

.Segregación de Ambientes en el Establecimiento Cerosol (Cnel. Dorrego).

Autora: Contreras Galarraga Jennifer



Docente tutor: Dr. Oscar Bravo

Docentes consejeros: Dr. Francisco Blázquez

Dr. Matías Duval



PREFACIO

Este trabajo es presentado como parte de los requisitos para cumplir con el trabajo de intensificación de la carrera de Ingeniería Agronómica de la Universidad Nacional del Sur.

AGRADECIMIENTOS

Al Departamento de Agronomía y a la Universidad Nacional del Sur por formarme.

A mis consejeros Dr. Francisco Blázquez y Dr. Matías Duval por ayudarme en el Trabajo de Intensificación.

A mi tutor el Dr. Oscar Bravo por su dedicación y tiempo.

A Maximiliano Garay por su tiempo y buena disposición.

A Franco Frolla por su ayuda y colaboración.

A mis amigos de la carrera, en especial a Aldi, Pia, Iso, Agus, Laura y Nelson por ayudarme siempre.

A mis abuelas por darme su apoyo durante toda la carrera.

A mi papá.

A mis abuelos.

A Agustín.

A mis amigas y amigos por todos los años de amistad y en especial a Joshi por ayudarme en el trabajo de intensificación.

A mis hermanas por estar siempre.

Y a mí mamá, que gracias a ella y su apoyo incondicional soy Ingeniera Agrónoma.

RESUMEN

Los objetivos del presente trabajo fueron establecer la distribución de unidades cartográficas de suelos en lotes de un establecimiento rural del Pdo. de Coronel Dorrego a escala detallada, y a partir de los ambientes segregados, realizar las recomendaciones de uso y manejo que aseguren la sustentabilidad del sistema. El sitio de estudio corresponde al establecimiento Cerosol, que cuenta con una superficie de 1500 ha de uso agrícola y 500 ha de ganadería. El clima es templado sub-húmedo con precipitaciones medias de 695 mm año⁻¹. Como documentos de base se utilizaron: el modelo digital de elevación nacional (MDE-Arg del IGM), cartas de suelos INTA e imágenes satelitales del sensor óptico Sentinel-2. Se generó un mapa de relieve y dos mapas de ambientes para 4 potreros (7, 8, XV y XXIV), a partir de los cuales se establecieron sitios representativos para la descripción de perfiles y toma de muestra completa de suelos para clasificación taxonómica. En los planos altos corresponde los suelos predominantes son Argiudoles petrocálcicos (tosca a 1 m). En las laderas altas y bajas se identificaron Hapludoles típicos y Argiudoles petrocálcicos con profundidades entre 0,5 a 1 m. En las vías de agua y sectores anegables se reconocieron Natrudoles petrocálcicos y Natracuafes petrocálcicos. Las condiciones de anegamientos frecuentes vinculados a suelos sódicos en los lotes 7 y 8 hacen recomendable mantener su pastizal natural. En los lotes XV y XXIV se diferenciaron tres ambientes, dejando el 1 (depresiones) con pasturas naturales. En los ambientes 3 (planos intermedios y bajos) de ambos lotes se aconseja una pastura consociada de Agropiro alargado (*Thynopirum ponticum*) con trébol de olor amarillo (*Melilotus officinalis*). En el ambiente 2 del lote XV se propuso una consociación de festuca (*Festuca arundinacea*) con lotus (*Lotus tenuis*). Asimismo, en el ambiente 2 del lote XXIV se propuso una pastura de pasto ovilla (*Dactylis glomerata*) con trébol rojo (*Trifolium pratense*). Luego del análisis realizado se concluye que el esquema productivo actualmente utilizado es de sustentabilidad limitada, ya que un 75 % del predio se dedica a la agricultura, muy superior a la planificación por ambientes en la cual un 37,5 % de la superficie se destinaría a cultivos anuales. Esto demuestra que los suelos están sometidos a una utilización mayor a la que pueden soportar.

Palabras clave: Mapa de suelos, ambientes, pasturas.

ÍNDICE

PREFACIO	2
1. INTRODUCCIÓN	6
2. OBJETIVOS.....	8
3. MATERIALES	9
3.1 UBICACIÓN DEL SITIO DE ESTUDIO	9
3.2 DESCRIPCIÓN DEL ESTABLECIMIENTO.....	10
3.3- CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA.....	11
3.4 RELIEVE Y SUELOS DE LA REGIÓN.....	13
4. MÉTODOS.....	16
4.1 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN DIGITAL	16
4.2 TAREAS DE CAMPO: RECONOCIMIENTO DE SUELOS Y TOMA DE MUESTRA	17
4.3 TAREAS DE LABORATORIO	17
5. RESULTADOS OBTENIDOS.....	18
5.1 MAPA DE RELIEVE	18
5.2 MAPA DE SUELOS DEL ESTABLECIMIENTO. VINCULACIÓN A CARTOGRAFÍA DISPONIBLE	19
5.3 MAPA DE AMBIENTES	21
5.3.1 AMBIENTACIÓN DEL PREDIO	21
5.3.2 AMBIENTACIÓN POTREROS 7 y 8.....	23
5.3.3 AMBIENTACIÓN POTREROS XV y XXIV	25
5.3.4 GENERACIÓN DE INFORMACIÓN EDÁFICA A NIVEL DE LOTES (PUNTOS DE CONTROL DE SUELOS)	26
5.4. RECOMENDACIÓN Y USO DE PASTURAS POR AMBIENTE.....	34
6. CONCLUSIONES.....	38
7. BIBLIOGRAFÍA	40

1. INTRODUCCIÓN

La agricultura tradicional considera a los lotes de un establecimiento como sitios homogéneos con respecto a la aplicación de fertilizantes, pesticidas y laboreos. Sin embargo, los suelos son heterogéneos en cuanto a sus propiedades físicas y químicas variando significativamente en pocos metros de distancia. La variabilidad espacial del suelo es uno de los factores más influyentes en la variación del rendimiento de los cultivos dentro de un mismo establecimiento (Corwin, 2004). En este marco, el desarrollo y avance de la tecnología y los procesos, sumado a la accesibilidad a nuevas fuentes de información que apuntan a mejorar la eficiencia productiva en el sector agrario y una mayor conciencia en lo que refiere al cuidado del medio ambiente, ha conducido al surgimiento de la Agricultura de Precisión (AP) como una posible solución a dicha problemática (Battisonti, 2013).

La determinación de ambientes homogéneos permite la mejor asignación de recursos y prácticas para maximizar la producción reduciendo las externalidades del sistema productivo. En zonas semiáridas, como la del sudoeste bonaerense, la agricultura por ambientes permite delimitar aquellos sitios donde la capacidad de retención de agua y la respuesta a la fertilización son mayores y, por lo tanto, el cultivo presenta un rendimiento superior (Frolla et. al., 2020). Una forma de mejorar la eficiencia productiva, disminuir el riesgo económico y el riesgo ambiental sería, entonces, usar cada ambiente según sus posibilidades y los objetivos de producción, aplicando en ellos cultivos e insumos coherentes con las probabilidades de respuesta. De esto se trata la filosofía del manejo por ambientes (Kruger, 2019).

Una herramienta que suele utilizarse para la segregación de ambientes son las imágenes satelitales. Las mismas presentan cobertura mundial, libre disponibilidad para distintos sensores (Landsat 5-8, Sentinel 2, Aster), facilidad de adquisición y de procesamiento. Como parte negativa, las imágenes solo indican el estado de la cobertura del suelo afectada por condiciones ambientales y antrópicas. Por ello, del gran número de imágenes disponibles sólo algunas aportan información interesante para ambientar un lote, debiendo realizarse tareas de selección y depuración previas (Frolla et al., 2020).

Entre las nuevas misiones satelitales se destaca Sentinel-2 (S2). El lanzamiento del primer satélite S2 en 2015 por la ESA (European Space Agency) ha despertado un gran interés en la comunidad científica debido a sus múltiples aplicaciones. Se caracteriza por presentar una alta resolución espacial, temporal, espectral y radiométrica, así como la distribución gratuita de los datos adquiridos abriendo una nueva era en la observación de la Tierra (ESA, 2015) y mejorando las misiones operativas actuales, como pueden ser Landsat o SPOT.

La misión S2 se basa en una constelación de dos satélites. El primero, S2A, fue lanzado el 23 de junio de 2015. El S2B fue lanzado el 7 de marzo de 2017. El par de satélites S2 entregará datos de todas las superficies de la Tierra con un tiempo efectivo de revisita en el Ecuador de cinco días. El S2 proporciona datos para la generación de productos tales como: mapas de usos del suelo, mapas de cambios a lo largo del tiempo, mapas de riesgo e imágenes rápidas para prevención de desastres. También proporciona datos para la generación de variables biofísicas de la vegetación como la cobertura vegetal, el contenido de clorofila o el contenido de agua en las hojas. Este satélite cuenta con un instrumento de captura multiespectral mejorando los datos de otras misiones operativas (Drusch et al., 2012). El instrumento multiespectral (MSI) a bordo de S2 cuenta con 13 bandas espectrales, las cuales van desde el espectro visible y el infrarrojo cercano (NIR), hasta el infrarrojo de onda corta (SWIR). Entre ellas hay cuatro bandas de 10 m (tres del visible y una del NIR), seis bandas de 20 m, y tres bandas de 60 m de resolución para corrección atmosférica y detección de nubes (Borras et al., 2017).

Las nuevas tecnologías que se complementan con las tareas en el campo generan datos e información que el productor utiliza para tomar mejores decisiones. Además, el manejo por ambientes colabora con algo fundamental: el cuidado de los recursos naturales. Cada nueva herramienta permite una mayor eficiencia en el uso del agua y fertilidad del suelo, pudiendo mantener o aumentar los rendimientos de carne y grano dentro del paradigma de la sustentabilidad.

2. OBJETIVOS

Los objetivos del presente trabajo de intensificación fueron:

- Establecer la distribución de unidades cartográficas de suelos en lotes de un establecimiento rural del Pdo. de Coronel Dorrego a escala detallada.
- A partir de los ambientes segregados, realizar las recomendaciones de uso y manejo que aseguren la sustentabilidad del sistema. En el caso de proponer pasturas perennes, se indicarán las especies forrajeras más adecuadas para cada ambiente.

3. MATERIALES

3.1 UBICACIÓN DEL SITIO DE ESTUDIO

El estudio se llevó a cabo en el sudoeste de la provincia de Buenos Aires, en el establecimiento “Cerosol” ($38^{\circ}47'44.27''$ S, $60^{\circ}49'39.96''$ O), próximo a la estación “Gil”. El predio se ubica a 40 km de Coronel Dorrego y a 20 km. de Oriente. El mismo es propiedad de la familia Galarraga, de Bahía Blanca. El establecimiento cuenta con 2000 hectáreas de las cuales 1500 se destinan para agricultura y 500 dedicadas a la ganadería.



Figura 1. Localización del sitio de estudio (imagen Sentinel 1 del 28-05-21, bandas 7-5-2).

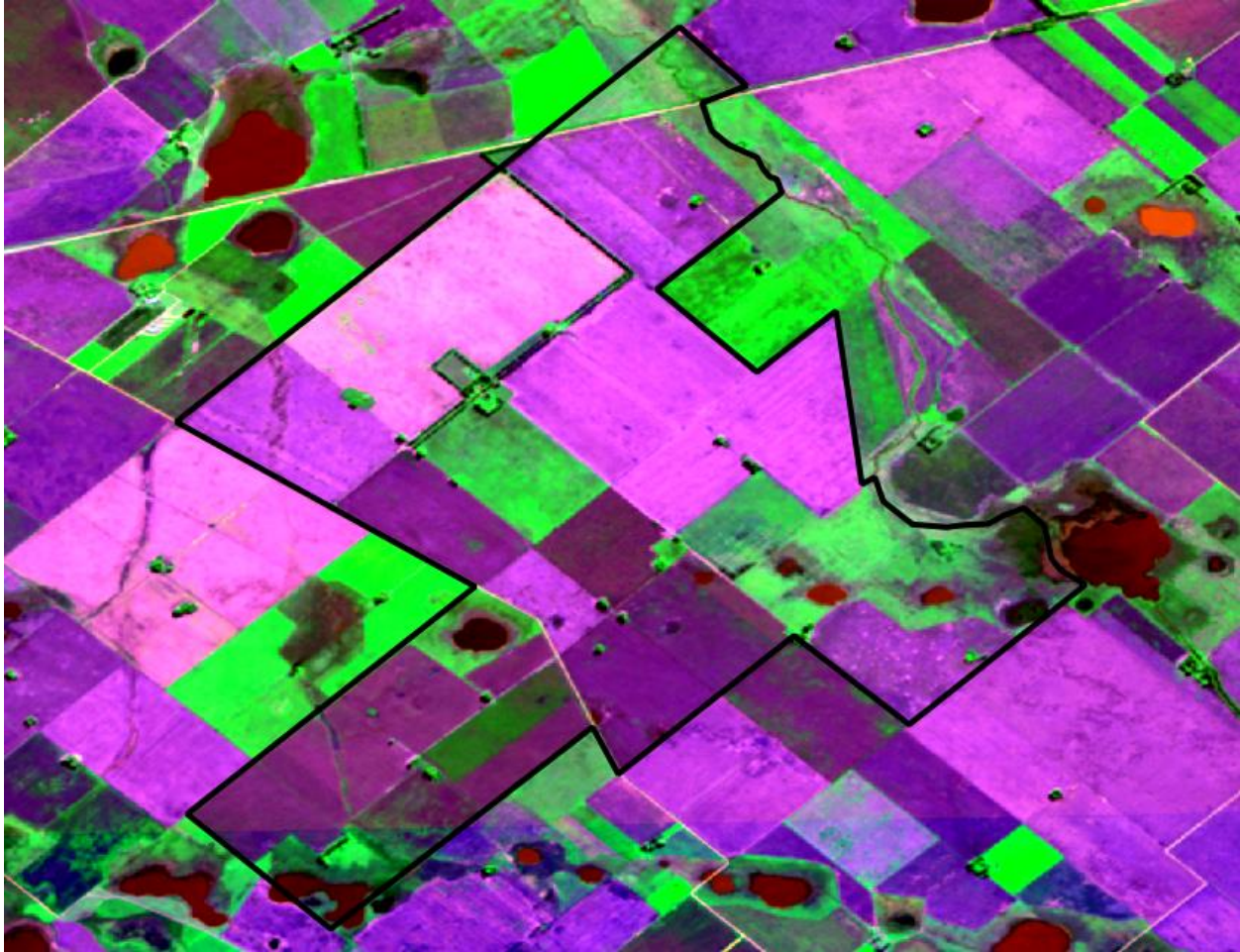


Figura 2. Establecimiento Cerosol (imagen Sentinel 1 del 28-05-21, bandas 5-7-12).

3.2 DESCRIPCIÓN DEL ESTABLECIMIENTO

Las 2000 hectáreas del establecimiento están distribuidas en treinta y cuatro potreros (Figura 3). Los potreros 1, 2, 3, 4, 6, I, II, III, IV, V, VII, VIII, IX, X, XI, XII, XIII, XIV, XVI, XVII, XVIII, XXIV, XX, XXI, XXII, XXIII, XXIV y XXVI están destinados a producción agrícola y los potreros 5, 7, 8, VI, XV, XXI, XXIV, XXVI a producción ganadera.

El rodeo del establecimiento es Aberdeen Angus de cría y está compuesto por 292 vacas madres y 13 toros. El servicio es estacionado, en los meses de octubre, noviembre, diciembre y enero y se realiza el destete a los 6 meses de edad. Los terneros de destete se venden desde el pie de la madre.

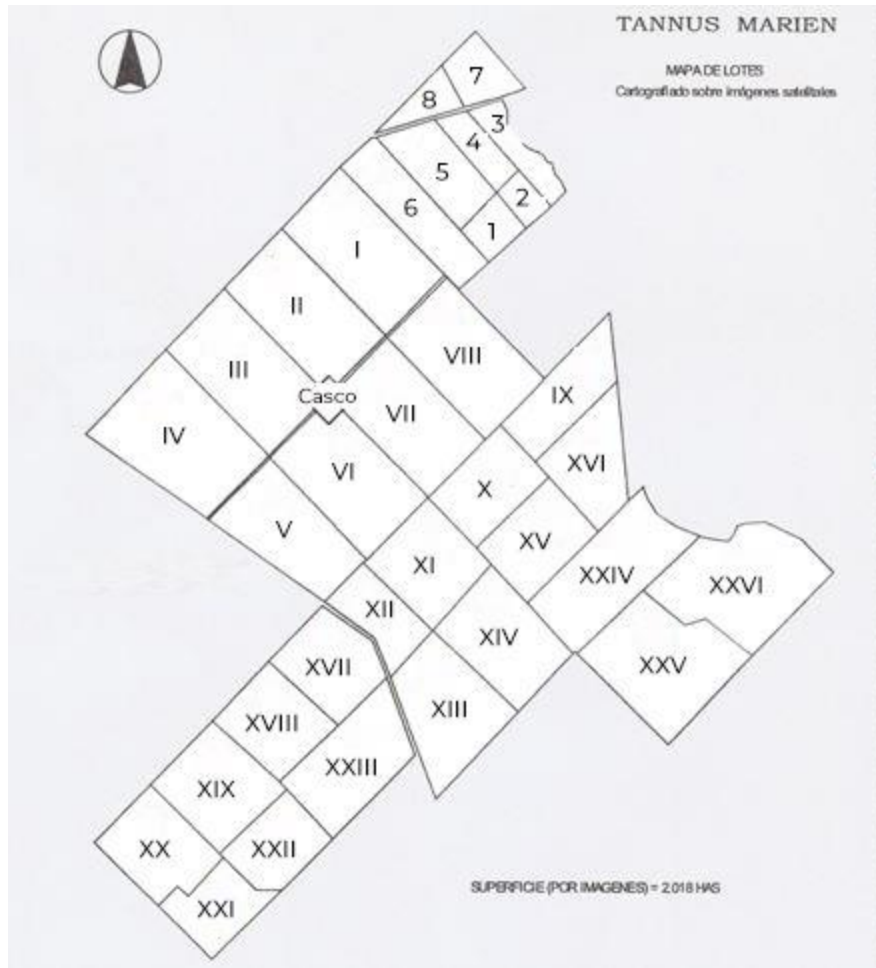


Figura 3. Plano del Establecimiento.

3.3 CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA

El partido de Coronel Dorrego presenta un clima templado subhúmedo húmedo con una precipitación media anual de 669 mm (Almorox et al., 2012). La temperatura media anual es de 14,5 °C, con una máxima de 41,5 °C en los meses de verano y una mínima de -7 °C en invierno. Estos son fríos, con neblinas matinales y heladas que se extienden desde fines de marzo hasta principios de noviembre, causando en algunos casos daños en los sembrados. Los vientos, predominantes provienen del cuadrante norte-noroeste. Son de moderada intensidad aunque aumentan durante el período estival, al igual que su frecuencia, lo que determina los períodos donde la erosión eólica puede alcanzar su mayor magnitud (Gatti & González, 2009).

Analizando los totales anuales de precipitación para la serie histórica 1893-2003, se evidencia una marcada alternancia de años secos y húmedos con respecto al valor medio anual. Además, las precipitaciones medias mensuales presentan una gran variabilidad (Figura 5). El promedio general de 111 años de registro fue de 669 ± 181 mm año⁻¹ (Sequeira, 2005). En el decenio 1993-2003 se alcanza un promedio de 790 mm anuales, indicando un aumento de las precipitaciones.

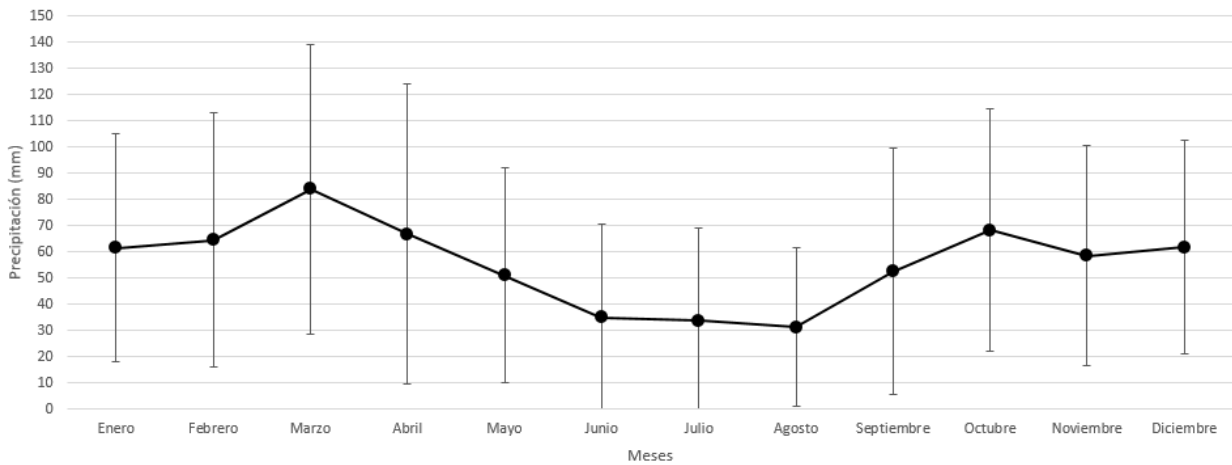


Figura 5. Distribución de la precipitación mensual para la serie 1893-2003. Valores medios mensuales ± 1 desvío estándar (Fuente: Sequeira, M. 2005).

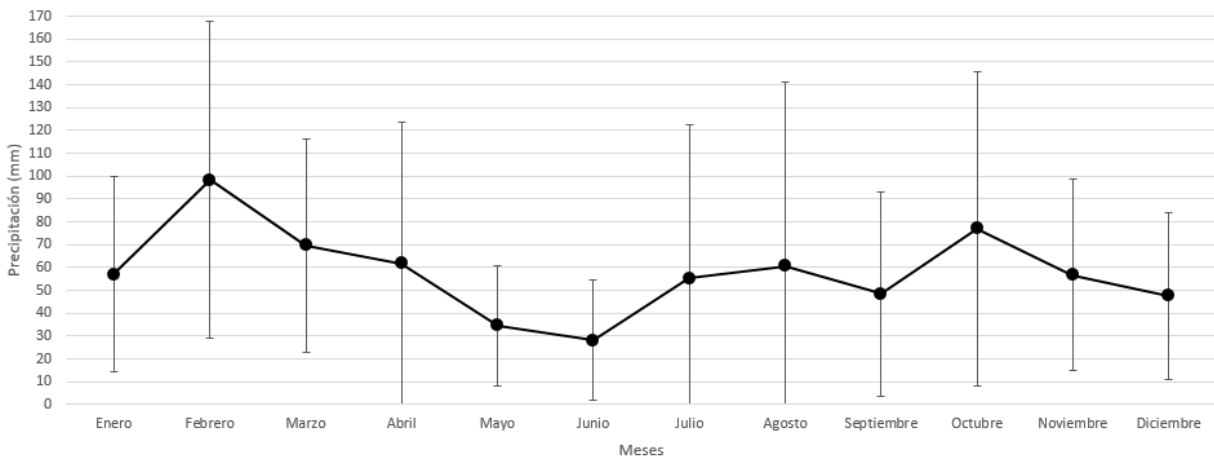


Figura 6. Distribución de la precipitación mensual para la serie 1998-2018. Valores medios mensuales ± 1 desvío estándar. (<https://geoportal.agroindustria.gob.ar/sirmin>).

Una serie más actualizada de 21 años (1998 a 2018, Figura 6) presenta un valor de 695 ± 294 mm año⁻¹ indicando una muy alta variabilidad interanual, con un rango de 243 a 1430 mm de precipitación anual. Asimismo, las variaciones mensuales son más amplias que las obtenidas a partir de 111 años. En períodos normales la concentración de lluvias se produce durante dos estaciones bien definidas: otoño y primavera. En tanto, se observa una estación seca en invierno (junio a agosto) y otra semiseca en verano (diciembre, enero y parte de febrero).

3.4 RELIEVE Y SUELOS DE LA REGIÓN

El partido de Coronel Dorrego se encuentra comprendido en el dominio morfoestructural definido como positivo de Ventania, en la unidad geomorfológica llanura subventánica. La misma forma parte de la llanura pampeana y constituye una planicie alta degradada. Su expresión no es la típica de la llanura periserrana debido a que se integra con otra unidad, diferenciable en otros sectores del entorno serrano y denominada “pendiente frontal”. El hecho de estar el área alineada con el eje del sistema de ventania, no permite una fácil diferenciación entre la “llanura subventánica” y la “pendiente frontal” hacia los niveles de influencia marítima, por lo que ha quedado el conjunto comprendido en una única unidad geomórfica. Debido a esta imposibilidad de diferenciación, la unidad asocia gradientes menores al 0,5%, típicos de la llanura y de 0,5 y 1% característicos de la pendiente frontal. También el rango altitudinal resulta muy amplio, abarcando el nivel de la llanura periventánica y de la faja de influencia litoral. La alta densidad de lagunas paralelas en sentido este-oeste pone en evidencia que este sector podría corresponder al contacto entre el final de la pendiente frontal y niveles aterrizados de influencia litoral (Figura 7). Por esta razón es posible distinguir una subunidad de planicie alta, por encima de los 50 metros de altitud y una baja hasta los 20 msnm, donde se da la transición al litoral arenoso, demarcación notable también por el cambio que impone el relieve medanoso.

El paisaje general se integra con lomadas extremadamente amplias y algunas vías de drenaje, siendo la cubierta superficial típicamente loessica, con espesor general entre 0,70 y 1,20 m sobre una capa calcárea cementada (horizonte petrocálcico). En dirección

al litoral, el material se torna gradualmente más arenoso y adquiere mayor espesor. (Gonzales Uriarte & Navarro, 2005).

Según INTA (1989) los suelos predominantes se asocian a una amplia llanura cubierta por un manto de sedimentos loésicos de 0,60 a 1,50 m, depositado sobre el horizonte petrocálcico relíctico. En sectores donde se presentan cubetas de deflación y antiguas vías de agua predomina un material eólico reciente de textura franco arenosa. El paisaje corresponde a planos recortados por numerosas vías de drenaje. En las lomas se desarrollan Argiudoles petrocálcicos, y cuando el espesor del sedimento loésico supera a 1,50 m, se observan Argiudoles típicos. Sobre los materiales recientes evolucionan Hapludoles típicos.

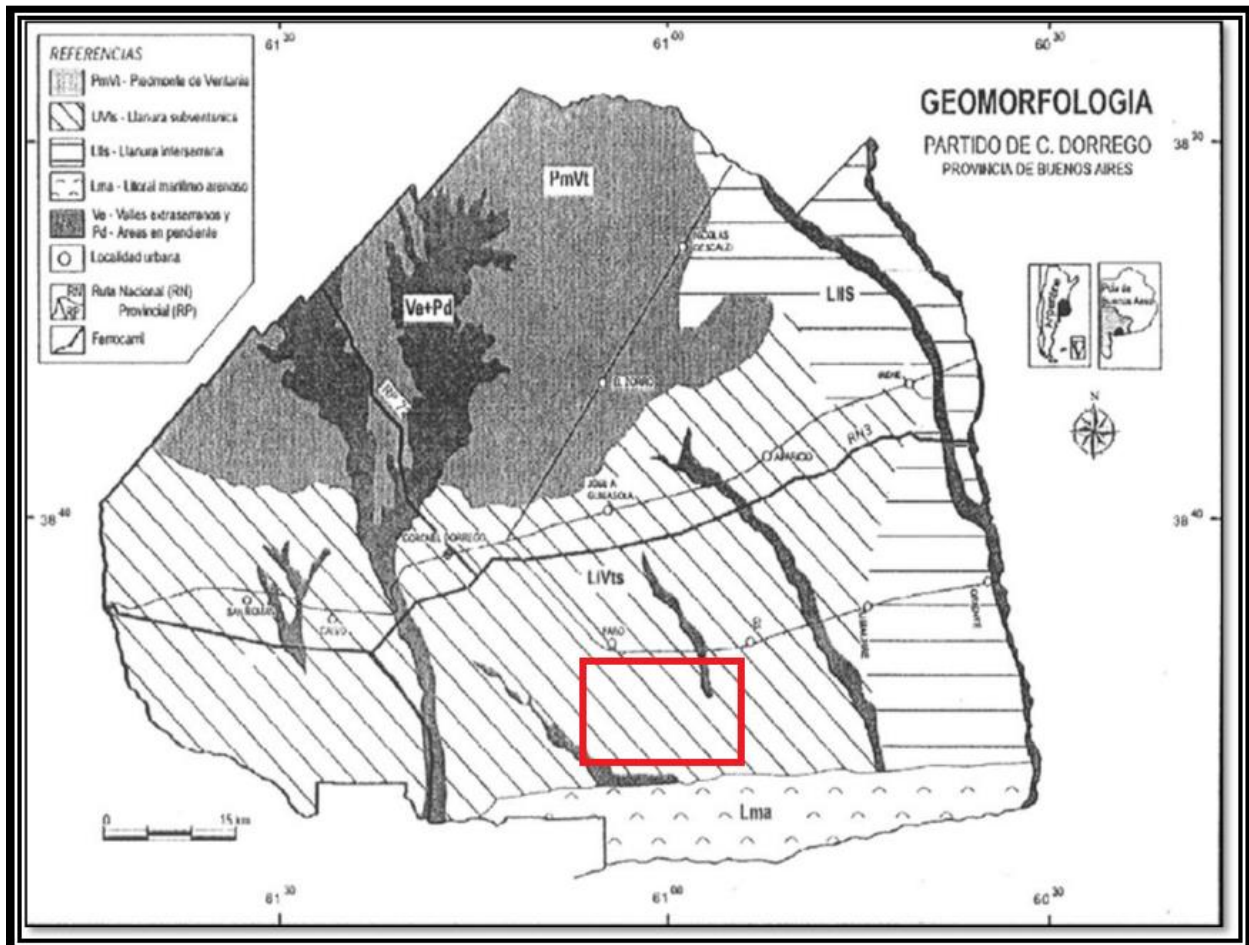


Figura 7. Geomorfología del Pdo. de Cnel. Dorrego y ubicación del sitio de estudio.

Bravo (2013) informa que en los planos normales los materiales originarios de origen eólico cubren la capa de tosca con un espesor variable, nivelando la paleosuperficie y conformando el actual paisaje. Los gradientes son reducidos ($<0,5\%$) y los suelos son someros hasta moderadamente profundos, con afloramiento de tosca en las lomadas. En el fondo de los valles aluviales y vías de drenaje la tosca está ausente. En estas posiciones los materiales parentales son de origen aluvial y eólico superpuesto, evidenciando ciclos de poligénesis. Sobre 23 perfiles de suelo analizados, se ha identificado que 21 de los mismos pertenecen al Orden Molisol y 2 al Orden Inceptisol. La condición de suelo representativo corresponde al Argiudol petrocálcico franco fino (56 %), con profundidad menor a 1 m y presencia de horizontes Bt en discordancia con el horizonte 2Ckm. Los materiales parentales dominantes son los sedimentos loésicos. En las vías de agua y zonas deprimida se han identificado Endoacuept sódicos y en las lomadas someras Calciustep petrocálcicos (Bravo, 2013).

4. MÉTODOS

4.1 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN DIGITAL

Los límites y potreros del establecimiento fueron vectorizados mediante el programa Google Earth. Para la confección de una base cartográfica de unidades ambientales o de manejo homogéneas se utilizaron los siguientes productos:

- Modelo digital de elevación (MDE): hoja 3960-14 obtenida del MDE-Ar 3.0 (IGN, 2019). Corresponde a un producto radar ALOS Global Digital Surface Model (DSM), evaluado y vinculado al sistema altimétrico nacional, con una resolución espacial 30 m y un error vertical regional menor a 2 m.
- Productos del sensor óptico Sentinel-2 obtenidos del navegador Sentinel Hub (sentinel-hub.com). Esta plataforma provee imágenes de alta resolución espacial (10 a 14 m) 12 bandas que abarcan longitudes de onda del espectro visibles e infrarrojas con el fin de monitorear el agua, la vegetación, el suelo y el estado hídrico de cultivos. El tiempo de revisita de la misión sentinel es de 3 a 5 días.
- La información digital de suelos se obtuvo georreferenciado el fotomosaico Estación Gil 3960-14-1 escala 1:50.000, obtenido de la página web del instituto de suelo del INTA Castelar. El mismo fue vinculado a los archivos vectoriales que corresponden a los límites de los potreros del campo.

Toda la información recopilada se combinó y procesó por medio del programa QGIS (QGIS Development Team 2018), que es un sistema de información geográfica, donde se generaron distintos productos cartográficos. Se realizaron re-proyecciones, correcciones, recortes y combinaciones de datos. Se obtuvieron mapas de altitud, pendientes y de unidades de paisaje o ambientes a escalas 1:50.000 (semidetalle) a 1:5.000 (detalle).

Para la realización de las ambientaciones se descargaron imágenes del índice normalizado de diferencia de vegetación (NDVI por sus siglas en inglés) mediante la herramienta “Explorador S2 L8” (Frolla et al., 2019). Las imágenes fueron re proyectadas a un mismo sistema de referencia de coordenadas (Proyección Pseudo-Mercator

WGS84, EPSG:3857) y se construyó un polígono indicando la superficie real del lote. Las imágenes fueron procesadas mediante el algoritmo rendimiento medio normalizado (RMN) según Melchiori & Albarenque (2013). El algoritmo permite agrupar capas de distinta procedencia normalizando el valor de cada pixel con respecto al valor medio de la capa, posteriormente se calcula el valor medio de cada una de las capas normalizadas, obteniéndose el RMN. En un segundo paso la capa de RMN es clasificado mediante un algoritmo de clustering difuso denominado “Fuzzy C Means”, generándose salidas de 2 a 5 ambientes. Para realizar las tareas se trabajó con un script realizado en el software R, el cual se vinculó a QGIS con el complemento “R processing provider 2.0” (<https://github.com/north-road/qgis-processing-r>) (Frolla com. Pers.), en R se realizaron todas las tareas de cálculo, en QGIS se visualizaron las salidas y exportaron en distintos formatos.

4.2 TAREAS DE CAMPO: RECONOCIMIENTO DE SUELOS Y TOMA DE MUESTRA

En esta etapa se realizaron controles expeditivos de suelo asociados a los ambientes segregados por el análisis de la información digital. En los sitios seleccionados se analizaron las características genéticas y morfológicas de los suelos y se procedió a la descripción de perfiles según las normas del Soil Survey Manual (Soil Survey Staff, 1993) y a la toma de muestras para análisis de laboratorio. Posteriormente los suelos fueron clasificados de acuerdo a la Taxonomía Americana (Soil Survey Staff, 2014).

4.3 TAREAS DE LABORATORIO

Las muestras de horizontes de suelo tomadas en la instancia de campo, fueron secadas al aire, molidas y tamizadas por malla de 2 mm. Sobre las mismas se realizaron las siguientes determinaciones analíticas:

- **pH** en suspensión suelo: agua en una proporción 1:2,5 por el método potenciométrico.
- **Carbono orgánico total** (COT) por el método de Walkley & Black (1934).
- **Fósforo extraíble** (Pe) por el método de Bray & Kurtz (1945).

5. RESULTADOS OBTENIDOS

5.1 MAPA DE RELIEVE

En la Figura 8 se puede observar el mapa de relieve del establecimiento donde el color azul se identifican los bajos o depresiones, que corresponden a alturas de 30 a 39,7 msnm. En color verde claro se aprecian los planos intermedios, que van de 39,8 a 43,5 msnm. En color naranja se aprecian los planos altos, que abarcan cotas de 43,6 a 46,1 msnm y en color rojo se presentan las lomadas del establecimiento, con cotas de 46,2 a 52 msnm.

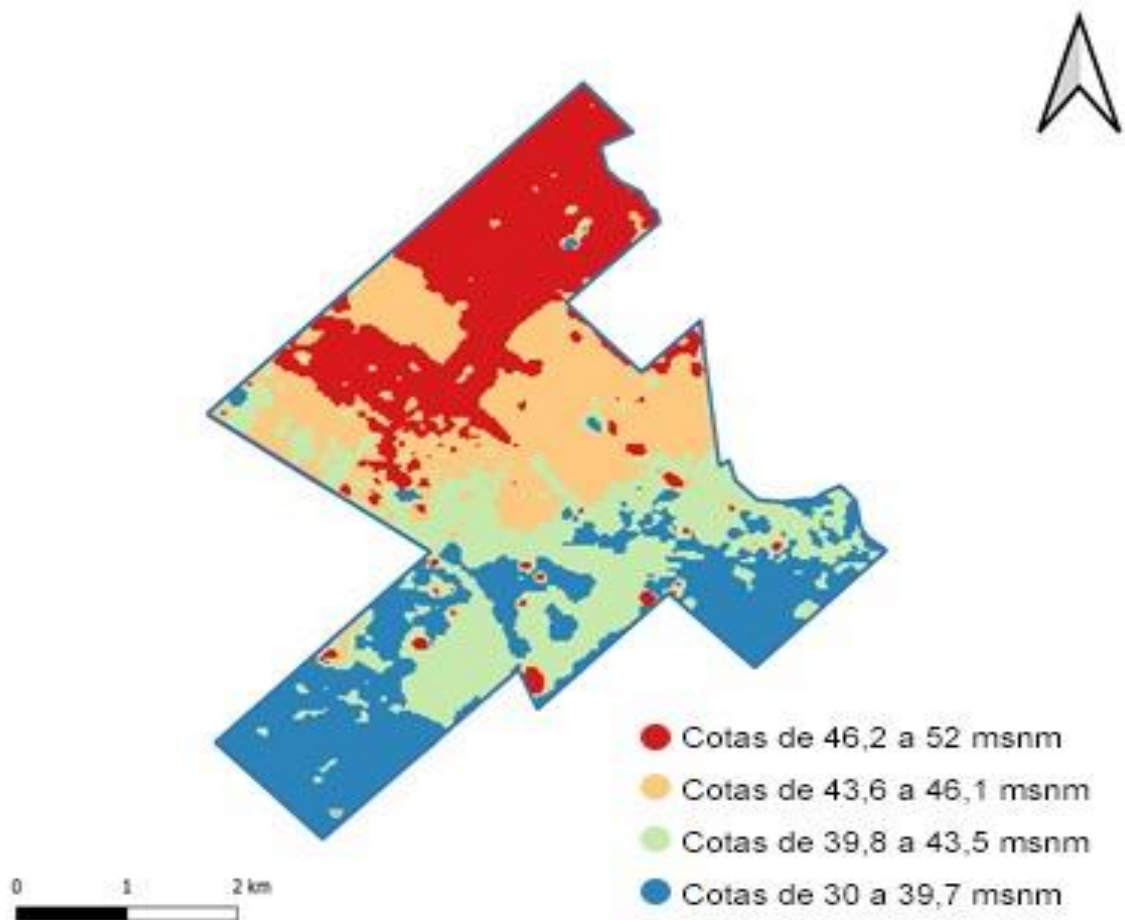


Figura 8. Mapa de Relieves, Establecimiento Cerosol. Escala 1:50000

5.2 MAPA DE SUELOS DEL ESTABLECIMIENTO. VINCULACIÓN A CARTOGRAFÍA DISPONIBLE

La cartografía de suelos 1:50000 (formato jpg) fue georreferenciada (formato tiff) y luego vinculada a la información vectorial generada para el predio Cerosol (formato kml) mediante QGIS (Figura 9).

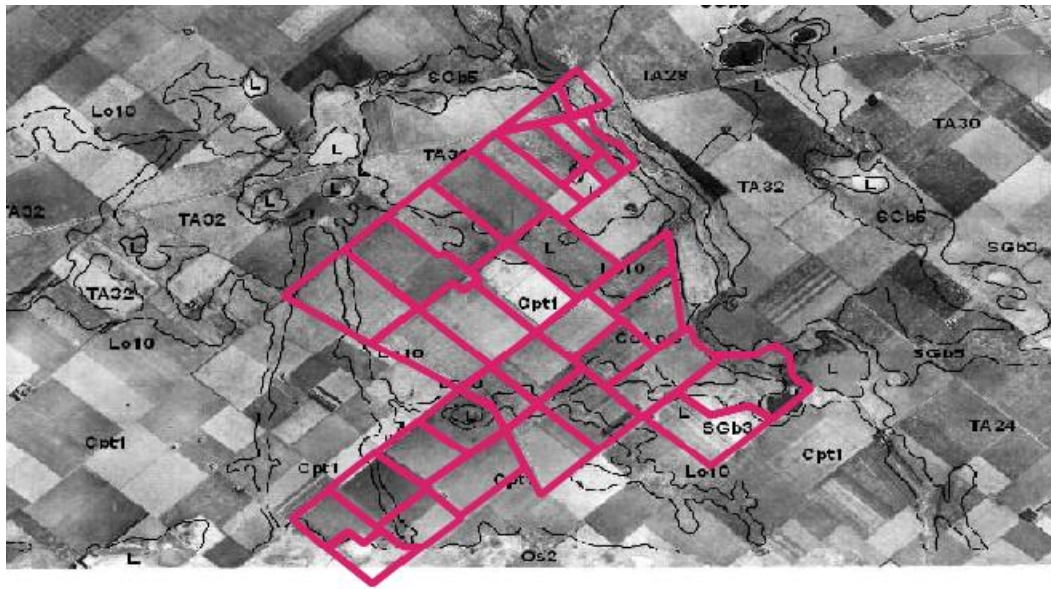


Figura 9. Series de suelos del establecimiento (hoja3960-14-1 Suelos INTA).

Los suelos reconocidos corresponden a las delineaciones TA30, Cpt1, Lo10, SGb5 y Os2. Las dos primeras se ubican en lomadas y planos altos, mientras que las 3 últimas corresponde a planos bajos, vías de agua y zonas inundables. Las características de las mismas se describen en la Tabla 1.

Tabla 1: Unidades cartográficas del establecimiento

Leyenda	Unidad cartográfica	Serie	Capacidad de uso	Índice de productividad	Superficie (ha)
Cpt1	Consociación	Copetonas	IVs	33,8_D	1227,3
Lo10	Asociación	Lobería 60% Tres arroyos 40%	IVws	46,3_D	419,4
TA30	Consociación	Tres arroyos	IVes	47,3_D	285,1
Os2	Complejo	Orense San Gabriel Lobería	IVws	23,3_D	35,1
Sgb5	Consociación	San Gabriel	VIws	23,6_D	33,1

Se determinó la superficie de cada unidad cartográfica, observando que en el establecimiento predomina Cpt1, que abarca un 61,4% del área total. Luego Lo10 y Ta30 que ocupan un 21,0% y 14,25 % respectivamente. Los sectores correspondientes a Os2 y Sgb5 son mínimos correspondiendo a 1,75 % y 1,65 % respectivamente del total del predio.

En la consociación Cpt1 el suelo dominante fue clasificado como Argiudol petrocálcico franco fino, mixto, térmico. Sus materiales parentales son sedimentos loésicos, con morfología de Perfil Ap-A2-Bt-2Ckm (<http://sisinta.inta.gob.ar>). En la asociación Lo10 se distingue dos tipos de suelo, en los planos bajos domina la serie Lobería que corresponde a un suelo clasificado como Argiudol ácuico fino, illítico, térmico y en la posición de loma domina un suelo clasificado como Argiudol petrocálcico franco fino, illítico, térmico.

La unidad TA30 tiene como suelo dominante a un Argiudol petrocálcico franco fino, illítico, térmico y el Argiudol típico como suelo subordinado. Las descripciones completas de las series pueden ser consultadas en el sitio <http://anterior.inta.gov.ar/suelos/cartas/3960/Oriente/index.htm>.

En un resumen de la calidad de las tierras del predio, 68 ha presentan un uso como campo natural (unidades Os2 y Sgb5). Por otro lado, 1932 ha (unidades Cpt1, Lo10

y TA30) tienen capacidad ganadero-agrícola, con un IP medio de 38. Esto indica, que es necesaria una superficie de 2,6 ha para lograr la misma producción de granos que 1 ha de los suelos de la pampa ondulada. Esta evaluación demuestra que el esquema productivo actualmente utilizado, que considera 1500 ha agrícolas y 500 ha ganaderas, no es sustentable, sometiendo al recurso suelo a un uso que excede su resiliencia.

5.3 MAPA DE AMBIENTES

5.3.1 AMBIENTACIÓN DEL PREDIO

Para la ambientación del predio se seleccionaron productos NDVI y NDMI que nos permiten apreciar características del estado de desarrollo y contenido de agua de la cobertura vegetal. El índice normalizado de vegetación (NDVI, Normalized Difference Vegetation Index, Ecuación 1) es un índice simple para cuantificar la vegetación verde. Ofrece una medida del estado de salud de la vegetación, basado en el modo en que las plantas reflejan la luz de las longitudes de onda en las longitudes de onda correspondientes al rojo e infrarrojo cercano. Adopta valores entre -1 y +1. Los valores negativos cercanos a -1 corresponden a agua y se muestran en color blanco. Valores en torno a cero (entre -0,1 y +0,1) suelen indicar zonas sin vegetación y son color verde muy claro. Los valores positivos entre (+0,2 y +0,3) de color verde intenso asociados a cereales de invierno en implantación y los valores positivos entre (+0,3 y +0,5) correspondientes a un color verde oscuro están asociados a pasturas perennes en activo crecimiento (Figura 10 a).

$$NDVI = (B8_{842} - B4_{665}) / (B8_{842} + B4_{665})$$

Ecuación 1. Fórmula para el cálculo del NDVI, B8 indica banda número 8 para el satélite Sentinel 2, B4 banda 4. El subíndice indica el valor medio de la banda espectral.

El índice normalizado de humedad (NDMI, Normalized Difference Moisture Index, ecuación 2) se emplea para determinar el contenido de agua de la vegetación y para monitorizar sequías. NDMI adopta valores entre -1 y +1. Los valores negativos en color rojo (cerca de -1) corresponden a suelo desnudo o recientemente sembrado con un cereal de invierno. Valores alrededor de cero en color amarillo- anaranjado (de -0.2 a +0.4) suelen indicar estrés hídrico y está asociado en este caso a los rastrojos.

$$NDMI = (B8_{842} - B11_{1610}) / (B8_{842} + B11_{1610})$$

Ecuación 2. Fórmula para el cálculo del NDMI, B8 indica banda número 8 para el satélite Sentinel 2, B11 banda 11. El subíndice indica el valor medio de la banda espectral

Los valores positivos más altos en color azul representan cubiertas vegetales elevadas y sin estrés hídrico que se corresponden a las pasturas perennes presentes en el establecimiento (aproximadamente desde +0.4 hasta +1). También pueden indicar cuerpos de agua (Figura 10 b).

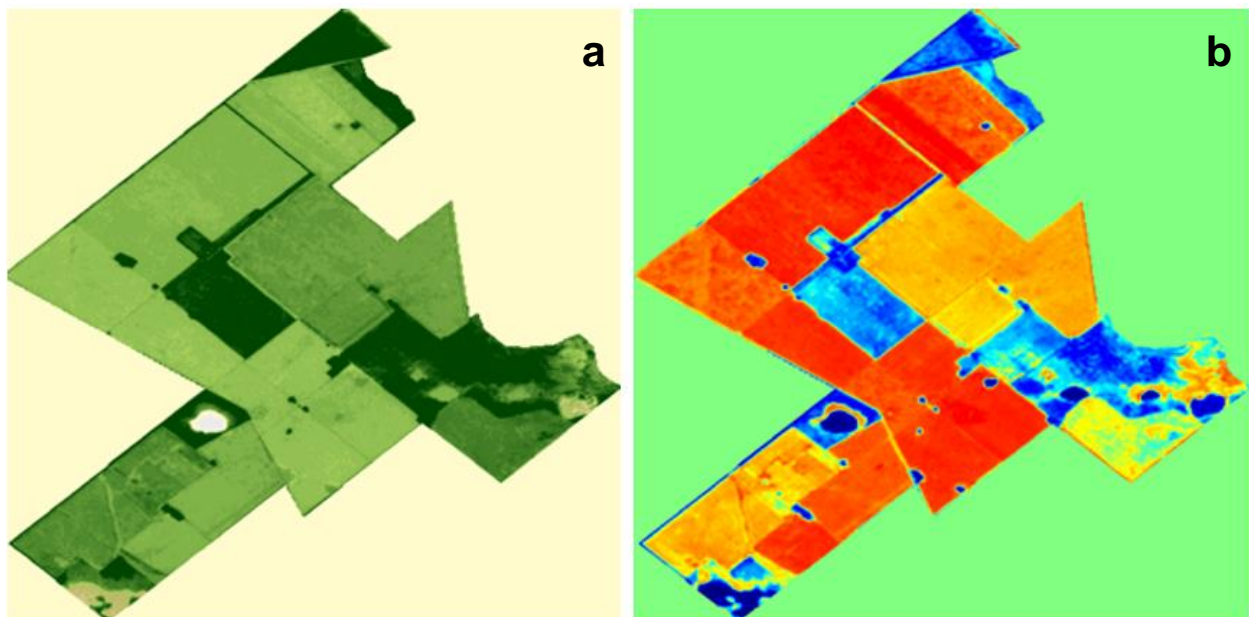


Figura 10. Producto NDVI (a) y Moisture Index (b) de S1-20-09-2020.

Las dos imágenes seleccionadas muestran una gran influencia del uso del suelo dificultando la segregación de ambientes en un único análisis para todo el campo. En casos en los cuales el manejo es similar en todo el predio, la segregación de ambientes por NDVI es factible. Bayón (2021) pudo realizar la ambientación de un predio de 300 ha dedicado íntegramente a la ganadería, con cobertura de verdeo de invierno en los 3 potreros analizados. En función de las diversas coberturas vegetales de Cerosol (cultivo de maíz, pasturas, campo natural, rastrojos) se decidió realizar la ambientación por potreros. Los mismos fueron seleccionados por el interés del productor en realizar una pastura perenne. A priori se consideraron para su análisis los potreros 7, 8, XV y XXIV.

5.3.2 AMBIENTACIÓN POTREROS 7 y 8

Mediante la aplicación sobre un producto NDVI Sentinel seleccionado se realiza la ambientación mediante la rutina R vinculada a QGIS (Figura 11)

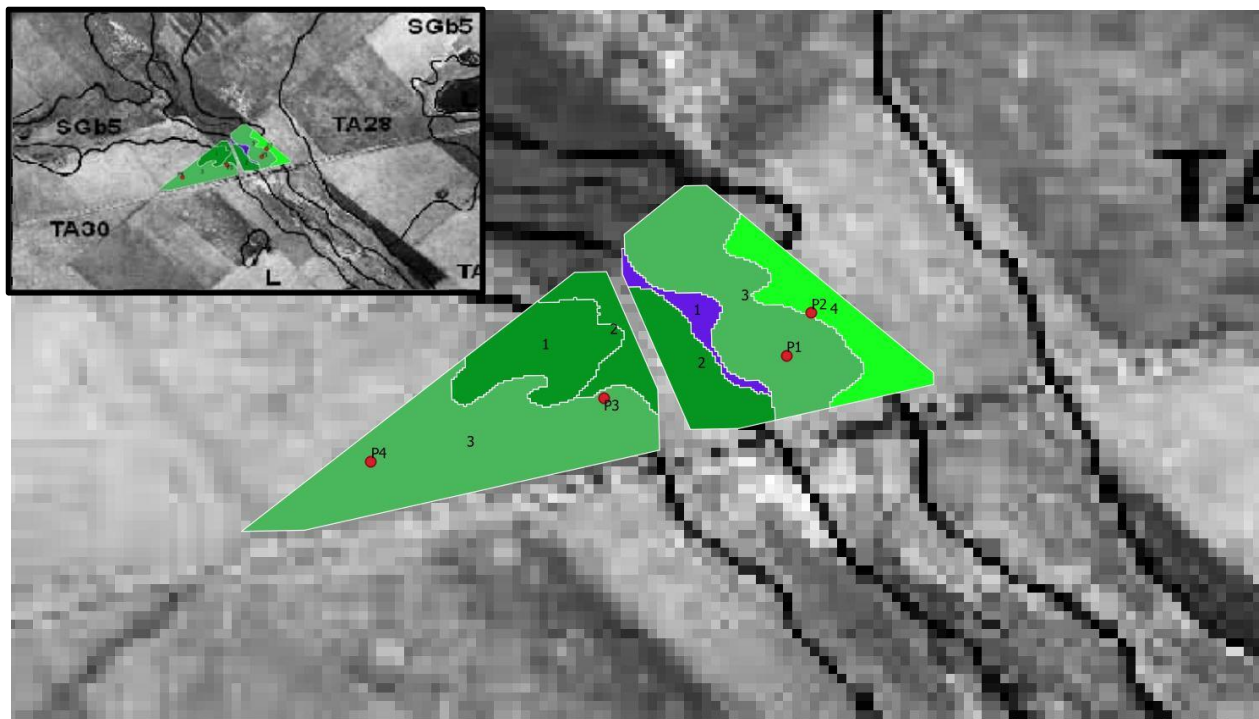


Figura 11. Ambientaciones lote 7 y 8 escala 1:5000. En la esquina superior izquierda detalle de las unidades cartográficas de suelos a escala 1:20000.

Los lotes 7 y 8 se ubican en el sector N del predio, abarcando una superficie de 36 ha sobre el valle del Arroyo de Los Gauchos. La mayor superficie corresponde a los relieves subnormales, donde encontramos los ambientes 2 y 3 del lote 7, así como los ambientes 1 y 2 del lote 8. El ambiente 4 del lote 7 y el ambiente 3 del lote 8 corresponden a laderas complejas. La segregación obtenida a partir de productos de sensores remotos es similar a la distribución general de unidades edáficas observadas en el mapa de suelos 1:50.000, con mayor diferenciación de límites por la resolución del producto digital, donde el pixel es de 10 m.

Los ambientes 2, 3 y 4 del lote 7 pueden vincularse a la unidad cartográfica SGb5. La misma es una consociación de la serie San Gabriel. Este suelo se encuentra en planos bajos con pendiente menor de 0,5 % y clasifica como Natruacualf petrocálcico, fino, illítico, térmico. La tosca (2Ckm) se encuentra antes del metro de profundidad. El perfil modal presenta sodio desde la superficie.

El ambiente 3 del lote 8 puede relacionarse a la consociación TA30, en planos altos ondulados con pendiente de 1 al 3 %. El suelo de la serie Tres Arroyos corresponde a un Argjudol petrocálcico franco fino, illítico, térmico con el horizonte petrocálcico a 80-100 cm. En función de los ambientes obtenidos se seleccionaron los puntos de control de campo indicados como P1 a P4 en la Figura 11.

5.3.3 AMBIENTACIÓN POTREROS XV y XXIV

Se repite aquí la técnica de ambientación aplicada anteriormente, obteniéndose la segregación presentada en la Figura 12.

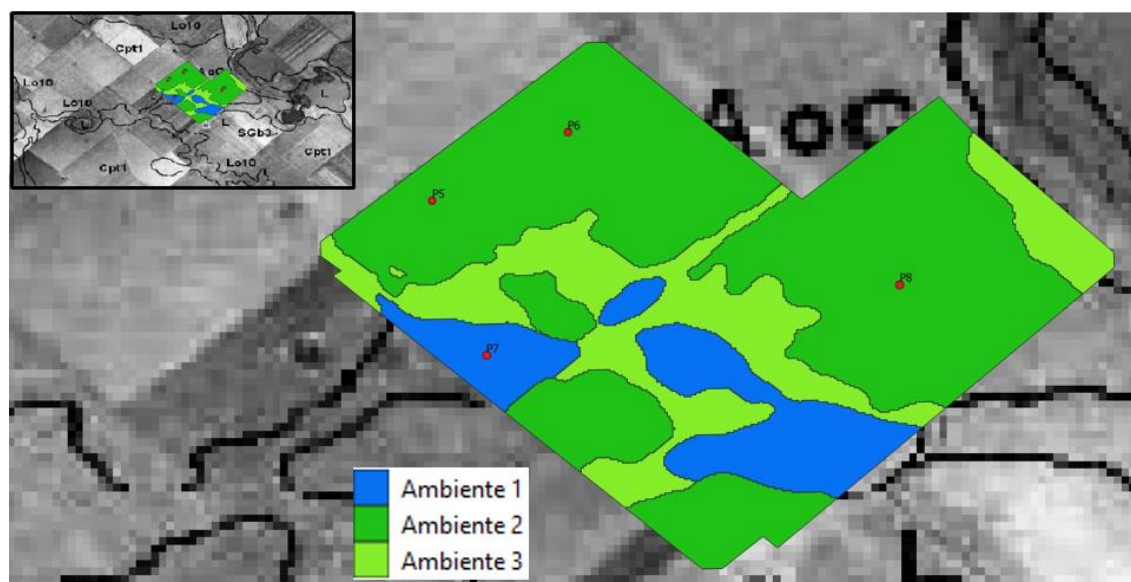


Figura 12. ambientaciones lote XV y XXIV escala 1:5000. En la esquina superior izquierda detalle de las unidades cartográficas de suelos a escala 1: 20000

En los lotes XV y XXIV se pueden identificar 3 sectores. El ambiente 1 corresponde a las vías de agua y depresiones por debajo de la cota de 40 m, con suelos pobremente drenados. El sector es propenso a inundaciones en períodos húmedos, al recibir excesos de agua de los sectores altos por paleo-cauces de funcionamiento esporádico, que conectan cuerpos de agua temporales en dirección NO a SE. La superficie de este ambiente es de 17,4 ha (14,6 % del sector ambientado) y se vincula a los planos bajos de la unidad Lo10, correspondiendo a la serie Lobería, cuya taxa es un Argiudol ácuico fina, illítico, térmico. En este ambiente se establece el punto de control de campo P7 tal como se muestra en la Figura12.

El ambiente 3 es un sector de transición entre 1 y 2 Son laderas complejas que unen los planos altos (ambiente 2) y los planos bajos (ambiente 1), con suelos moderadamente bien drenados y que tiene moderado riesgo de inundación. La superficie

de este ambiente es de 25,65 ha (21,5 % del sector ambientado) y se vincula a sectores altos de la unidad Lo10, donde podemos identificar a la serie Tres Arroyos, cuyas características fueron previamente descriptas para el ambiente 3 del lote 8.

El ambiente 2 corresponde a los planos más elevados del sector ambientado. Su superficie es de 76,09 ha (63,9%) y coincide con la consociación Cpt1 definida por la cartografía de suelos de INTA. La serie representativa es Copetonas, clasificado como Argiudol petrocálcico franco fino, mixto, térmico. Sus materiales parentales son sedimentos loésicos, con morfología de Perfil Ap-A2-Bt-2Ckm. Para este ambiente se establecen los puntos de control de campo P5, P6 y P8 (Figura 12).

5.3.4 GENERACIÓN DE INFORMACIÓN EDÁFICA A NIVEL DE LOTES (PUNTOS DE CONTROL DE SUELOS)

En base a la ambientación realizada en los potreros 7, 8, XV y XXIV se eligieron puntos representativos de muestreo para realizar controles expeditivos de las características del suelo.

Lote 7

Punto 1

Ubicación : -38° 46' 17,5", -60 ° 48' 38,4"

Cota: 49 msnm

Relieve: subnormal (Drenaje: imperfectamente drenado)

Geoforma: planicie de inundación

Materiales parentales: sedimentos aluviales



Figura 13. Perfil punto 1

Tabla 2. Descripción morfológica del Suelo punto 1

Hte	Prof. (cm)	Descripción morfológica
Ap	0-14	Estructura granular, fina, moderada; franco limoso; friable, plástico y adhesivo, consolidado. Raíces abundantes.
A2	14-25	Estructura en bloques, finos y medios, moderadas; franco limoso; friable, plástico y adhesivo, consolidado a muy consolidado. Raíces abundantes
AC	25-45	Estructura en bloques, medios y finos, moderados; franco limoso; friable, plástico y adhesivo, consolidado. Raíces comunes.
Ck	45-60	Estructura en bloques débiles; francos limosos; friables, plástico y adhesivo. Raíces escasas. Moderada reacción al HCl.
2Ckm	60-+	Horizonte Petrocálcico

Clasificación tentativa: Paleudol petrocálcico

Punto 2

Ubicación: -38° 46' 14,4", -60 ° 48' 36,7"

Cota: 50 msnm

Relieve: subnormal (Drenaje: imperfectamente drenado)

Geoforma: planicie de inundación

Materiales parentales: sedimentos aluviales

Tabla 3. Descripción morfológica del Suelo punto 2.

Hte	Prof. (cm)	Descripción morfológica
Ap	0-15	Estructura masiva; franco arcilloso; friable a firme, muy plástico y muy adhesivo, muy consolidado. Raíces escasas.

Tabla 4. Determinaciones químicas del suelo punto 2

Datos analíticos	Ap
pH	9,2
COT (g/kg)	29
Pe (mg/kg)	3,9

COT: Carbono orgánico total; Pe: Fósforo extraíble.

Clasificación tentativa: Natracualf típico

Lote 8

Punto 3

Ubicación: -38° 46' 20,5", -60 ° 48' 51,5"

Cota: 49 msnm

Relieve: subnormal (Drenaje: imperfectamente drenado)

Geoforma: planicie de inundación

Materiales parentales: sedimentos aluviales



Figura 14. Paisaje punto 3.



Figura 15. Perfil punto 3.

Tabla 5. Descripción morfológica del Suelo punto 3

Hte	Prof. (cm)	Descripción morfológica
Ap	0-12	Estructura en bloques, medios, moderado; franco arcilloso; friable, muy plástico y muy adhesivo, consolidado. Raíces escasas.
Btn	12-35	Estructura en prismas, gruesos, moderados; franco arcilloso; friable, muy plástico y muy adhesivo, consolidado a muy consolidado. Raíces escasas.
Ck	35-50	Estructura en bloques medios, débiles; franco arcilloso; friable, muy plástico y muy adhesivo. Raíces escasas. Fuerte reacción al HCl.
2Ckm	50- +	Horizonte petrocálcico

Tabla 6. Determinaciones químicas del suelo punto 3.

Datos analíticos	Ap	Btn	Ck
pH	9,1	9,7	9,9
COT (g/kg)	21,55	-	-
Pe (mg/kg)	4,40	4,45	4,26

COT: Carbono orgánico total; Pe: Fósforo extraíble.

Clasificación tentativa: Natrudol petrocálcico

Punto 4

Ubicación: -38° 46' 25", -60 ° 49' 8,1"

Cota: 51 msnm

Relieve: normal (Drenaje: bien drenado)

Geoforma: ladera baja

Materiales parentales: sedimentos eólicos recientes de texturas medias (franca).



Figura 16. Paisaje punto 4



Figura 17. Perfil punto 4

Tabla 7. Descripción morfológica del Suelo punto 4.

<i>Hte</i>	<i>Prof. (cm)</i>	<i>Descripción morfológica</i>
Ap	0-20	Estructura granular, media y fina, fuerte; franco; friable, plástico y adhesivo, poco consolidado. Raíces abundantes.
AC	20-60	Estructura en bloques, medios, moderadas; franco; friable, plástico y adhesivo, poco consolidado. Raíces abundantes. Reacción leve al HCl.
C	60-80	Estructura en bloques, finos, débiles; franco; friable, plástico y adhesivo, poco consolidado. Raíces comunes.
Ck	80- 100	Franco; friable, plástico y adhesivo. Raíces escasas. Fuerte reacción al HCl.
2Ckm	100 - +	Horizonte petrocálcico

Tabla 8. Determinaciones químicas del suelo punto 4.

Datos analíticos	Ap
pH	8,15
COT (g/kg)	26,9
Pe (mg/kg)	3,76

COT: Carbono orgánico total; Pe: Fósforo extraíble.

Clasificación tentativa: Paleudol petrocálcico

Lote XV

Punto 5

Ubicación: -38° 48' 20,4", -60 ° 48' 34,2"

Cota: 42 msnm

Relieve: normal (Drenaje: bien drenado)

Geoforma: plano

Materiales parentales: sedimentos loessoides



Figura 18. Paisaje punto 5



Figura 19. Perfil punto 5

Tabla 9. Descripción morfológica del Suelo punto 5.

Hte	Prof. (cm)	Descripción morfológica
Ap	0-10	Estructura en bloque, medios y finos, moderado; franco arcillo limoso; friable, plástico y adhesivo, consolidado. Raíces escasas.
Ad	10-22	Estructura masiva; franco arcilla limoso; friable, plástico y adhesivo, muy consolidado. Raíces escasas.
Bt	22-39	Estructura en bloques, medios y finos, moderados; franco arcilloso; friable a firme, muy plástico y muy adhesivo, consolidado. Barnices abundantes. Vestigios de raíces.
BC	39-50	Estructura en bloques medios, moderados; francos arcillosos; friables, plástico y adhesivo. Raíces escasas. Barnices comunes
Ck	50-90	Fuerte reacción al HCl
2Ckm	90 - +	Horizonte petrocálcico

Clasificación tentativa: Argiudol petrocálcico

Punto 6

Ubicación: -38° 48' 14,6", -60 ° 48' 22,7"

Cota: 43msnm

Relieve: normal (Drenaje: bien drenado)

Geoforma: plano

Materiales parentales: sedimentos loessoides

Morfología y observaciones similares al punto anterior.

Tabla 10. Determinaciones químicas del suelo punto 6.

Datos analíticos	Ap (0-12 cm)
pH	6,7
COT (g/kg)	17,9
Pe (mg/kg)	12,4

COT: Carbono orgánico total; Pe: Fósforo extraíble.

Clasificación tentativa: Argiudol petrocálcico

Punto 7

Ubicación: -38° 48' 33,5", -60 ° 48' 29,6"

Cota: 38 msnm

Relieve: subnormal (suelo: pobremente drenado)

Geoforma: cubetas

Materiales parentales: sedimentos loessoides



Figura 20. Paisaje punto 7



Figura 21. Perfil punto 7

Tabla 11. Descripción morfológica del Suelo punto 7.

Hte	Prof. (cm)	Descripción morfológica
Ad	0-18	Estructura masiva; franco limoso; friable, plástico y adhesivo, muy consolidado. Raíces comunes.
Btn	18-38	Estructura en prismas, medios y gruesos, moderados; franco arcilloso; friable a firme, muy plástico y muy adhesivo, consolidado. Raíces escasas. Abundantes barnices
Ck	38-55	Fuerte reacción al HCl.
2Ckm	55- +	Horizonte petrocálcico.

Clasificación tentativa: Natracualf petrocálcico

Lote XXIV

Punto 8

Ubicación: -38° 48' 27,5", -60 ° 47' 54,5"

Cota: 42 msnm

Relieve: normal (Drenaje: bien drenado)

Geoforma: plano

Materiales parentales: sedimentos loessoides

Tabla 12. Descripción morfológica del Suelo punto 8.

Hte	Prof. (cm)	Descripción morfológica
Ad	0-18	Estructura masiva; franco limoso; friable, plástico y adhesivo, muy consolidado. Raíces comunes.
Bt	18-36	Estructura en bloques, medios, moderados a fuerte; franco arcilloso; friable a firme, muy plástico y muy adhesivo, consolidado. Barnices abundantes. Vestigios de raíces.
Ck	36- 60	Fuerte reacción al HCl.
2Ckm	60 - +	Horizonte petrocálcico

Tabla 13. Determinaciones químicas del suelo punto 8

Datos analíticos	Ap
pH	6,5
COT (g/kg)	26,8
Pe (mg/kg)	17,8

COT: Carbono orgánico total; Pe: Fósforo extraíble.

Clasificación tentativa: Argjudol petrocálcico

Las observaciones y análisis realizados indican que los lotes 7 y 8 presentan pH superiores a 8,5 por presencia de sodio dominando el complejo de intercambio catiónico. Ambos lotes presentan riesgo de inundación por su ubicación en el paisaje. Los lotes XV y XXIV presentan buenas características edáficas, con valores aceptables de pH, buen contenido de carbono orgánico y cantidad adecuada de fosforo extraíble. Desde el punto de vista físico presenta problemas de degradación de la estructura (horizontes Ad), aspecto que debe ser considerado al momento de la implantar una pastura.

Se recomienda dejar los lotes 7 y 8 como campo natural debido a la severidad de sus limitantes y su bajo valor de productividad, indicando un uso racional del mismo, brindando los períodos de descanso adecuados en función de las especies palatables presentes. En los lotes XV y XXIV se recomienda sembrar una pastura consociada, realizando una recomendación de especies en función de la calidad de los ambientes diferenciados.

5.4. RECOMENDACIÓN Y USO DE PASTURAS POR AMBIENTE

En función de lo evaluado se recomienda la implantación de pasturas en los lotes XV y XXIV, donde se han diferenciado 3 ambientes. En los ambientes 1 de ambos potreros se dejan las especies naturales, siendo algunas de ellas: Raigrás (*Lolium perenne*), pelo de chancho (*Poa annua*) y alfilerillo (*Erodium cicutarium*).

En los ambientes 3 de ambos lotes se propone una pastura consociada de Agropiro alargado (*Thynopirum ponticum*) con trébol de olor amarillo (*Melilotus officinalis*). Estas especies fueron seleccionadas ya que el ambiente 3 puede presentar condiciones de anegamiento y tanto la gramínea como la leguminosa pueden soportar dichas condiciones. El agropiro es una especie perenne OIP, cespitosa que se adapta a condiciones ambientales muy restrictivas para la mayoría de las gramíneas tales como pH mayor a 8,1 y suelos alcalinos-sódicos. El trébol de olor amarillo es una especie anual o bianual, principalmente OIP, erecta con buena resiembra natural que se adapta a distintos tipos de suelo, con posibilidades de éxito en suelos de baja fertilidad, así como alcalinos y resiste sequias prolongadas y encharcamientos, debido a su raíz pivotante y profunda que facilita el drenaje (Carámbula, 2007). En el ambiente 2 del lote XV se propuso una consociación de festuca (*Festuca arundinacea*) con lotus (*Lotus tenuis*).

Asimismo, en el ambiente 2 del lote XXIV se propuso una pastura de pasto ovillo (*Dactylis glomerata*) con trébol rojo (*Trifolium pratense*). Las especies fueron seleccionadas con el objetivo de aprovechar el mayor potencial productivo de cada ambiente, lograr obtener la mayor cantidad y calidad forraje y una diversificación de la oferta a lo largo del tiempo.

La festuca es una especie perenne, invernada, cespitosa a rizomatosa adaptable a un rango amplio de suelos con mejor desarrollo en suelos medios a pesados y tolera suelos ácidos y alcalinos, presenta buena resistencia a la sequía y tiene muy buena persistencia.

El lotus es una especie perenne OIP, erecto a decumbente que se adapta a suelos de drenaje pobre y o salinos, son tolerantes al exceso de agua y tienen gran capacidad colonizadora.

El pasto ovillo es una especie perenne, invernada, cespitosa que requiere suelos medianos a pesados, tiene menos requerimientos en fertilidad que festuca y se adapta bien a suelos de baja humedad.

El trébol rojo es una especie bianual invernada pudiéndose comportar como perenne, requiere suelos fértiles de texturas medias a pesadas, con buena profundidad, bien drenados. Presenta muy buen vigor inicial y rápido establecimiento, es muy apropiado para siembras asociadas debido a su alta tolerancia a la sombra, buena capacidad para producir semillas y mejorar los suelos por aporte de materia orgánica (Carámbula, 2007). Un resumen de ambientes y pasturas se presenta en la Tabla 14.

Tabla 14. Características de ambientes y especies recomendadas.

Ambiente	Relieve	Suelos	Sup. (ha)	Pastura recomendada
1	Vías de agua	Argiudol ácuico Natracualf petrocálcico	17,4	Campo Natural
2	Planos altos	Argiudol petrocálcico (moderadamente profundos)	76,1	<i>Festuca arundinacea</i> + <i>Lotus tenuis</i> (lote XV) ----- - <i>Dactylis glomerata</i> + <i>Trifolium pratense</i> (lote XXIV)
3	Planos bajos	Argiudol petrocálcico (someros)	25,3	<i>Thynopirum ponticum</i> + <i>Melilotus oficinalis</i>

La superficie total ambientada abarca 119 ha, de las cuales 17 ha (14,6 %) se destinan a campo natural y 102 ha (85,4 %) a rotación ganadero agrícola (pasturas-verdeos o cultivos). Las pasturas de los ambientes 2 de ambos lotes se planificaron en rotación cada 5 años con verdeos. El esquema a seguir se presenta en la Tabla 15.

Tabla 15. Esquema de rotación en 8 años.

P	P	P	P	P	/ VI	VI / VV	VI
----------	----------	----------	----------	----------	-------------	----------------	-----------

Como verdeo de invierno se recomienda centeno o cebada y como verdeo de verano sorgo o maíz. Cuando se complete el esquema de rotación, unas 64 ha (62,5 % de la superficie) estarán implantadas de pasturas y 38 ha tendrán cultivos anuales (37,5 %). Si el presente esquema fuera adoptado en todo el establecimiento, la superficie agrícola por año no excedería las 750 ha.

Para asegurar la adecuada implantación de la pastura se sugiere realizar un barbecho químico que permita el almacenamiento de agua en el perfil, con una aplicación de herbicida en el mes de noviembre y 3 meses de barbecho. Un aspecto clave para lograr una adecuada implantación es mejorar la condición física de los suelos, que en las descripciones a campo evidenciaron densificaciones sub-superficiales y superficiales. Ello puede lograrse con labranzas o utilizando cultivos de servicio. Se sugiere implantar la pastura en siembra directa. No se aconseja la siembra al voleo, ya que el nacimiento es más lento y menos eficiente que la siembra en línea. Si bien algunas especies como lotus y agropiro alargado se adaptan a este último sistema de siembra, las emergencias no son inmediatas y sólo se logran en el mediano plazo (Camarasa, 2016). La fecha de siembra adecuada para esta región es a mediados de febrero. El objetivo es lograr un stand de 250-300 pl. m⁻².

6. CONCLUSIONES

- Se analizaron las características climáticas y edáficas de la región a la que pertenece el establecimiento para poder adaptar las actividades productivas en el marco de la sustentabilidad de los recursos naturales. Las actividades deben ajustarse a la amplia variabilidad climática (precipitaciones erráticas, temperaturas fluctuantes, vientos erosivos) y características de los suelos (texturas finas, limitaciones por profundidad efectiva o excesos de agua y sodio).
- Se recabó e interpretó información digital del sensor óptico Sentinel 2. Esta herramienta permitió generar ambientaciones para todo el predio que presentaron una correlación aceptable con las unidades de suelos, pero con mucha influencia de los distintos usos en los potreros sobre la cobertura vegetal.
- Se generó una ambientación por lote en los potreros 7, 8, XV y XXIV mediante la extensión R en QGIS. De la combinación de relieve, cotas y suelos se pudieron diferenciar 3 ambientes.
- En base a las ambientaciones se establecieron sitios representativos para la descripción de perfiles de suelo y toma de muestra completa para clasificación. La taxa predominante en los planos altos corresponde a los Argiudoles petrocálcicos, con tosca a 1 m. En las laderas altas y bajas se identificaron Hapludoles típicos y Argiudoles petrocálcicos con profundidades efectivas de 0,5 a 1 m. En las vías de agua y sectores anegables se identificaron Natrudoles petrocálcicos y Natracualfes petrocálcicos. Las observaciones realizadas a campo presentaron buena correlación con las series descriptas por el INTA.
- Las condiciones de anegamiento frecuentes vinculados a suelos sódicos en los lotes 7 y 8, presentan altos riesgos para la implantación exitosa de una pastura, siendo recomendable mantener su pastizal natural.
- Se realizó la recomendación de realizar la siembra de una pastura en los lotes XV y XXIV diferenciando por ambientes, dejando el ambiente 1 con pasturas naturales y se recomendó la siembra de distintas especies en los ambientes 2 y 3 de ambos lotes.
- En base a las observaciones de suelo y análisis realizados se propuso sembrar en los ambientes 3 de ambos lotes una pastura consociada de *Agropirum*

ponticum con *Melilotus officinalis*. Ambas especies fueron seleccionadas debido a que son tolerantes a las condiciones de anegamiento y suelos alcalino-sódicos. En el ambiente 2 del lote XV se propuso una pastura de *Festuca arundinacea* con *Lotus tenuis* y en el ambiente 2 del lote XXIV se propuso una pastura de *Dactylis glomerata* con *Trifolium pratense*. Dichas especies fueron seleccionadas en función de las buenas características químicas del suelo que se presentan en los ambientes 2 de ambos lotes.

Luego de analizar la caracterización climática de la región, el relieve y los suelos del establecimiento se concluye que el esquema productivo utilizado es de sustentabilidad limitada, ya que un 75 % del predio se dedica a la agricultura, muy superior a la planificación por ambientes en la cual un 38 % de la superficie se destinaría a cultivos anuales. Esto demuestra que se le está dando al suelo una utilización mayor al que el mismo puede soportar.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Almorox J, Elisei V, Aguirre M E & M Commegna. 2012 Calibración del modelo de Hargreaves para la estimación de la evapotranspiración de referencia en Coronel Dorrego, Argentina. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*. 44(1): 101-109.
- Battisonti J. 2013. Definición de ambientes mediante herramientas de detección remota establecimiento “Los médanos”. Trabajo final de grado. Licenciatura en Administración Agraria, Universidad Empresarial Siglo 21.
- Bayon J M. 2021. Construcción de mapa de ambientes y planificación del uso de los suelos del Establecimiento “El Jaguel” (Villalonga, Partido de Patagones, Bs.As.). Trabajo Final de Intensificación. Dpto. de Agronomía, UNS. 45 pp.
- Borràs, J, Delegido J, Pezzola A, Pereira M, Morassi G & G Camps-Valls. 2017. Clasificación de usos del suelo a partir de imágenes Sentinel-2. *Revista de Teledetección*, (48), 55-66.
- Bravo O. 2013. Factores y procesos pedogenéticos que regulan el almacenamiento de carbono orgánico en suelos de la Pampa Austral. Tesis Doctoral. Departamento de Agronomía, UNS. 124 pp.
- Bray R H & L T Kurtz. 1945. Determination of total, organic and available forms of phosphorus in soils. *Soil Sci*, 59: 39-45.
- Camarasa J. 2016. Las gramíneas forrajeras templadas en ambientes ganaderos. XVI Reunión Anual de Forrajeras. Opciones forrajeras para ambientes ganaderos EEA INTA Pergamino. 4 de Agosto de 2016. Pergamino, Pcia. de Buenos Aires. Pag. 2-8.
- Carámbula M. 2002. Pasturas y forrajes. Editorial Hemisferio Sur, Montevideo, Uruguay. 357 p.
- Carta de suelos de la República Argentina: hoja Estación Gil 3960-14-1 <http://anterior.inta.gov.ar/suelos/cartas/3963/3963-34.htm>

- Corwin, D.L., Lesch, S.M., Shouse, P.J., Soppe, R. & Ayars, J.E. 2004 . Characterizing soil spatial variability for precision agriculture using geophysical measurements. Proceedings of 17th Annual Symposium on the Application of Geophysics to Engineering and Environmental Problems (SAGEEP). Colorado Springs, CO on February 22-26, 2004.
- Drusch, M., Del Bello, U., Carlier, S., Colin, O., Fernández, V., Gascón, F., Hoersch, B., Isola, C., Laberinti, P., Martimort, P., Meygret, A., Spoto, F., Sy, O., Marchese, F., Bargellini, P. 2012. Sentinel-2: ESA's Optical High-Resolution Mission for GMES Operational Services. Remote sensing of Environment, 120, 25-36. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2011.11.02>
- Frolla, F., Zilio, J., Krüger, H. & Tranier, E. A. 2020. Determinación de ambientes productivos en el sudoeste bonaerense. Comparación de distintas fuentes de información. (p. 2). XXVII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Corrientes, Corrientes, Argentina.
- Frolla F, Krüger H & J Zilio. 2019. Explorador Sentinel 2 Landsat 8. En Actas: 48 Jornadas Argentinas de informatica. 11 Congreso Argentino de AgroInformatica. 16 -20 de septiembre 2019. Salta.
- Gatti, M G & L A González. 2009. Caracterización de suelos del partido de Coronel Dorrego: comparación de dos perfiles bajo un mismo cultivo y manejo. Trabajo Final TSASyA, Dpto. Agronomía, UNS. 81 p.
- Gonzales Uriarte M & E Navarro 2005. Geomorfología, relacion suelo-paisaje y composicion predial. Capitulo II. En: Geoambiente y evaluación de las aguas freáticas del partido de Coronel Dorrego. J. D. Paoloni & M. G. Uriarte editores. Editorial de la Universidad Nacional del Sur. Capitulo II pagina 27-52.
- IGN. 2019. Modelo Digital de Elevaciones de la República Argentina. Dirección de Geodesia. Disponible en https://www.ign.gob.ar/archivos/Informe_MDE-Ar_v2.0_30m.pdf
- INTA. 1989. Mapa de suelos de la provincia de Buenos Aires 1:500.000. 525 pp.

Manual de usuario de Sentinel 2-ESA. Julio 2015

Melchiori, R. J. M., & Albarenque, S. M. (2013). Variabilidad espacio temporal de rendimiento y margen bruto para la delimitación de zonas de manejo. XII Curso Internacional de Agricultura de Precisión y Máquinas Precisas, Manfredi.

QGIS Development Team. 2018. QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. <http://qgis.osgeo.org>

Sentinel Hub. <https://www.sentinel-hub.com/>

Sequeira M. 2005. Régimen Pluviométrico. En: Geoambiente y evaluación de las aguas freáticas del partido de Coronel Dorrego. J. D. Paoloni & M. G. Uriarte editores. Editorial de la Universidad Nacional del Sur. Capítulo I, 15-26.

Soil Survey Staff. 1993. Soil Survey Manual. Handbook N 18 USDA. 437 pp.

Soil Survey Staff. 2014. Keys to Soil Taxonomy, 12th ed. USDA-Natural Resources Conservation Service, Washington, DC. 362 pp.

Walkley A & A Black. 1934. An examination of the Degtehareff method for determining soil organic matter and proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Sci. 37:29-37.