Otros datos espaciales	
	Mapa de cobertura del suelo	Mapa hidrogeológico
	Mapa geológico	Mapa del suelo
	Imágenes de sensores remotos	DEM (Modelo de elevación digital)
Archivo de puntos/líneas de la frontera del país		
Equipo de Computación	Almacenamiento mínimo de 8GB RAM, Núcleo I3 y 100GB	-
Programas de Computación	QGIS, R, ILWIS, programa de hoja de cálculo	Un día



1 Introducción

1.1 Perspectiva

Los suelos afectados por salinidad, son grupos de suelos con un alto contenido de sales solubles y/o altas cantidades de iones de sodio. El tipo y concentración de estas sales y sus conductores son características importantes y constituyen la base para el mapeo de la salinidad de suelos. Esta Lección apunta hacia datos con estas características y prepara el escenario para el mapeo sistemático y armonizado de suelos afectados por salinidad que van de un país a un nivel mundial. La Lección pone énfasis en la identificación de las fuentes de los datos de entrada requeridos y el eventual desarrollo de una base de datos para el mapeo nacional de los suelos afectados por salinidad. Se espera que sus resultados constituyan la base y las herramientas para la evaluación nacional de los problemas causados por salinidad.

1.2 Objetivo

El objetivo general de esta Lección es establecer una base de datos y las herramientas armonizadas para la evaluación nacional de suelos afectados por salinidad en cada país miembro.

1.3 Resultados esperados

Se espera que, al finalizar esta Lección, los participantes podrán:

- i. Comprender los requisitos para la evaluación nacional de suelos afectados por salinidad.
- ii. Identificar las fuentes de los datos de entrada para evaluar los suelos afectados por salinidad.
- iii. Establecer una base de datos para el mapeo de suelos afectados por salinidad.
- iv. Documentar los datos de entrada en la base de datos para el mapeo de suelos afectados por salinidad.

2 Requisitos para evaluar la salinidad de suelos

2.1 Requisitos de datos

El enfoque de la Alianza Mundial por el Suelo (GSP por sus siglas en inglés), para evaluar los suelos afectados por salinidad a nivel nacional, utiliza indicadores de suelo y predictores espaciales como principales datos de entrada. Consecuentemente, al evaluar los requisitos de entrada de datos para el mapeo del suelo, el foco está en los datos medidos del suelo (o su equivalente) y en los predictores espaciales de salinidad de suelos. Los datos requeridos son:

- Datos del suelo.
- Covariables espaciales como clima, cubierta del suelo, geología, imágenes de sensores remotos, altitud.
- Otros datos como fronteras del país, centros rurales/urbanos, caminos, etc.

El Cuadro 1 contiene un resumen de los requisitos de datos y sugerencias de sus fuentes potenciales. Los datos del suelo incluyen conductividad eléctrica (CE), pH y Porcentaje de Sodio Intercambiable (PSI). Si existe disponibilidad, podrán incluirse datos como Total de Sales Solubles (TSS) o iones solubles (Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , SO_4^{-2} , CO_3^{-2} , HCO_3^- , Cl^- , NO_3^-). Los modelos de conversión TSS-CE podrán ser necesarios en caso de disponibilidad del TSS sin los valores de CE correspondientes.

Cuadro 1: Resumen de los requisitos mínimos de datos para el mapeo de suelos afectados por salinidad

Tipo de datos	Variables	Unidades	Principal fuente	Otras fuentes	
				Nombre	Formato
Datos del suelo georreferenciados (entre 0 y 100 cm)	CE	dS/m	Datos nacionales	WOSIS ¹	Datos de puntos vectoriales
	pH	-			
	PSI	%			
	<i>Iones solubles*</i>	<i>cmol/kg</i>			
	<i>TSS*</i>	<i>g/l</i>			
Clima (Media anual)	Lluvias	mm	Datos nacionales	Worldclim ²	Datos de puntos vectoriales
	Temperatura Min	°C			
	Temperatura Max	°C			
Uso / cobertura de la tierra	tipos de cobertura/ usos	-	Datos nacionales	ESA ³	Imagen de la trama (300 m)
Mapa del suelo	tipos de suelos	-		WOSIS	Vector poligonal
Modelo de elevación digital (DEM)	Elevación	m	Mapa de contorno nacional	USGS ⁴	Imagen de la trama (15, 30, 90 m, etc.)
Sensores remotos de reflectancia de la superficie de la tierra	Reflectancia (RGB) Visible	-	Datos nacionales	USGS	Imágenes MODIS (500 m) Landsat OLI (30 m) Sentinel2A (10-20 m) ASTER
	Reflectancia IR	-			
	Reflectancia SWIR	-			
Geología	Tipos de litología	-	Datos nacionales		
Hidrogeología*	Nivel de agua subterránea	m	Datos nacionales		

*Datos opcionales

Datos de sensores remotos: Existe disponibilidad de muchos tipos de datos de sensores remotos para el mapeo de suelos afectados por salinidad. Esta Lección pone énfasis en datos multi-espectrales que incluyen la banda visible (con longitudes de onda entre 0. 40 y 0. 70 micrometros (μm)) y la banda de infrarrojo cercano (entre 1. 55 y 2. 30 μm). Se encontrarán ejemplos en la Cuadro 2.

Cuadro 2: Imágenes de sensores remotos para el mapeo de suelos afectados por salinidad

IMÁGEN		BANDAS ESPECTRALES
LANDSAT (OLI)	Banda 2	AZUL: 0. 452-0. 512 μM
	Banda 3	VERDE: 0. 533-0. 59 μM
	Banda 4	ROJO: 0. 636-0. 673 μM
	Banda 5	NIR: 0. 851-0. 879 μM
	Banda 6	SWIR1: 1. 566-1. 651 μM
	Banda 7	SWIR2: 2. 107-2. 294 μM
SENTINEL 2A	Banda 2	AZUL: 0. 458-0. 52 μM
	Banda 3	VERDE: 0. 543-0. 578 μM
	Banda 4	ROJO: 0. 650-0. 680 μM
	Banda 8	NIR: 0. 785-0. 899 μM
	Banda 11	SWIR1: 1. 565-1. 655 μM
MODIS MOD009GA V6	Banda 12	SWIR2: 2. 10-2. 28 μM
	Banda 3	AZUL: 0. 459-0. 479 μM
	Banda 4	VERDE: 0. 545-0. 565 μM
	Banda 1	ROJO: 0. 62-0. 67 μM
	Banda 2	NIR: 0. 841-0. 876 μM
	Banda 6	SWIR1: 1. 628-1. 652 μM
	BANDA 7	SWIR2: 2. 105-2. 13 μM

2.2 Requisitos de equipo y programas de computación

Se sugiere cumplir con los siguientes requisitos mínimos de equipo de computación para el mapeo de suelos afectados por salinidad a escala nacional.

- a. Por lo menos 8GB de RAM y Núcleo I3 (o su equivalente)
- b. Por lo menos 100 GB de espacio de almacenamiento
- c. Instalación de los siguientes programas en su última versión
 - i. R (<https://www.r-project.org/>)
 - ii. QGIS (<https://qgis.org/en/site/forusers/download.html>)
 - iii. RStudio (<https://rstudio.com/products/rstudio/download/#download>)
 - iv. ILWIS (<https://www.itc.nl/ilwis/download/ilwis33/>)
 - v. Programas de Hoja de Cálculo (Excel, Access) y programas para procesamiento de documentos (Word, Notepad)

También es necesario contar con los siguientes paquetes R para el modelado espacial con R: *soilassessment*, *sp*, *foreign*, *rgdal*, *car*, *carData*, *spacetime*, *gstat*, *automap*, *randomForest*, *e1071*, *caret*, *raster*, *soiltexture*, *GSIF*, *aqp*, *plyr*, *Hmisc*, *corrplot*, *factoextra*, *spup*, *purrr*, *lattice*, *ncf*, *ranger*. Estos serán descargados e instalados conjuntamente con los programas R.

¹ WOSIS: <https://www.isric.org/explore/wosis>

² WorldClim: <https://www.worldclim.org/>

³ ESA: <https://www.esa-landcover-cci.org/>

⁴ USGS: <https://earthexplorer.usgs.gov/>

3 Recursos

Los siguientes recursos serán de utilidad para implementar las actividades desarrolladas durante la recolección de datos:

- Referencias
 - Guías técnicas y libro de recetas para el mapeo de suelos afectados por salinidad. ([GSP- Secretariat@fao.org](mailto:GSP-Secretariat@fao.org))
 - Guías y especificaciones nacionales para el mapeo de suelos afectados por salinidad.
- Fuentes de datos
 - Datos de suelos:
 - WOSIS: <https://www.isric.org/explore/wosis>
 - Portal de Suelos de la FAO (<http://www.fao.org/soils-portal/en/>)
 - Datos de Suelos de Estados Unidos (<https://esdac.jrc.ec.europa.eu/resource-type/national-soil-maps-eudasm>)
 - Clima: (WorldClim) <https://www.worldclim.org/>
 - Cobertura terrestre:
 - ESA: <https://www.esa-landcover-cci.org/>
 - Imágenes de sensores remotos
 - USGS: <https://earthexplorer.usgs.gov/>

4 Actividades

4.1 Recolección de datos del suelo

La Tabla 1 presenta las fuentes potenciales de datos de suelos afectados por salinidad. Será necesario explorar estas fuentes para facilitar la recolección de datos en donde sea necesario. Es importante documentar todos los datos recolectados. Deberá tenerse en cuenta lo siguiente al documentar los datos: 1) Intentos/métodos previos para el mapeo de suelos afectados por salinidad, 2) prevalencia de impulsores/causas de problemas de suelos afectados por salinidad, 3) implementación y manejo de políticas sobre suelos afectados por salinidad, 4) publicaciones relevantes disponibles, 5) cualesquiera modelos de conversión para los indicadores de suelos. Un archivo de texto / libreta de dos columnas será adecuado para la documentación resumida de los datos identificados. La documentación deberá incluir:

- Título (breve descripción del tipo de dato – punto o capa GIS espacial)
- Tipos de datos, fecha de generación de los datos, número de perfiles/barrenas
- Indicador de salinidad/sodicidad
- Tipo de medición (campo o laboratorio) y unidades de medición
- Tipo de solución suelo-agua (extracto saturado o razón de suelo-agua, etc.)
- Sistema de coordenadas GPS
- Publicación de referencia/dirección de contacto

A continuación, damos un ejemplo de dicho metarchivo:

Título:	Mediciones de salinidad del suelo del Norte de Sudán en el año 2018
Tipo de datos:	Datos puntuales de perfiles de suelo
Fecha de los datos:	De enero a junio de 2018
Perfiles:	1065 hoyos de barreno (0 - 35 cm) y 897 pozos (0 - 200 cm)
Atributos:	CE (dS/m), pH (H ₂ O), PSI
Mediciones de Tipo:	Laboratorio (todas las mediciones se efectúan en extracto de pasta saturada)
Coordenadas GPS:	WGS84 (Geográfica)
Referencia:	Mohamed Nuha (nuha75n@gmail.com); Ministerio de Agricultura, Centro de Investigación Agrícola, P.O. Box 126 Wad Medani, Sudán)

Figura 1: Ejemplo de documentación de datos de entrada

La base de datos de los datos de suelo recolectados deberá contener por lo menos:

1. ID del Perfil
2. Latitud y Longitud
3. Rango de Profundidad (inicio y final de cada Horizonte)
4. CE
5. PSI
6. pH (agua)

Podrán ser necesarias otras variables si la CE no fue medida en extracto de pasta de suelo saturada. Estas incluyen componentes texturales del suelo y contenido de materia orgánica. Además, los métodos de calibración entre CE (o cualquiera de los indicadores de suelo mencionados arriba) del

extracto de pasta de suelo y cualquier otro método de determinación de CE, serán establecidos claramente en donde sean utilizados. La Figura 2 es un ejemplo de organización de bases de datos para las variables de suelo que preceden.

ProfileID	Longitude	Latitude	DepthRange	Upper	Lower	Horizon	Sand	Silt	Clay	pH	EC (sat.ext)	OC	SAR	ESP	SolCa	SolMg	CaMg	SolNa	SO4	SolCl	SolCO3	SolHCO3
1	52.10088	36.96233	0_10	0	10	1	90	1	9	7.7	0.6	0.062	3	3	3.1	1.5	1	2.5	0	2.8	0	0.9
1	52.36741	36.92811	10_30	10	30	2	85	3	12	7.6	4	0.047	11	12	28	8.5	3.5	12	1.9	5.8	0	1.05
4	52.71308	37.09199	30_60	30	60	3	58	20	22	7.5	0.5	0.031	3	4	2.8	1.5	0.5	2	0	2.8	0	1.45
5	50.67655	40.65505	0_10	0	10	1	44	29	27	8.6	1.9	0.078	9	10	14.1	3	1.5	4.5	1	16.3	0	1.15
6	50.64855	40.98351	10_30	10	30	2	67	2	31	7.8	0.7	0.062	4	5	4.5	1.5	1	2.5	0	5.8	0	1.05
7	51.79717	38.12438	0_35	0	35	1	55	23	22	7.6	0.9	0.062	5	5	6.2	2	1	3	0	7.7	0	1.05
8	52.46082	37.42466	35_60	35	60	2	61	14	25	7.8	0.4	0.031	2	2	2.2	1.5	0.5	2	0	2.9	0	1.05
9	52.06838	37.64324	60_100	60	100	3	40	28	32	7.9	0.4	0.016	2	2	2.1	1.5	0.5	2	0	2.8	0	1.45
10	52.32944	37.81392	0_20	0	20	1	89	4	7	7.5	0.3	0.031	2	2	1.3	1	0.5	1.5	0	1.6	0	1.3
11	51.86603	37.86483	20_60	20	60	2	81	9	10	7.7	0.2	0.031	1	1	0.7	1	0.5	1.5	0	1	0	0.95
12	52.46236	37.97815	60_100	60	100	3	50	27	23	7.9	0.3	0.016	2	3	1.7	1	0.5	1.5	0	1.9	0	1.25
13	51.86586	42.11923	0_20	0	20	1	82	8	10	7.8	2.2	0.047	9	9	15.8	4	2	6	1.1	18.9	0	1.6
14	52.14826	42.30499	20_50	20	50	2	85	3	12	7.7	1.6	0.031	7	6	11.4	3	2	5	0.1	14.2	0	1.2
15	49.835	41.12936	0_15	0	15	1	63	15	22	7.4	2.7	0.047	10	10	16.3	3.5	2	5.5	1.3	19.7	0	1
16	49.97111	41.70977	15_30	15	30	2	62	13	25	7.5	1.2	0.031	6	7	8.3	2.5	1.5	4	0	10.5	0	1
17	50.5686	41.55078	0_20	0	20	1	78	1	21	7.8	10.7	0.156	14	14	63.1	30.5	10.5	41	2.6	97.6	0	5.75
18	50.65811	41.75942	20_50	20	50	2	75	2	23	7.5	2.2	0.078	9	9	14.8	4	2	6	1	17.3	0	2.25
19	49.09747	42.16969	0_30	0	30	1	58	20	22	7.9	0.4	0.064	2	3	2.3	1.5	0.5	2	0	3.6	0	0.55
20	49.62866	41.72957	30_70	30	70	2	56	19	25	7.7	0.9	0.062	6	7	6.4	1.5	1	2.5	0	8.2	0	0.7
21	48.82178	41.82718	70_100	70	100	3	65	11	24	7.5	3.9	0.016	10	10	26.1	7.5	5.5	13	1.8	36	0	0.6

Figura 2: Estructura de los datos de suelo

4.2 Descarga de datos espaciales en línea

Datos de sensores remotos: Podrá usarse cualquiera de las imágenes de sensores remotos del Cuadro 2 para el mapeo de suelos afectados por salinidad a escala nacional. Estas imágenes se pueden descargar de forma gratuita desde muchos sitios en línea como <https://earthexplorer.usgs.gov/>. La Sección 4.4 describe los pasos para descargar imágenes de sensores remotos desde <https://earthexplorer.usgs.gov/> (Fecha de acceso: 20 de enero de 2020).

El sitio <https://earthexplorer.usgs.gov/> tiene cuatro pestañas en el ángulo superior izquierdo para la navegación y búsqueda en la base de datos. Estos son *Search Criteria* (Criterios de Búsqueda), *Data Sets* (Conjuntos de Datos), *Additional Criteria* (Otros Criterios) y *Results* (Resultados) (Figura 3). La pestaña *Criterios de Búsqueda* permite la introducción de parámetros espaciales para la búsqueda de datos. La pestaña de *Conjuntos de Datos* se utiliza para buscar datos de interés dentro de la base de datos. La pestaña *Otros Criterios* brinda la oportunidad de refinar los criterios de búsqueda. Las salidas de los criterios de búsqueda aparecen en la pestaña de *Resultados*.

La descarga de datos de páginas en línea, inicia con el establecimiento de un criterio de búsqueda. En el sitio <https://earthexplorer.usgs.gov/>, el criterio de búsqueda es digitado manualmente o importado alternativamente de un archivo de frontera (archivo de puntos/líneas o kml/kmz) (Figura 4).

- Opción de digitación: En este caso, los ángulos de un polígono que delimitan el área de interés (país) son digitados manualmente en la pantalla. El procedimiento consiste en seleccionar primero la pestaña *Geocorder* y posteriormente digitar los ángulos del cuadro delimitador manteniendo oprimido el botón izquierdo del ratón para desplazar el "hand pan" sobre el área (país) de interés. Pueden usarse signos de acercamiento/alejamiento (zooming) (mediante los

signos de navegación + ó – ubicados en la parte superior derecha de la pantalla) para una ubicación precisa de los ángulos.

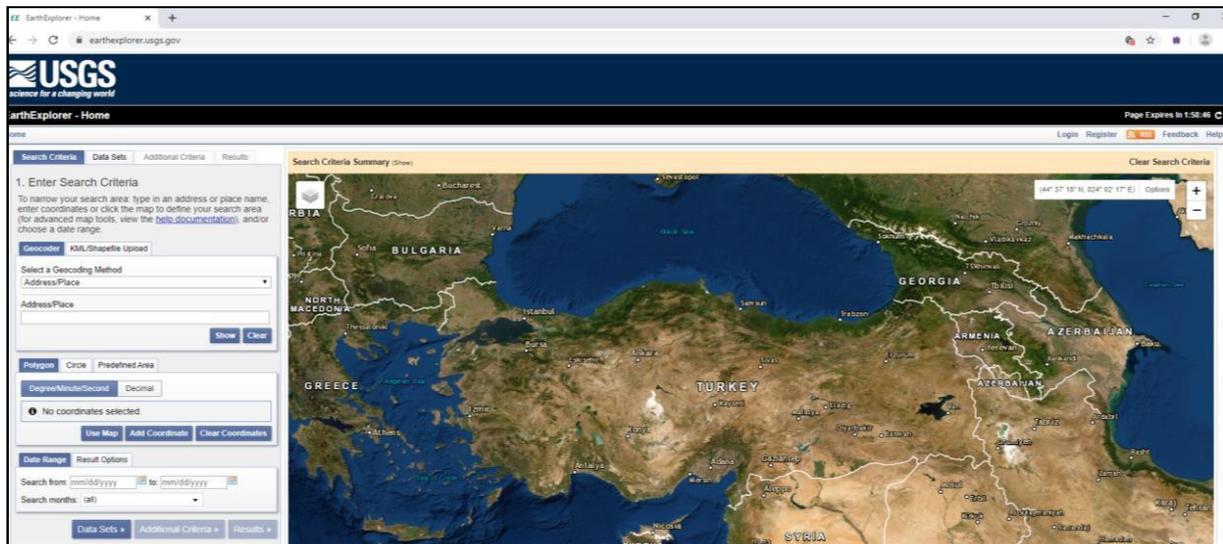


Figura 3: Arquitectura actual de <https://earthexplorer.usgs.gov/> (20 de enero de 2020).

- b) Carga de un archivo delimitador de puntos/líneas: En este caso se carga un archivo de puntos /líneas comprimido. El archivo deberá contener un máximo de 30 vértices. La Sección 4.3 describe la creación del archivo de puntos/líneas comprimido para descargar las imágenes. Seleccione la pestaña *KML/Shapefile Upload* (Cargar archivo KML/Archivo de puntos líneas) y navegue hacia el archivo de puntos/líneas comprimido del cuadro delimitador (Figura 4).

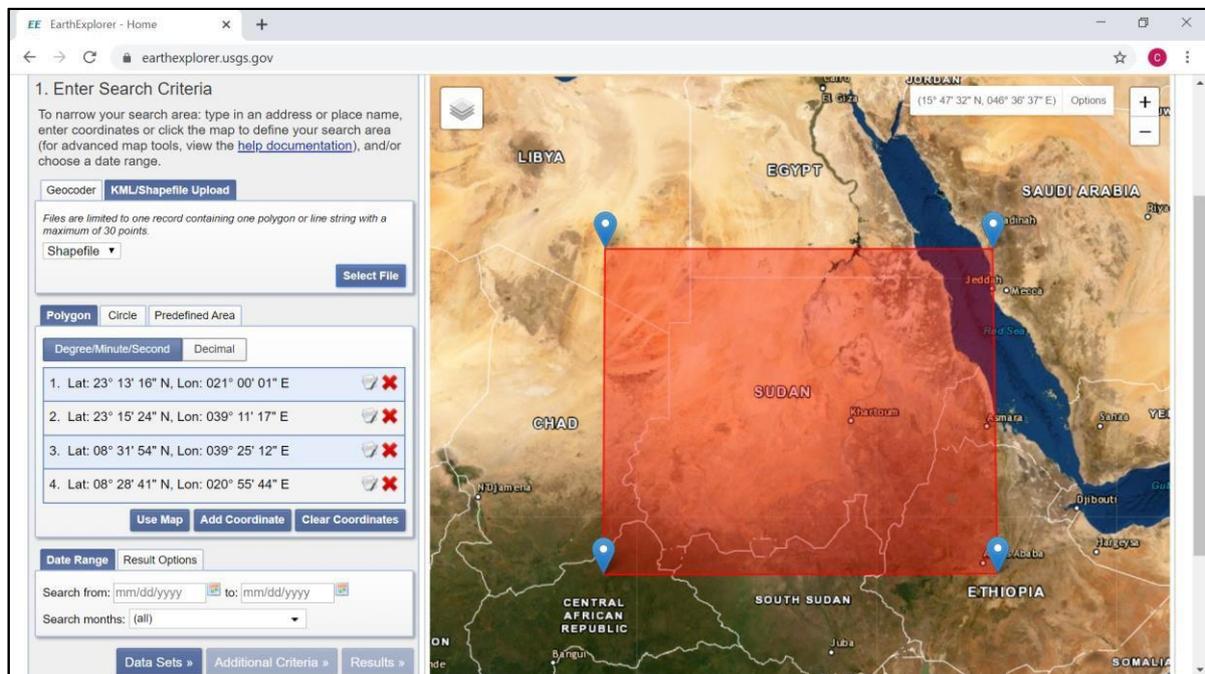


Figura 4: Interfaz Earth-Explorer (Explorador de la Tierra) para descargar datos.

Las páginas en línea son depósitos digitales con una variedad de diferentes conjuntos de datos. Estos conjuntos de datos están agrupados por categorías como Elevación Digital, Imágenes Aéreas, Mapas Clasificados como cobertura terrestre, etc. En el sitio <https://earthexplorer.usgs.gov/>, se tendrá acceso a los conjuntos de datos activando el botón *Data Sets* (Figura 3), que abre una nueva ventana

con una lista de imágenes en diferentes categorías (Figura 5). Cada categoría tiene un signo (+) expandible para acceder a mayor información sobre el conjunto de datos disponible en el grupo. Los datos de interés son seleccionados haciendo clic en los casilleros que aparecen frente a los datos. Además, la elección del símbolo **i** abre la ventana de un nuevo sitio con detalles de metadatos para el conjunto de datos. Las siguientes guías son necesarias para el mapeo de suelos afectados por salinidad (GMTED2010) e imágenes (MOD9A1 V6) para el mapeo de áreas mayores y Landsat OLI/Sentinel y SRTM DEM (30/90 m) para el mapeo de suelos afectados por salinidad en áreas menores. Es importante seleccionar una categoría de datos a la vez para facilitar la trazabilidad y descarga de datos.

Las salidas de búsqueda de datos aparecen en la pestaña *Results* (Resultados). La selección de esta pestaña abre una nueva ventana interactiva con los datos disponibles para la categoría de datos elegida. Los datos son enlistados en forma cronológica. La elección del símbolo huella muestra la imagen en el mapa o la vista interactiva. Emergerá una ventana de diálogo y dará inicio la descarga de datos después de elegir el icono de descarga. Es necesario disponer en este punto de una conectividad adecuada de Internet. GMTED2010 contiene datos de elevación en tres opciones: 1 km (30 arco-segundos) 500 m (15 arco-segundos) y 250 m (7.5 arco-segundos) (Figura 5).

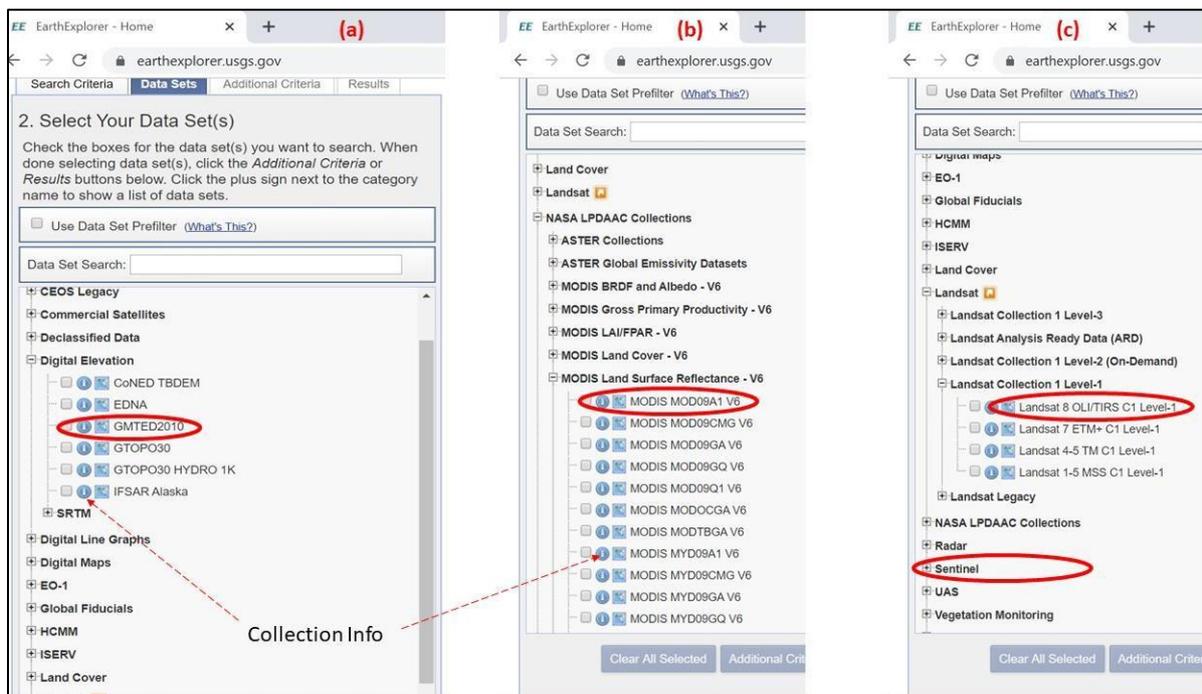


Figura 5: Elección del conjunto de datos: a-elevación, b- MODIS y c--Landsat y Sentinel.

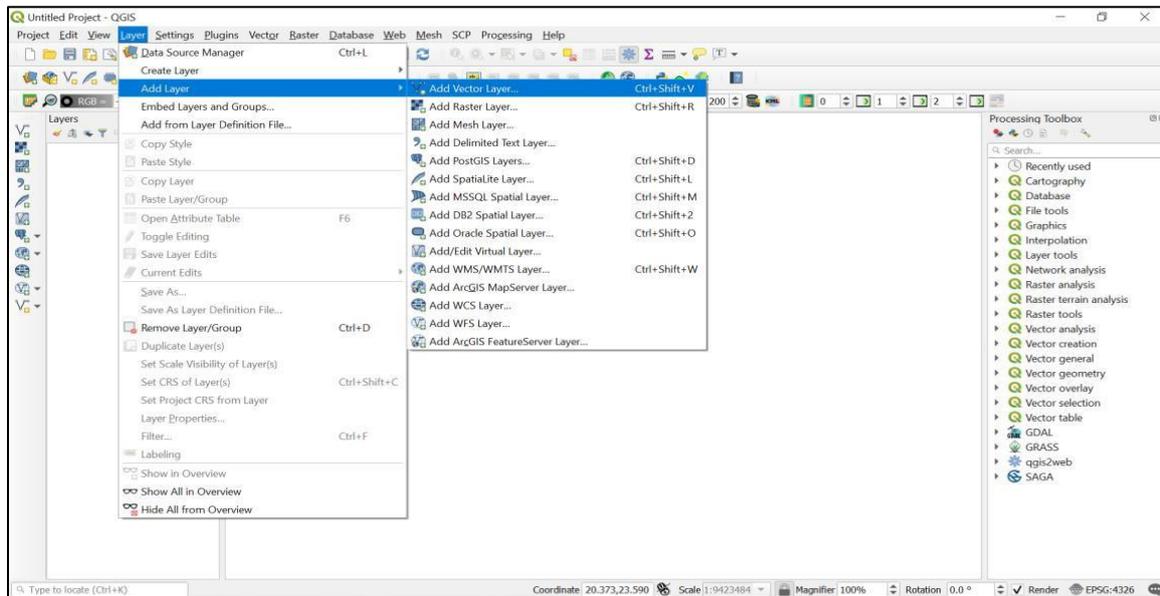
Datos de cobertura terrestre:

Los datos de cobertura terrestre se encuentran disponibles en la Agencia Estatal Europea (ESA por sus siglas en inglés) <http://maps.elie.ucl.ac.be/CCI/viewer/download.php>. Los datos están a disposición de todo el mundo entre los años 2000 y 2015, a una resolución de 300-m. La página también tiene una herramienta para que los usuarios puedan crear sub-conjuntos y otras funcionalidades. El uso por vez primera requiere de registro antes de descargar los datos. Sin embargo, la posterior navegación abre la ventana para descargar datos. Los datos vienen con leyendas y simbología para los programas ArcGIS y QGIS.

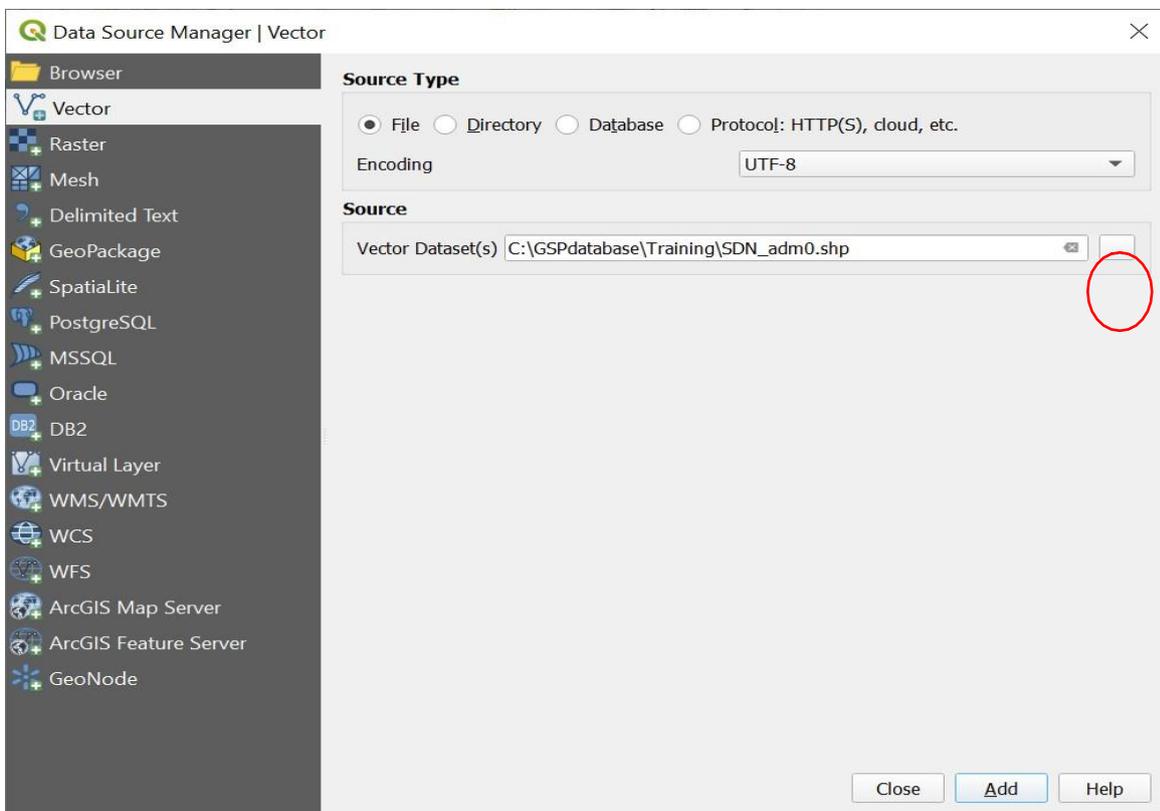
Los datos climáticos se pueden descargar en <http://www.worldclim.org/> en formato GeoTiff a una resolución de 1 km para todo el mundo.

4.3 Creación de un archivo de puntos/líneas de un polígono delimitador en el programa QGIS

Paso 1: Cargue el archivo de puntos/líneas del país en el programa QGIS



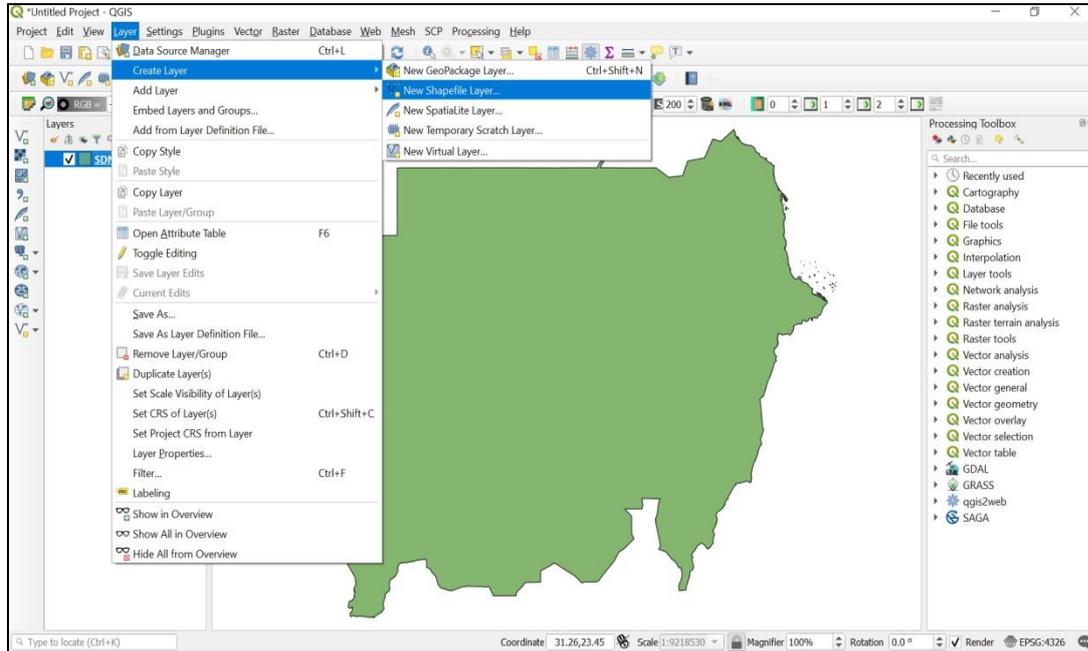
Se abrirá una nueva ventana para agregar el vector. Haga clic sobre en el botón de *tres puntos* y navegue hasta la carpeta.



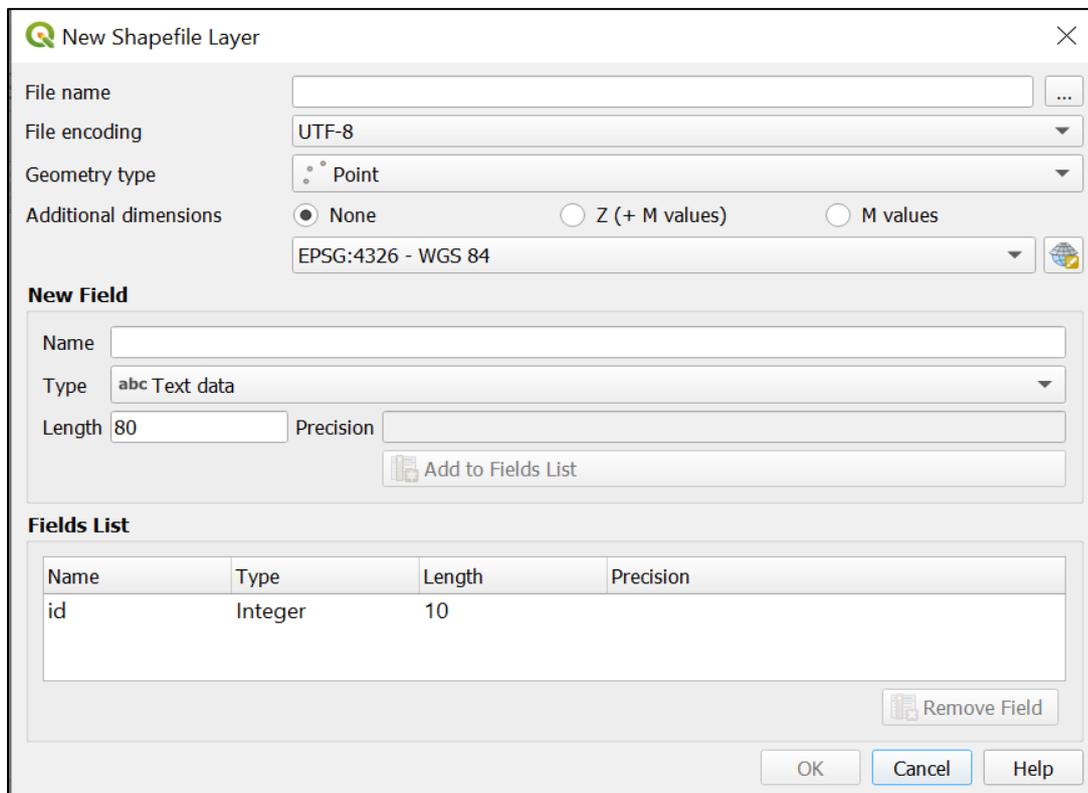
En la carpeta que contiene el archivo de puntos/líneas del país, elija el archivo de puntos/líneas y

después haga clic en el botón *Add* (Agregar).

Paso 2: Cree un nuevo archivo de puntos/líneas del polígono delimitador que cubre el país



Haga clic en el botón de *tres puntos* que están frente a *File Name* (Nombre del archivo) para navegar hacia la carpeta de salida donde será guardado el archivo de puntos/líneas. Dele el nombre de *Boundary* (Delimitación) y guárdelo. La ventana regresará a la que está debajo (de aquella de la que usted partió).

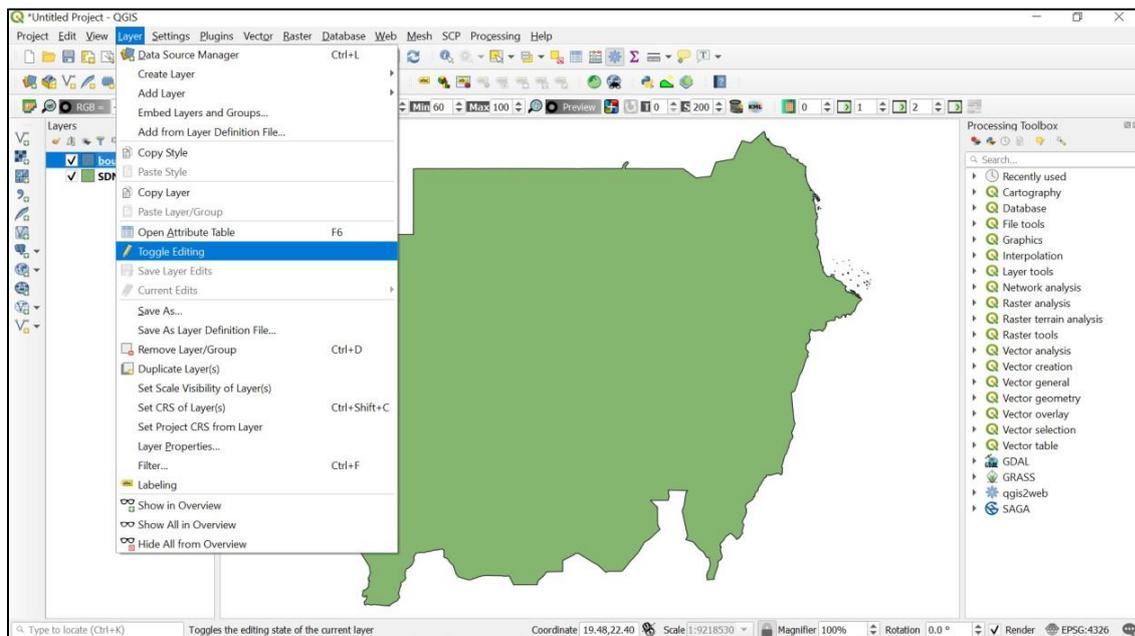


Colóquese en *Geometry Type* (Tipo de Geometría), desplácese y elija polígono (en lugar de punto).

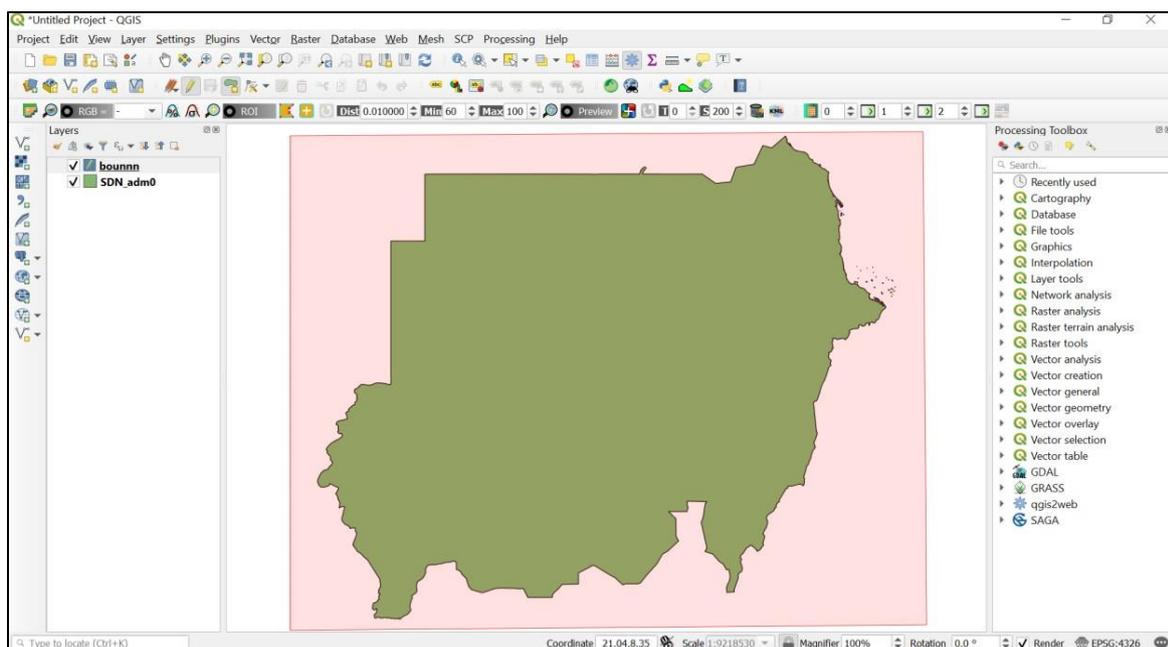
Cerciórese de que el EPSG es 4326-WGS84. Posteriormente haga clic en OK. El nuevo archivo de puntos/líneas será agregado como uno de los objetos en el *Layer Panel* (Panel de Capa).

Paso 3: Digitalice el polígono delimitador

Después de seleccionar la capa recién creada en *Layer Panel* (Panel de Capa), vaya a *Layer* (Barra del Menú) y elija *Toggle Editing* (Edición Alternativa) para empezar a digitalizar los ángulos del polígono (es decir, agregar el vértice). El modo de edición queda activado después de seleccionar el icono *Edición alterna*.



Elija el panel *Edit* (Editar) (el 3^{er} después de *Project* (Proyecto) de la Barra de Menú). Desplácese hacia abajo para llegar a *Add Polygon Features* (Agregar Características del Polígono). Al hacer esto se activa el modo para agregar el vértice del polígono (ángulos). Digitalice por lo menos cuatro ángulos del cuadro delimitador (del ángulo superior izquierdo en el sentido de las manecillas del reloj al ángulo

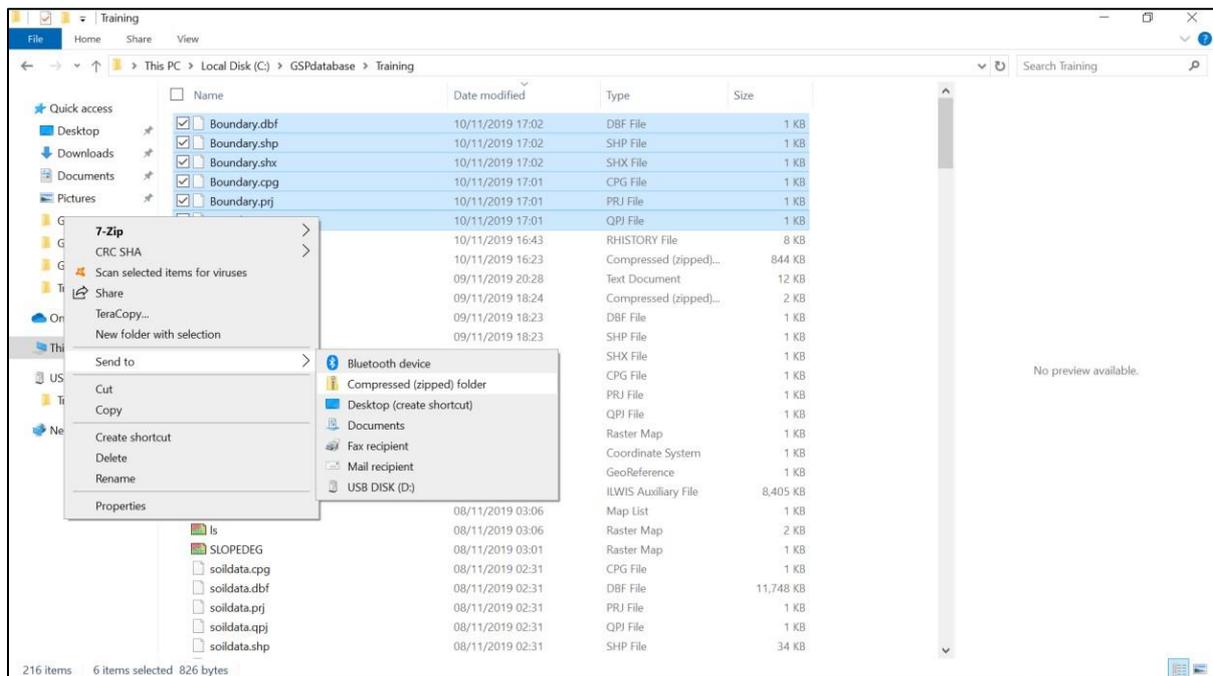


inferior izquierdo).

Nota: El objeto del archivo de puntos/líneas no aparecerá en *View* (Ver). Asegúrese de hacer clic en cada ángulo para crear el punto antes de pasar al siguiente. Después del último ángulo (por decir, el cuarto), haga clic en el botón derecho del mouse para concluir la digitalización. Se abrirá una ventana para introducir la ID del polígono. Introduzca 1 y elija OK. Con esto se concluye la adición del vértice. Regrese al panel *Layer* (Capa) y después desplácese hacia *Toggle Editing* (Edición Alternativa) y selecciónela para detener el modo de edición. Se abrirá la ventana *Stop Editing* (Detener la Edición). Haga clic en *Save* (Guardar) para terminar de digitalizar el nuevo cuadro delimitador.

Paso 4: Creación de criterios de búsqueda en Earth Explorer (Explorador de la Tierra)

Abra el Explorador de Windows y seleccione todas las extensiones del archivo de puntos/líneas Frontera. Haga clic en el botón derecho del mouse y comprímalas. El proceso creará un archivo comprimido con el nombre del archivo de puntos/línea, en este caso *Boundary.zip* (Frontera.zip). Es importante observar que se prefiere la extensión zip (No utilice RAR ni ningún otro modelo de compresión de archivos).



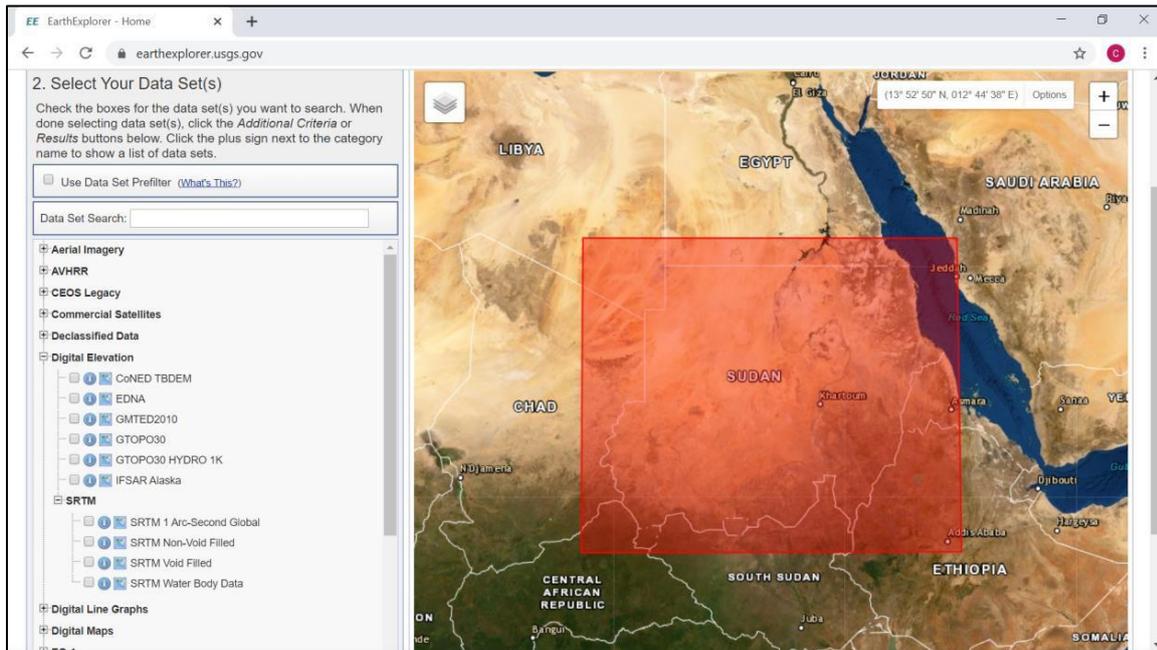
El *login* (inicio de sesión) o registro es necesario en <https://earthexplorer.usgs.gov/> para poder cargar el archivo comprimido. El icono Inicio de sesión/registro se localiza en el ángulo superior derecho de la página. La página pedirá a los nuevos usuarios proporcionar algunos detalles.

Para cargar el archivo comprimido de puntos/líneas, elija la pestaña *Search Criteria* (Criterios de búsqueda); seleccione después la opción *KML/Shapefile Upload* (KML/Carga del Archivo de Puntos/Líneas). Desplácese ahora de KML/KMZ al archivo de puntos/líneas. Después haga clic en *Select File* (Seleccionar Archivo) y navegue hacia la carpeta con el *Boundary.zip* (Frontera.zip). Cierre la ventana cuando la carga haya concluido.

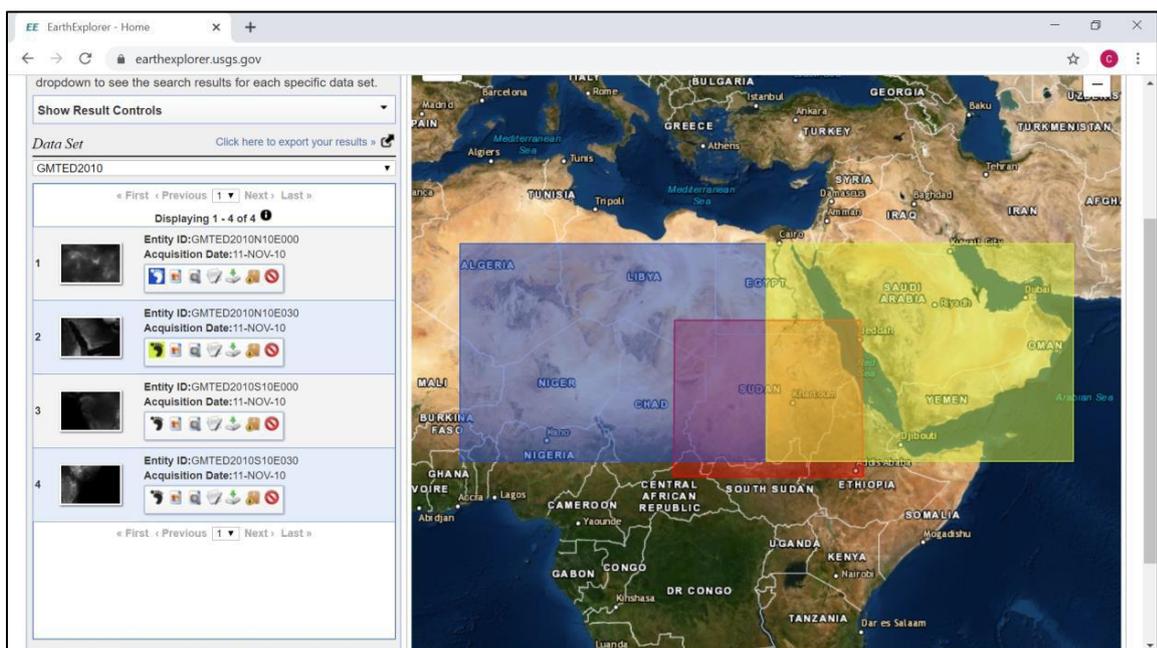
4.4 Descarga de imágenes de Earth Explorer (Explorador de la Tierra)

Paso 1: Descarga de los Datos de Elevación

Después de seleccionar la opción *Data Sets* (Conjunto de Datos) en *Earth Explorer*, aparecerá un panel con una lista de datos disponibles. Al expandir la parte de *Digital Elevation* (Elevación Digital) aparecerán los datos de elevación disponibles. GMTED2010 tiene datos de elevación en resoluciones de 1 km, 500 m, y 250 m, en grados decimales (30, 15, y 7.5 arco-segundos, respectivamente). El *SRTM Void Filled* tiene una resolución de 90 m (y en algunos lugares una resolución de 30 m). No elija más de una opción para evitar una mezcla de descargas.



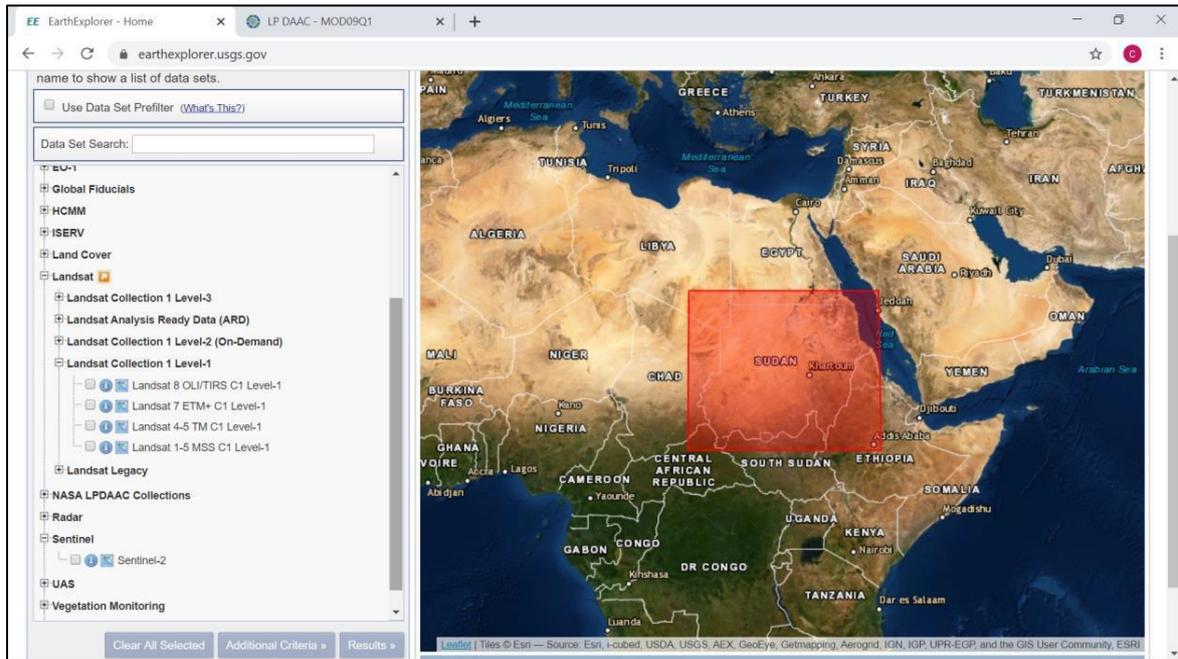
Haga clic en el botón *Results* (Resultados) para ir a la ventana de selección de datos. El símbolo de huella produce una vista transparente de la ubicación de la imagen en el área de estudio. Se descargarán las imágenes apropiadas al activar el botón de descarga.



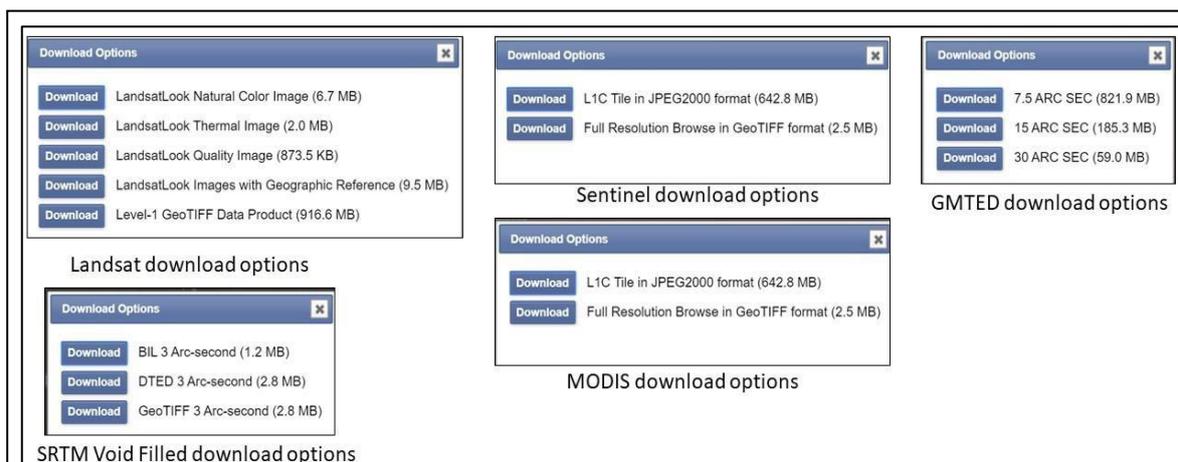
Paso 2: Las imágenes de MODIS son recomendables para países de grandes extensiones mientras que los países pequeños pueden usar las imágenes de Landsat OLI o Sentinel.

En la opción *Data Set* (Conjunto de Datos), la sección Colecciones NASA LPDAAC tiene los conjuntos de datos ASTER y MODIS. Imágenes compuestas de 8 días, las imágenes MODIS se encuentran en la sub-categoría MODIS MOD09A1 V6, mientras que las imágenes diarias constituyen la sub-categoría MODIS MOD09GA V6 de la categoría MODIS Reflectancia de la Superficie de la Tierra – V6.

Descarga de la imagen del sensor remoto



La categoría de Landsat Collection 1 Level-1 (Colección Landsat 1 Nivel 1) tiene imágenes del Landsat 8 OLI/TIRS C1 Nivel 1 mientras que la categoría Sentinel tiene imágenes del Sentinel-2.



5. Salidas (productos)

Se espera que cada uno de los participantes produzca lo siguiente al terminar la lección:

1. Una base de datos de los indicadores de salinidad de suelos (CE, pH, PSI, iones solubles).
2. Bases de datos de predictores espaciales (cobertura de la tierra, clima, geología, imágenes, modelos de elevación digital (DEM), mapa de suelos, etc.).
3. Recursos de computación y programas para el mapeo de suelos afectados por salinidad.
4. Documentación sobre datos disponibles en la base de datos.



Gracias al apoyo financiero de



Ministerio de Finanzas de la
Federación de Rusia



Comisión
Europea



Rural Development
Administration

