1. Introducción

El conocimiento de los recursos naturales de una región es uno de los requisitos fundamentales para la planificación de diversas actividades orientadas al desarrollo territorial, siendo de gran relevancia conocer su distribución geográfica, cuantificación e interpretación de su potencial.

Dentro de estos, la información relacionada a las características edáficas, en lo referente a propiedades, limitaciones y potencialidades, resulta sustancial. Esta información que se encuentra descripta y detallada en los mapas de suelos.

En base a esta necesidad, el Laboratorio de Teledetección y Sistemas de Información Geográfica (SIG) del INTA EEA Salta elaboró la cartografía digital del trabajo "Estudio de suelos del área Miraflores – El Galpón. Departamentos Anta y Metán" realizado por Armando Nadir, Teodoro Chafatinos, Ramón Osinaga y Oscar Matorras, en 1982.

En el presente trabajo se plantearon los siguientes objetivos:

- Digitalizar los límites de las unidades cartográficas del mapa de suelos "Estudio de suelos del área Miraflores – El Galpón. Departamentos Anta y Metán",
- Elaborar la base de datos a partir de la memoria descriptiva del estudio de suelos "Miraflores – El Galpón",
- Vincular la información cartográfica (georeferenciada y ajustada) con la base de datos mediante un SIG, y
- Generar mapas temáticos a partir de la base de datos.

2. Metodología

CARTOGRAFÍA DE SUELO

La metodología aplicada en el estudio original (Nadir et al., 1982) se diferenció en 3 temáticas: gabinete, campo y laboratorio.

En ***gabinete*** se procedió al análisis selectivo de la información existente en el área efectuada por diversos autores y que sirvieron a los objetivos del estudio.

Se efectuó una fotointerpretación de las principales características físicas del medio natural. Se establecieron unidades y subunidades geomorfológicas y rasgos del paisaje, usando conceptos básicos de tonalidad, textura y diseño fotográfico y además, el tamaño, forma, densidad y regularidad con que se

presentan. Además con el fotoanálisis, se seleccionaron los lugares más adecuados para hacer los pozos de observación y calicatas.

En ***campo*** se efectuó un recorrido de campaña para verificar la fotointerpretación y las posibles variaciones entre las fotografías (tomadas en el año 1973) y al campo, en espacial por aquellas diferencias debidas al uso actual del suelo.

Durante el levantamiento sistemático, en aquellos lugares previamente elegidos y algunos de ellos modificados en base a las características locales, se hicieron pozos de observación de 1.20 a 1.50 m de profundidad y 0.5 a 0.8 m de diámetro, a mano con pala o barreno (pala vizcacha) según las necesidades.

Una vez determinada la unidad cartográfica de suelo, se eligieron aquellos representativos en donde se realizaron las calicatas de 1.5 a 2 m de profundidad. Se obtuvieron muestras de los horizontes y/o capas y se efectuó una descripción detallada de las principales características del perfil del suelo.

Las características morfológicas de los perfiles y del paisaje de las unidades más representativas de los suelos se efectuaron siguiendo las normas establecidas en el Manual N° 18 de U.S.D.A. (USA 1951).

En ***laboratorio*** se efectuaron determinaciones químicas, físicas y físico – químicas en las muestras tomadas en el campo.

Los análisis se refirieron especialmente a aquellos datos necesarios para clasificar y conocer el estado de fertilidad de los suelos, comprendiendo: pH, resistencia en pasta, textura, porcentaje de Carbonato, porcentaje de Carbono Orgánico, porcentaje de Nitrógeno, Capacidad de Intercambio Catiónico, Bases de Intercambio, Fósforo en ppm y de algunos horizontes cationes y aniones de las sales solubles.

La información de campo, las descripciones morfológicas y los análisis de laboratorio relevados y determinados en este estudio, se cargaron en las infraestructuras de datos espaciales de SISINTA e IDESA a fin de ser consultadas y descargadas de una manera sencilla y factible.

El término "Infraestructura de Datos Espaciales" (IDE) comprende las tecnologías, normas y planes institucionales que facilitan la disponibilidad y el acceso a datos espaciales. Una IDE incluye datos y atributos geográficos, documentación suficiente (metadatos), un medio para visualizar y valorar los datos (catálogos y cartografía en red) y algún método para proporcionar acceso a los datos geográficos.

Quantum GIS (QGIS) software open source, fue el software empleado para realizar la digitalización de los mapas de suelos con la correspondiente carga de datos.

En el caso del mapa de suelos, se efectuó la digitalización realizando un vector de polígonos donde en las tablas se cargó la información referente al nombre de la asociación, series que los componen, y los links que direccionan a la plataforma SISINTA.

En SISINTA se puede consultar la información de los perfiles modales de las series, referente a descripción del sitio, características morfológicas y análisis de laboratorio. La localización de la calicata se estimó en base a la descripción dada en la serie.

EVALUACIÓN DE TIERRA

En el estudio se efectuó la evaluación de la tierra por aptitud agrícola y por aptitud de riego.

Aptitud Agrícola

Para clasificar los suelos por aptitud agrícola, primero se efectuó un análisis de las series de forma individual para luego clasificarlos en Grupos de la Tierra, ya que los suelos se encuentran agrupados en asociaciones.

Los Grupos de la Tierra comprenden 5 categorías, en un orden decreciente de valoración:

GRUPO A: Constituyen áreas de primer orden para el desarrollo agrícola. Al menos 50% de la superficie está cubierta por suelos de clase (a).

Prácticas comunes de manejo por lo general son suficientes para permitir la implantación de un elevado número de cultivos.

La forma en que los suelos asociados se distribuyen en el paisaje es por lo general sencilla, lo que facilita su delimitación en posteriores estudios.

Es de esperar que den respuestas muy positivas frente a inversiones comunes a todo programa de desarrollo agrícola.

GRUPO B: Constituyen áreas de segundo orden para el desarrollo agrícola. Por lo menos 50% del área está cubierta con suelos aptos para el cultivo - clases (a), (b), (c) - con dominancia de la clase (b), o bien con una composición de clases, que en promedio se asemeja a aquella.

Prácticas comunes de manejo aplicadas en tratamientos constantes y secundadas eventualmente con técnicas auxiliares de ingeniería de suelos, son por lo general suficientes para la implantación de un número elevado de cultivos.

Es de esperar que den respuestas muy positivas frente a inversiones algo más que comunes a todo programa de desarrollo agrícola.

GRUPO C: Constituyen áreas de tercer orden para el desarrollo agrícola. Por lo menos el 50% del área está cubierta por suelos aptos para el cultivo con dominancia de la clase (c), o bien presenta una composición de clases que se asemeja en promedio a aquella.

Las prácticas de manejo deben ser especiales y aplicadas en tratamientos constantes e intensivos, exigiendo en mayor o menor grado, una obligada implementación de tratamientos estructurales, a veces de tipo zonal, como ser desagües, drenajes, etc.

Se supone que el número de cultivos adaptables y su rendimiento quedan condicionados a la naturaleza e intensidad de las prácticas de manejo y/o mejoramiento.

Es de esperar respuestas positivas frente a inversiones que superan significativamente el costo común de todo programa de desarrollo agrícola.

GRUPO D: Conforman áreas dominantemente no aptas para la agricultura y que en general sólo admiten una planificación pecuaria y forestal, debido a las severas limitaciones que presentan los suelos para el cultivo.

Requieren a veces estudios complementarios para delimitar y definir sub-áreas que, presentando suelos aptos para el cultivo, no0 han sido separados por razones de escala.

GRUPO E: Estas áreas presentan muy severas limitaciones por lo que resultan inaptas para la agricultura. Normalmente quedan excluidas de los programas de desarrollo, mejoramiento y recuperación. Los tratamientos están supeditados al uso que se les puede dar y a la real necesidad local de extender la agricultura.

Los suelos predominantes en este grupo pertenecen a la clase de aptitud (e), lo cual expresa de por si el alto nivel de impedimentos que poseen.

Las series de suelo definidas se clasificaron por Capacidad de Uso, utilizando la clasificación del servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos. Esta clasificación consta de 8 clases. Las clases I a IV, son aptas para las labranzas y las clases V a VIII son de uso limitado o generalmente inaptas para las labranzas.

Clase I: Los suelos de esta clase tienen pocas limitaciones de uso.

Clase II: Los suelos de esta clase tienen algunas limitaciones en cuanto a la elección de plantas, o requieren moderadas prácticas de conservación.

Clase III: Los suelos de esta clase presentan severas limitaciones que restringen la eleccción de las plantas o requieren la aplicación de prácticas especiales de conservación, o ambas cosas a la vez.

Clase IV: Los suelos de esta clase tienen limitaciones muy severas que restringen la elección de cultivos, requieren un manejo muy cuidadoso, o ambas cosas a la vez.

Clase V: Los suelos de esta clase presentan poco o ningún peligro de erosión, pero encierran otras limitaciones no corregibles que restringen su uso a la producción de pasturas y árboles forestales, pudiendo ser aprovechados también como campos naturales de pastoreo o para la conservación de la fauna silvestre.

Clase VI: Los suelos de esta clase tienen graves limitaciones que los hacen generalmente inaptos para cultivo, por lo que su uso queda restringido en gran parte a pasturas, campo natural de pastoreo, forestación, o conservación de la fauna silvestre.

Clase VII: Los suelos de esta clase presentan limitaciones muy graves que los hacen inadecuados para el cultivo y su uso queda reducido casi exclusivamente al pastoreo, forestación o conservación de la fauna silvestre.

Clase VIII: Los suelos y terrenos de esta clase presentan tales limitaciones que resulta imposible su uso para la producción comercial de plantas y restringen su aprovechamiento a la recreación, conservación de la fauna silvestre, provisión de agua o fines estéticos.

Cada clase se subdivide en subclases, a excepción de la clase I que no tiene limitaciones, en base a limitaciones del suelo y del clima. Las subclases consideradas son:

Subclase de erosión (e): Susceptibles a la erosión o con erosión anterior.

Subclase de exceso de humedad (w): Suelos de drenaje deficiente, con exceso de humedad, nivel freático elevado.

Subclase de limitaciones en la zona radical (s): Suelos someros, piedras, baja capacidad de retención de humedad, salinidad o alcalinidad.

Subclase por limitaciones climáticas (c): Suelos donde el clima (temperatura y precipitación) es la limitación.

Aptitud de riego

La clasificación según aptitud de riego se efectuó en base al Manual de Clasificación de Tierras con fines de Riego del Breau of reclamation de los Estados Unidos.

Esta clasificación consta de 6 clases:

Clase 1: Arable - Comprende las tierras de mayor aptitud para la agricultura de riego, porque pueden producir rendimientos sostenidos y relativamente altos, con un grupo numeroso de cultivos adaptados a las condiciones climáticas, a un costo razonable.

Clase 2: Arable - Esta clase comprende las tierras de moderada aptitud para la agricultura de riego. En comparación con la clase 1, su capacidad productiva es notablemente menor, se adaptan a un grupo de cultivo más reducido y la preparación para riego, así como su explotación agrícola, son más costosos.

Clase 3: Arable - Comprende aquellas tierras que son menos aptas para la agricultura de riego, que las de la clase 2. La explotación agrícola de esta tierra puede encerrar más riesgos que la de la clase 1 o la clase 2, pero se puede predecir que bajo buenas prácticas de manejo tendrá adecuada capacidad de pago.

Clase 4: Arable Limitada o de Uso Especial - Las tierras son incluidas en esta clase, sólo después de que estudios especiales de ingeniería y economía han demostrado que son arables. Pueden tener una o más de una deficiencia incorregible, lo cual limita su utilidad a pasto de corte, potreros, huertos u otros cultivos relativamente permanentes.

Clase 5: No arable - Las tierras incluidas en esta clase no son arables bajo las condiciones naturales; pero tienen un valor potencial suficiente para justificar su segregación tentativa, con el fin de hacer en ellas estudios especiales antes de completar su clasificación definitiva.

Clase 6: No arable - No tienen suficiente capacidad de pago para justificar su consideración como regables.

La clase 1 no presenta limitaciones. Las otras clases se dividen en subclases:

Subclase por limitación de suelos (s): Características físicas y químicas, tales como textura y salinidad.

Subclase por limitación de topografía (t): Pendiente, cobertura, (piedras y vegetación), relieve

Subclase por limitación de drenaje (d): Drenaje superficial y subterráneo, anegabilidad o inundación.

3. RESULTADOS

CARTOGRAFÍA DE SUELO

Del estudio de suelo se definieron 15 series agrupadas en 10 asociaciones de suelo (Tabla 1).

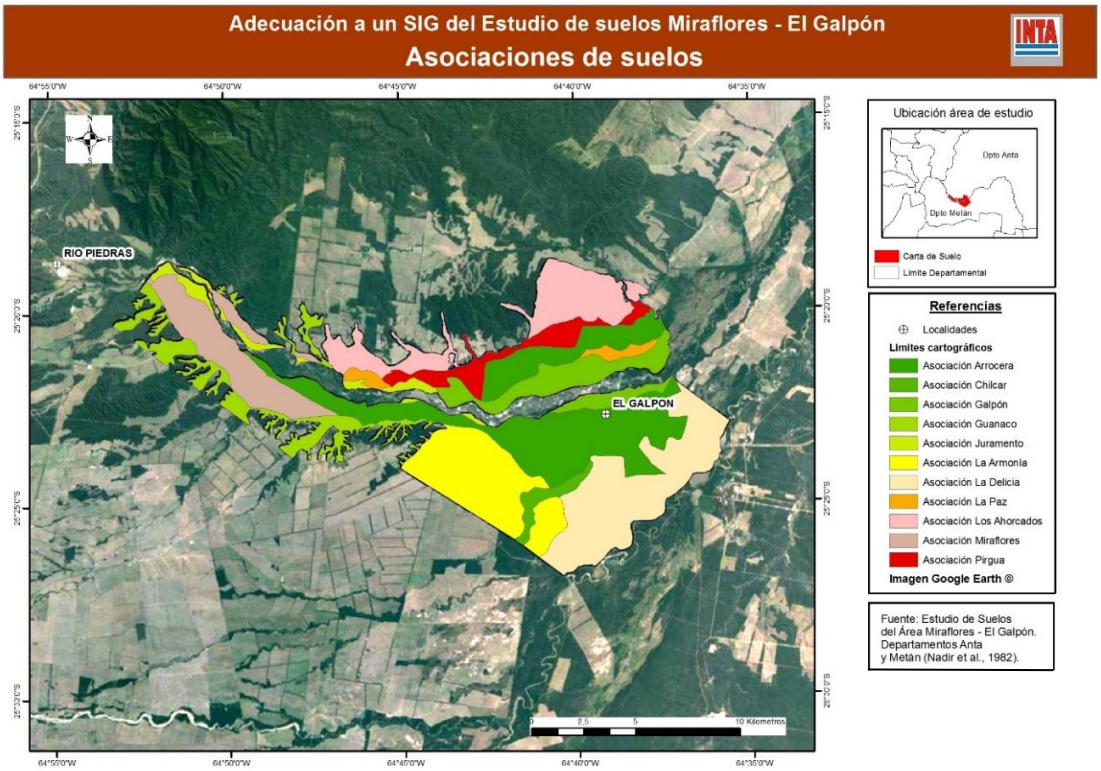
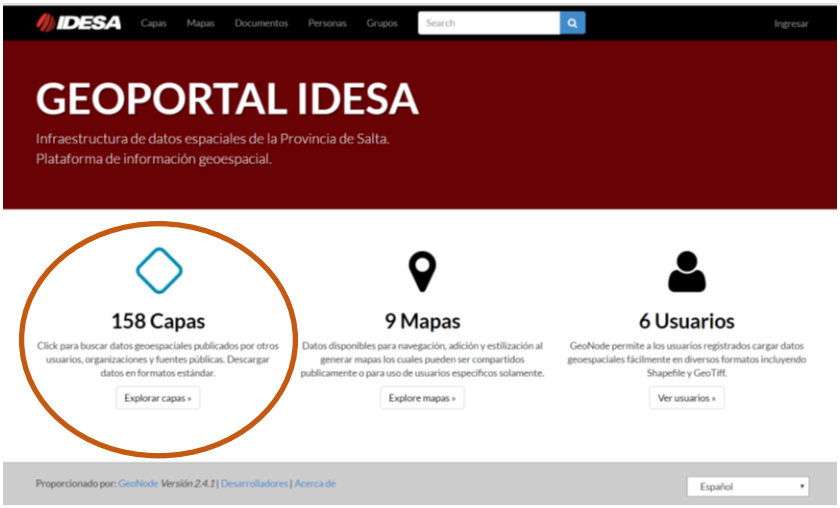


Tabla 1. Composición de las unidades cartográficas

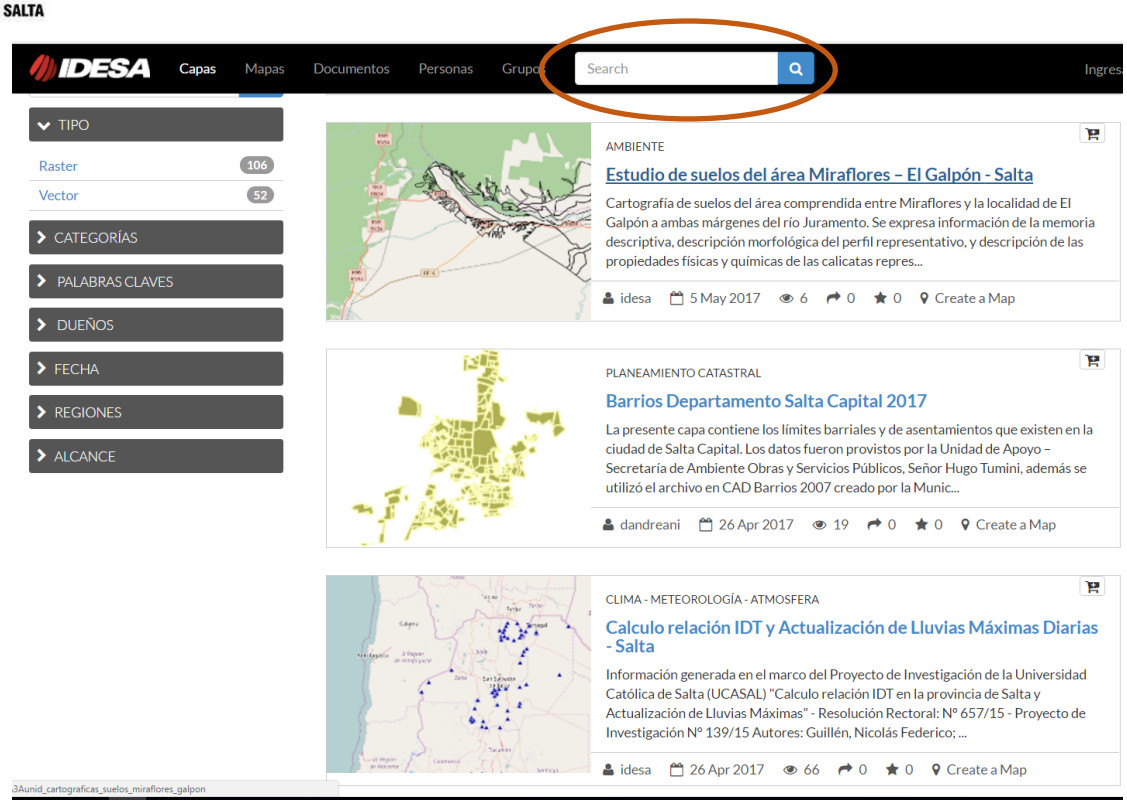
Unidad Cartográfica	Dominante	Subordinado / Incluido
Asociación Miraflores	Miraflores	Palo Pique, Guanaco, Juramento
Asociación Los Ahorcados	Los Ahorcados	Pirgua
Asociación Chilcar	Chilcar	La Armonía, Arrocera, Las Delicias
Asociación Arrocera	Arrocera	La Armonía, Las Delicias, El Galpón, La Paz
Asociación Pirgua	Pirgua	Los Ahorcados, La Represa
Asociación Juramento	Juramento	Miraflores, La Paz, El Galpón
Asociación La Paz	La Paz	Arrocera, El Galpón, Juramento
Asociación El Galpón	El Galpón	Arrocera, La Paz, Juramento
Asociación Las Delicias	Las Delicias	Moro Muerto, La Armonía, Arrocera, Chilcar
Asociación La Armonía	La Armonía	Las Delicias, Chilcar, Arrocera
Asociación Guanaco	Guanaco	El Noventa, Miraflores

Cada polígono definido en el vector representa una unidad cartográfica, en este caso a una asociación de suelo. En cada uno se cargó la información de la asociación referente a las series que la componen, información de campo, descripción morfológica y análisis de laboratorio (Figura 2).

Esta capa puede ser consultada y descargada desde el geoportal IDESA (http://geoportal.idesa.gob.ar/), en el sector **CAPAS.**



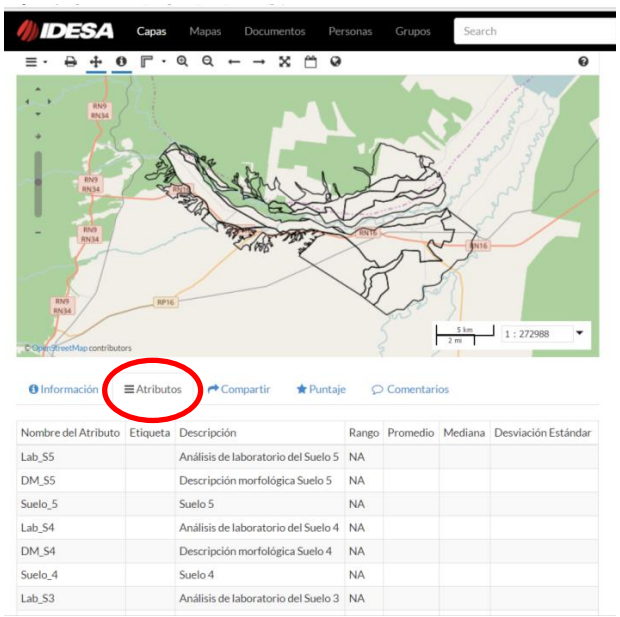
Buscándola por palabras claves (Figura 3)



Al ingresar en la capa, podemos consultar la información de esta.

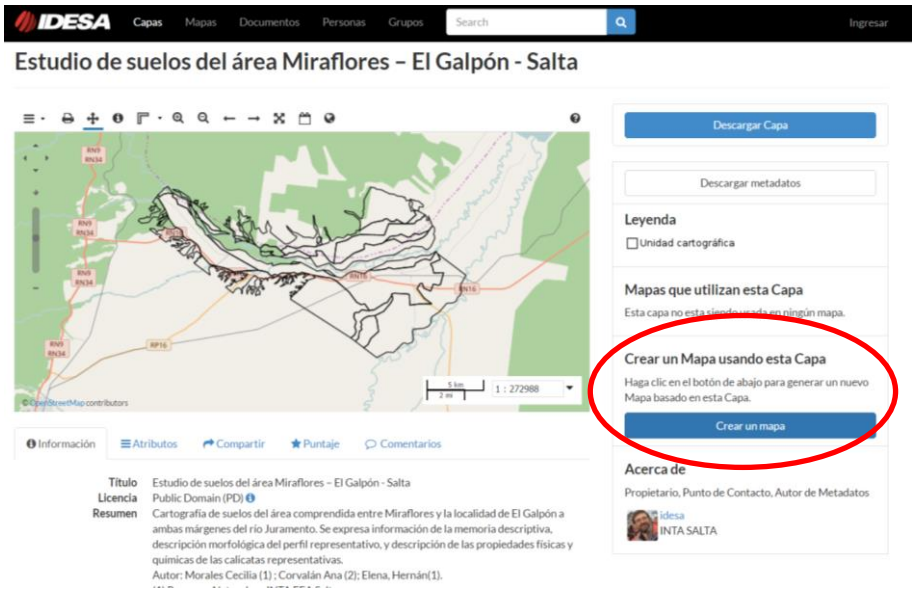
En el sector “atributos” podemos consultar la información de la asociación de suelo, las series que la componen, información de campo, descripción morfológica y análisis de laboratorio. Las series que la componen se observan en los atributos de la capa como Suelo 1, Suelo 2, hasta Suelo 5 (Figura 5).

Figura 5. Atributos de la capa

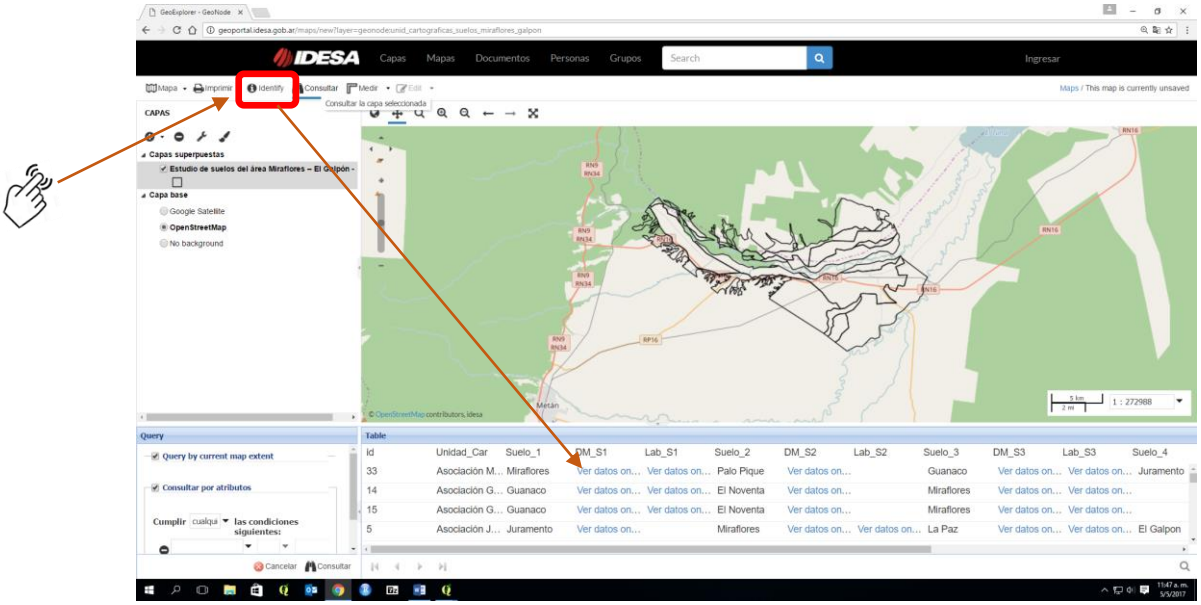


Nombre del Atributo	Etiqueta	Descripción	Rango	Promedio	Mediana	Desviación Estándar
Lab_S5		Análisis de laboratorio del Suelo 5	NA			
DM_S5		Descripción morfológica Suelo 5	NA			
Suelo_5		Suelo 5	NA			
Lab_S4		Análisis de laboratorio del Suelo 4	NA			
DM_S4		Descripción morfológica Suelo 4	NA			
Suelo_4		Suelo 4	NA			
Lab_S3		Análisis de laboratorio del Suelo 3	NA			

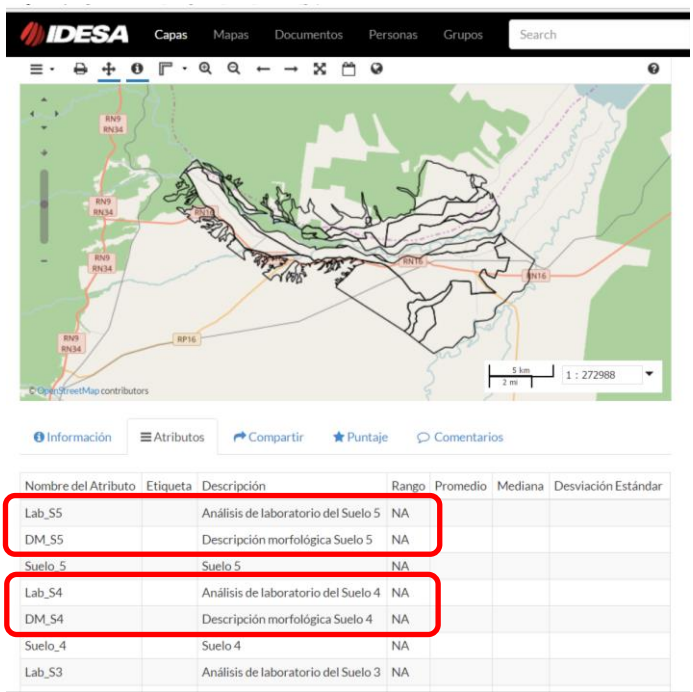
La información de campo, descripción morfológica y análisis de laboratorio se puede consultar creando un mapa desde el portal



Seleccionando la opción “Consultar” se despliega en la parte inferior de la pantalla la información de los polígonos que se observan en el visor, si se desea filtrar información es necesario realizar un zoom en el área de interés.



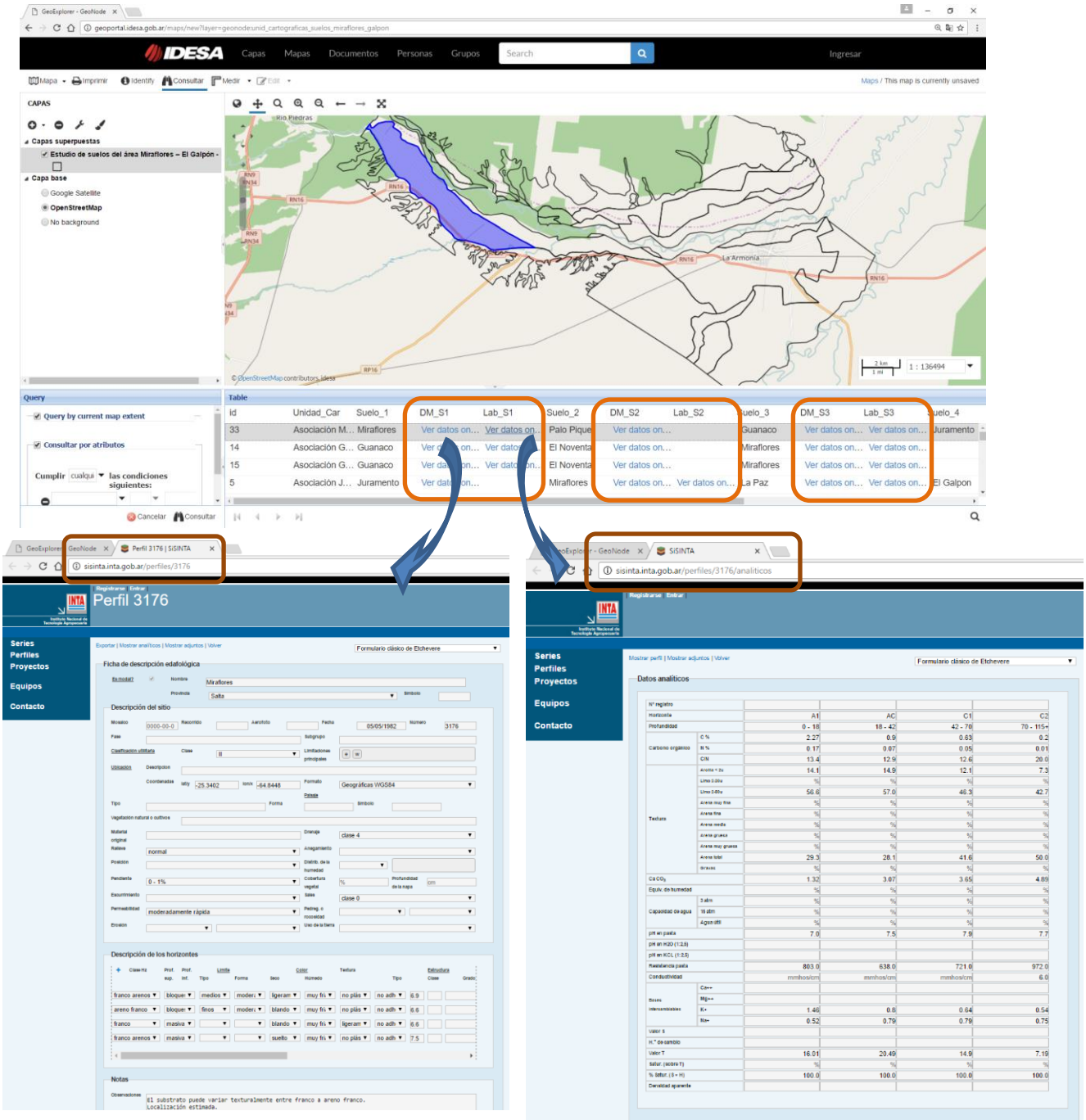
Las abreviaturas de las columnas se pueden consultar desde los Atributos de la capa



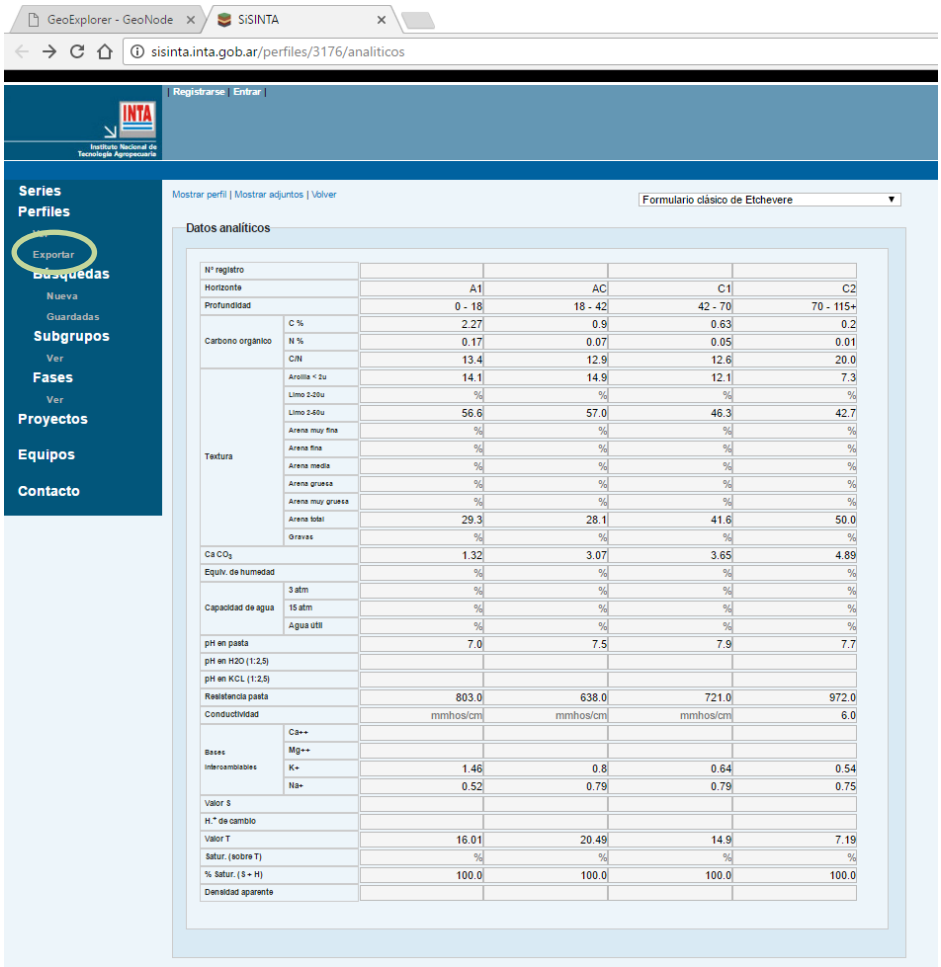
Nombre del Atributo	Etiqueta	Descripción	Rango	Promedio	Mediana	Desviación Estándar
Lab_S5		Análisis de laboratorio del Suelo 5	NA			
DM_S5		Descripción morfológica Suelo 5	NA			
Suelo_5		Suelo 5	NA			
Lab_S4		Análisis de laboratorio del Suelo 4	NA			
DM_S4		Descripción morfológica Suelo 4	NA			
Suelo_4		Suelo 4	NA			
Lab_S3		Análisis de laboratorio del Suelo 3	NA			

La abreviatura **DM_S1** indica Descripción morfológica del Suelo 1, y **Lab_S1** los resultados de los análisis de laboratorio del Suelo 1, y así sucesivamente con cada suelo hasta el número 5.

El link representado en el texto celeste, nos direcciona a la página web SISINTA

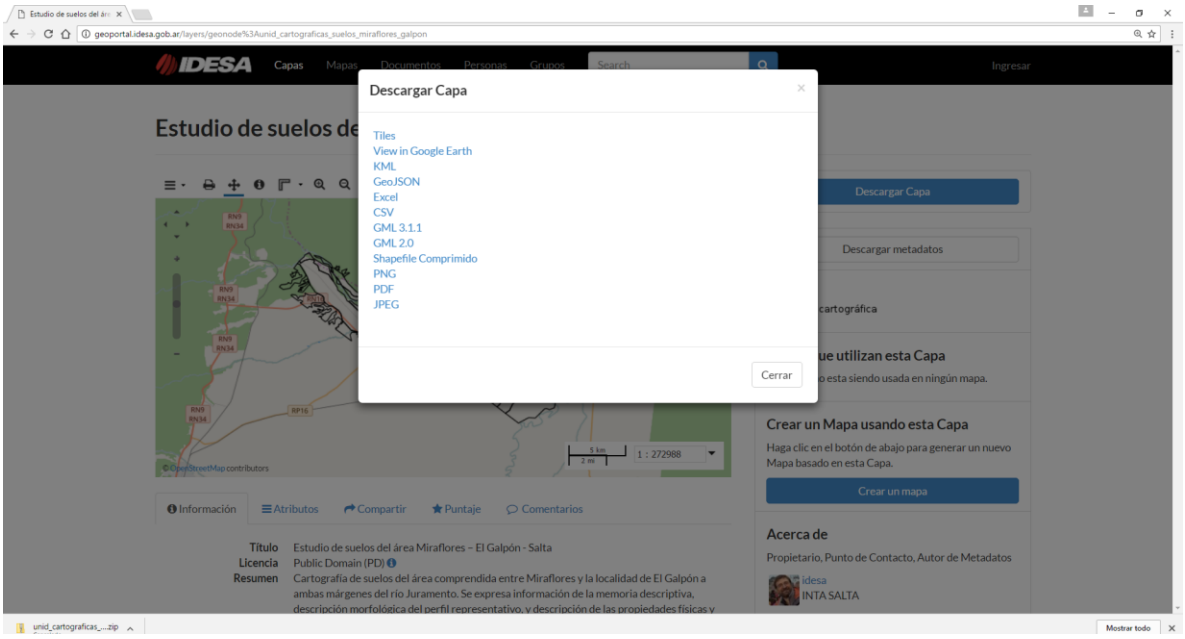


Desde esta plataforma los datos se pueden descargar en formato CSV.

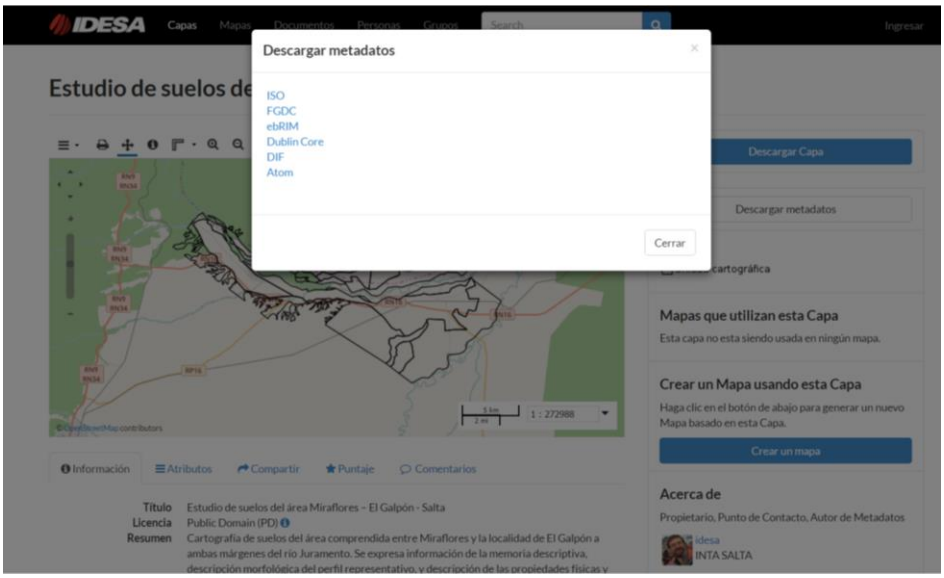


Nº registro					
Horizonte		A1	AC	C1	C2
Profundidad		0 - 18	18 - 42	42 - 70	70 - 115+
Carbono orgánico	C %	2.27	0.9	0.63	0.2
	N %	0.17	0.07	0.05	0.01
	C/N	13.4	12.9	12.6	20.0
Textura	Arcilla < 2u	14.1	14.9	12.1	7.3
	Limo 2-20u	%	%	%	%
	Limo 2-50u	56.6	57.0	46.3	42.7
	Arena muy fina	%	%	%	%
	Arena fina	%	%	%	%
	Arena media	%	%	%	%
	Arena gruesa	%	%	%	%
	Arena muy gruesa	%	%	%	%
	Arena total	29.3	28.1	41.6	50.0
	Gravas	%	%	%	%
$CaCO_3$		1.32	3.07	3.65	4.89
Equiv. de humedad		%	%	%	%
Capacidad de agua	3 atm	%	%	%	%
	15 atm	%	%	%	%
	Agua útil	%	%	%	%
pH en pasta		7.0	7.5	7.9	7.7
pH en H2O (1:2,5)					
pH en KCL (1:2,5)					
Resistencia pasta		803.0	638.0	721.0	972.0
Conductividad		mmhos/cm	mmhos/cm	mmhos/cm	6.0
Bases intercambiables	Ca++				
	Mg++				
	K+	1.46	0.8	0.64	0.54
	Na+	0.52	0.79	0.79	0.75
Valor S					
H.+ de cambio					
Valor T		16.01	20.49	14.9	7.19
Satur. (sobre T)		%	%	%	%
% Satur. (S + H)		100.0	100.0	100.0	100.0
Densidad aparente					

El vector se puede descargar en varios formatos desde la página web de IDESA, en sistema de coordenadas geográficas WGS 84. Se hace click en “Descargar capa”, y luego se selecciona el formato que se efectúa la descarga



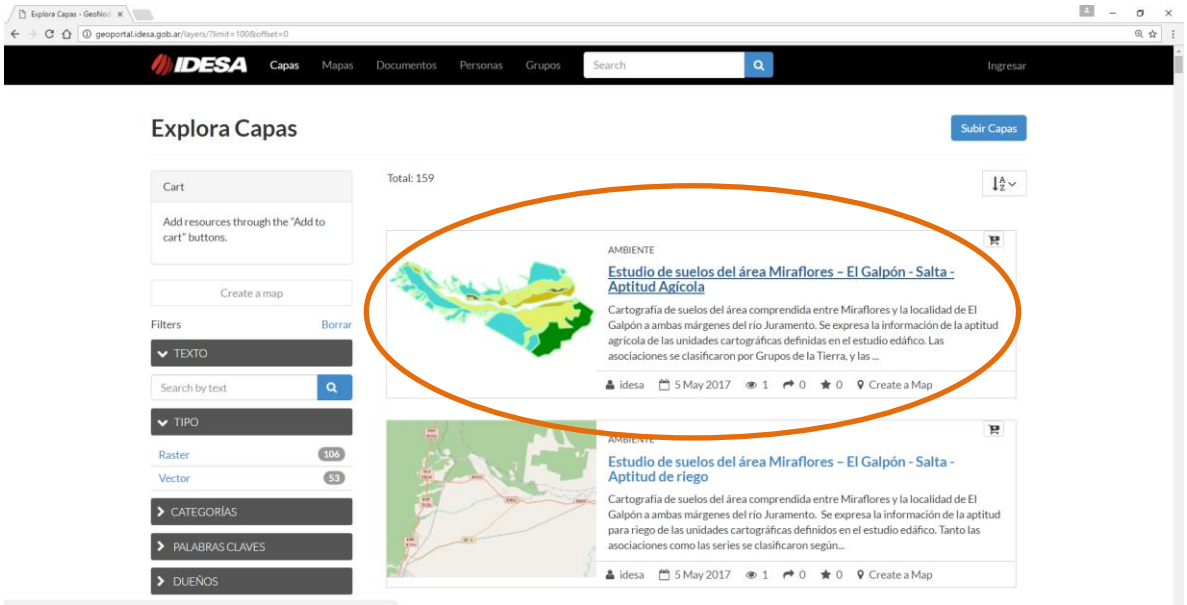
Se prodece de la misma manera con los metadatos



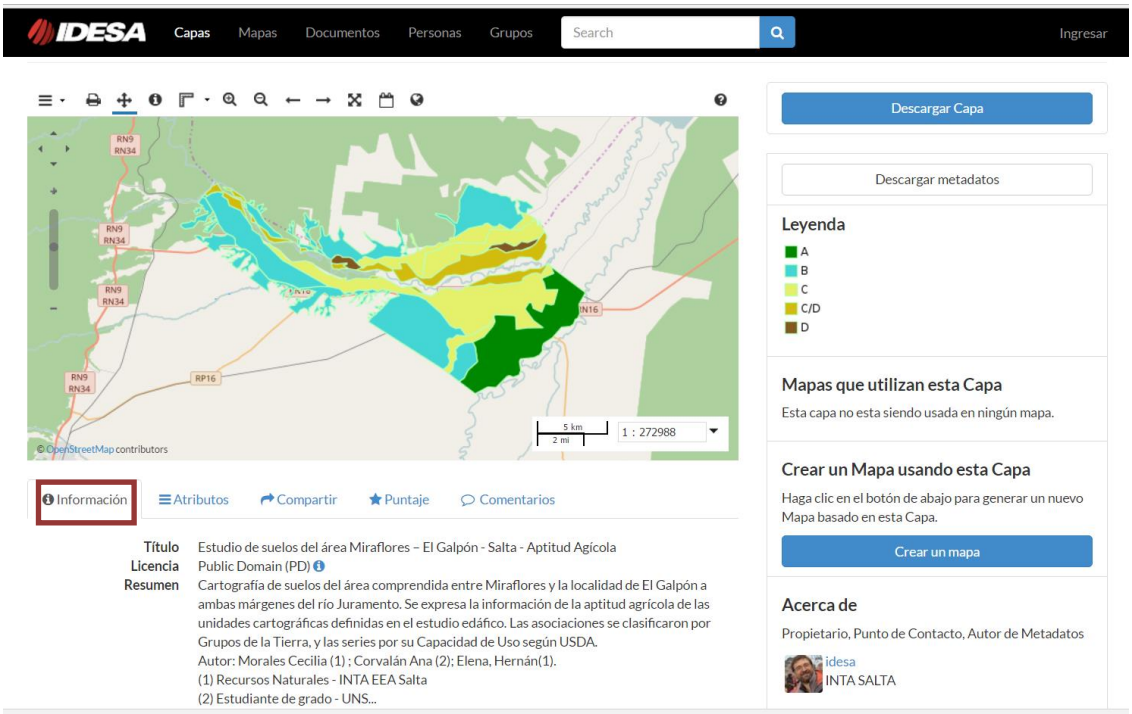
EVALUACIÓN DE TIERRA

Aptitud Agrícola

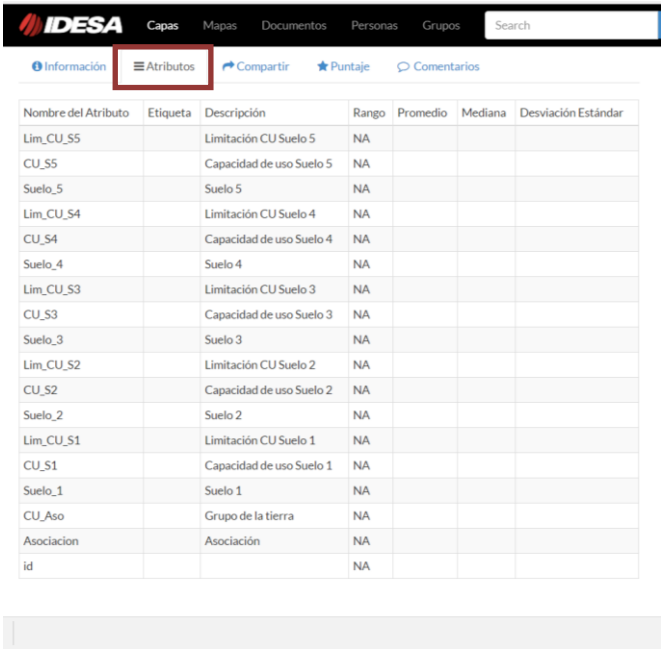
La consulta de los suelos por su aptitud agrícola se realiza desde el link http://geoportal.idesa.gob.ar/layers/geonode%3Acu_miraflores_el_galpon



En el label "Información" se detallan los criterios de clasificación que se utilizaron, siendo Grupos de la Tierra a nivel de asociación y Capacidad de uso a nivel de serie.

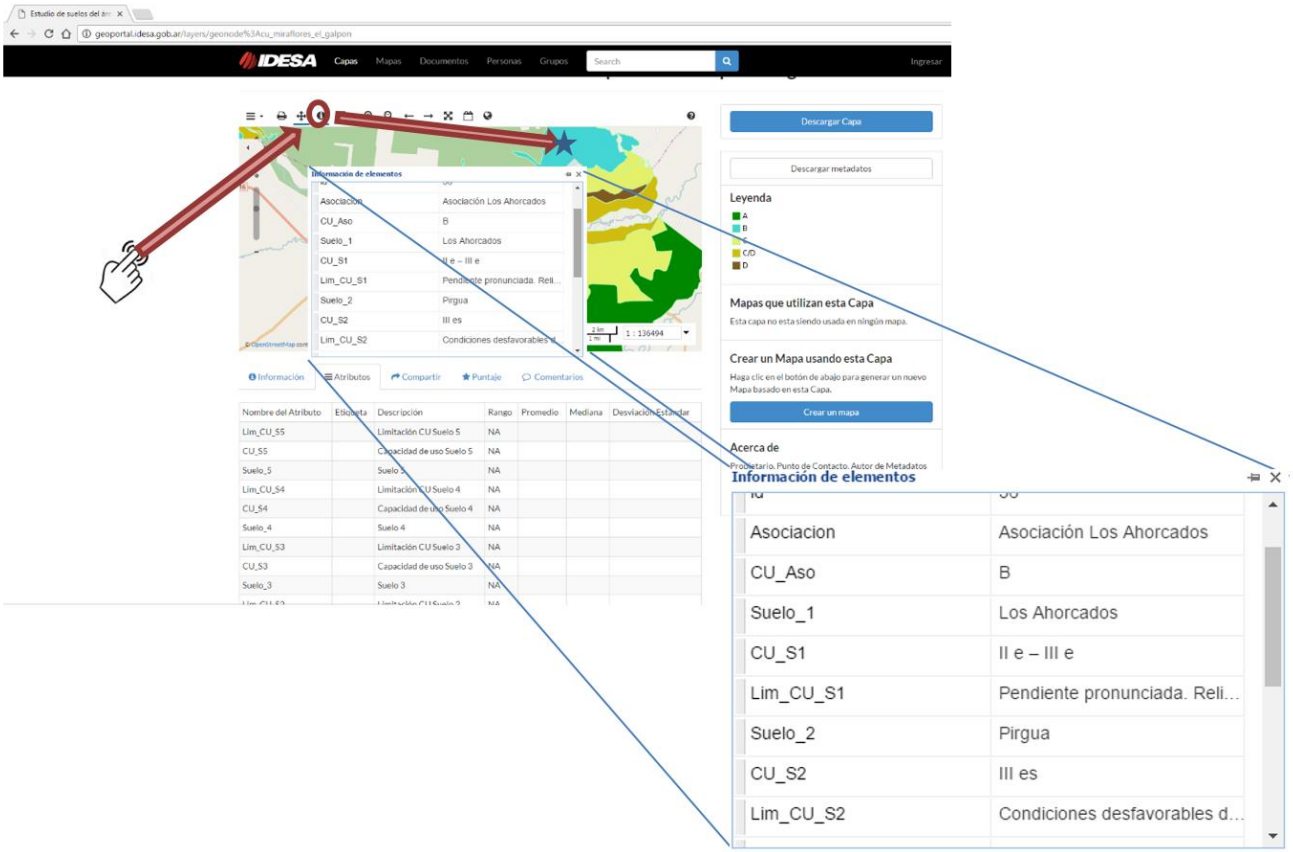


En el label "Atributos", se detalla a que grupo de la tierra corresponde cada asociación como también la Capacidad de uso (CU) a la que correspondería cada serie, con sus respectivas limitaciones (Lim_CU)



Nombre del Atributo	Etiqueta	Descripción	Rango	Promedio	Mediana	Desviación Estándar
Lim_CU_S5		Limitación CU Suelo 5	NA			
CU_S5		Capacidad de uso Suelo 5	NA			
Suelo_5		Suelo 5	NA			
Lim_CU_S4		Limitación CU Suelo 4	NA			
CU_S4		Capacidad de uso Suelo 4	NA			
Suelo_4		Suelo 4	NA			
Lim_CU_S3		Limitación CU Suelo 3	NA			
CU_S3		Capacidad de uso Suelo 3	NA			
Suelo_3		Suelo 3	NA			
Lim_CU_S2		Limitación CU Suelo 2	NA			
CU_S2		Capacidad de uso Suelo 2	NA			
Suelo_2		Suelo 2	NA			
Lim_CU_S1		Limitación CU Suelo 1	NA			
CU_S1		Capacidad de uso Suelo 1	NA			
Suelo_1		Suelo 1	NA			
CU_Aso		Grupo de la tierra	NA			
Asociacion		Asociación	NA			
id			NA			

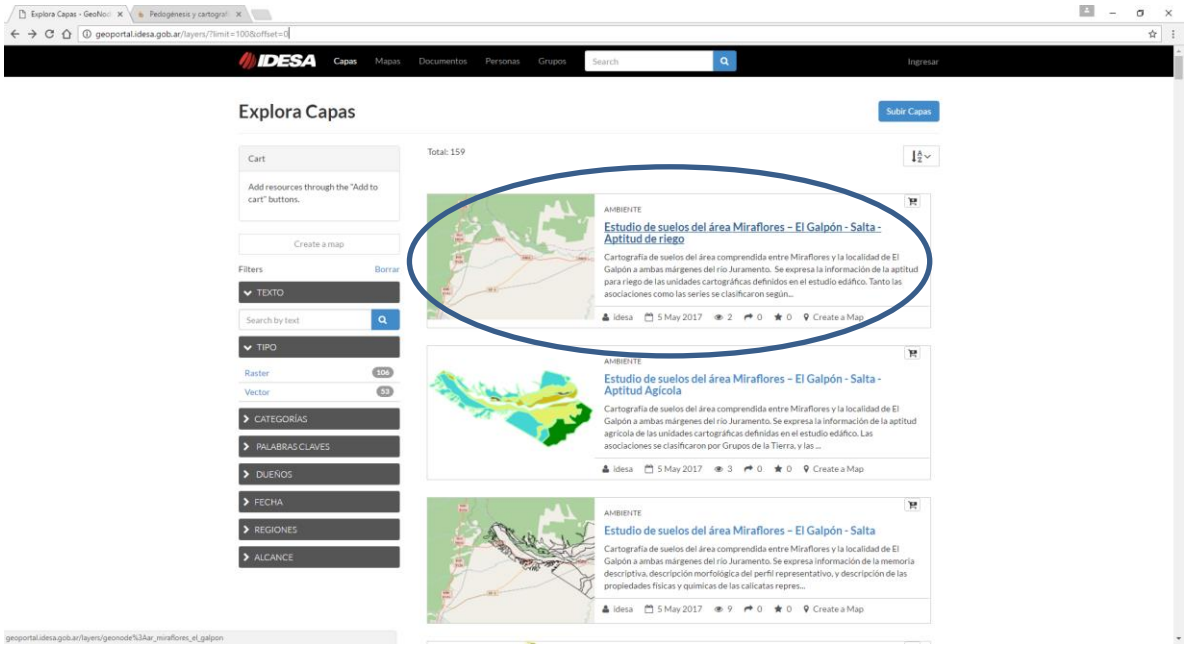
Para conocer las características de cada polígono desde el geoportal se puede hacer click en el icono de información y luego seleccionar el polígono que se desea consultar. Posteriormente se despliega una ventana con la información que contiene el mismo.



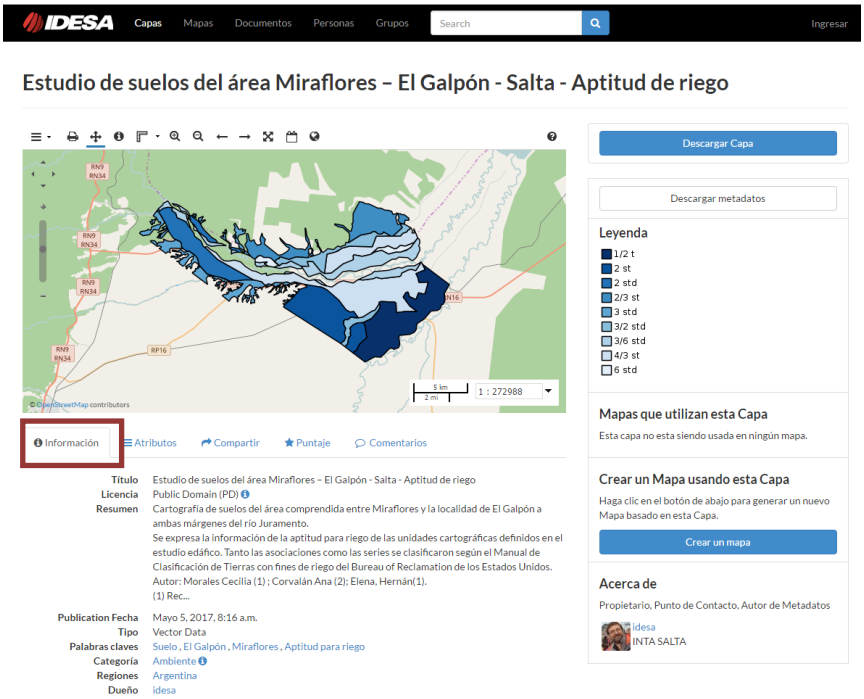
La descarga de la capa se hace desde el label “Descargar capa”.

Aptitud de riego

La consulta de los suelos clasificados según su aptitud para riego se realiza desde el link http://geoportal.idesa.gob.ar/layers/geonode%3Aar_miraflores_el_galpon



El label "Información" brinda un resumen de la información contenida en la capa

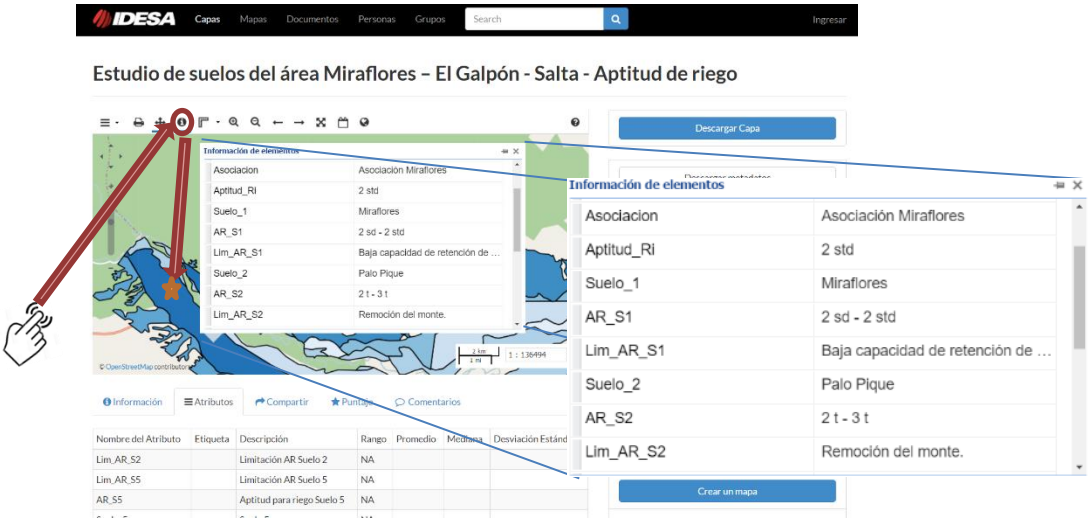


En el label "Atributos", se detalla a que clase de aptitud de riego (AR) corresponde tanto la asociación de suelo como cada serie. En el caso de las series también se describe las limitaciones que presenta.

Información | Atributos | Compartir | Puntaje | Comentarios

Nombre del Atributo	Etiqueta	Descripción	Rango	Promedio	Mediana	Desviación Estándar
Lim_AR_S2		Limitación AR Suelo 2	NA			
Lim_AR_S5		Limitación AR Suelo 5	NA			
AR_S5		Aptitud para riego Suelo 5	NA			
Suelo_5		Suelo 5	NA			
Lim_AR_S4		Limitación AR Suelo 4	NA			
AR_S4		Aptitud para riego Suelo 4	NA			
Suelo_4		Suelo 4	NA			
Lim_AR_S3		Limitación AR Suelo 3	NA			
AR_S3		Aptitud para riego Suelo 3	NA			
Suelo_3		Suelo 3	NA			
AR_S2		Aptitud para riego Suelo 2	NA			
Suelo_2		Suelo 2	NA			
Lim_AR_S1		Limitación AR Suelo 1	NA			
AR_S1		Aptitud para riego Suelo 1	NA			
Suelo_1		Suelo 1	NA			
Aptitud_Ri		Aptitud para riego	NA			
Asociacion		Asociación	NA			
id			NA			

Para conocer las características de cada polígono desde el geoportal se puede hacer click en el icono de información y luego seleccionar el polígono que se desea consultar. Posteriormente se despliega una ventana con la información que contiene el mismo.



La descarga de la capa se hace desde el label “Descargar capa”.