

Campos de la UNLP

Bases para el manejo por ambientes,
partido de Magdalena, Buenos Aires

Margarita M. Alconada Magliano

n
naturales

FACULTAD DE
CIENCIAS AGRARIAS Y FORESTALES


edulp
EDITORIAL DE LA UNLP



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE LA PLATA

CAMPOS DE LA UNLP
BASES PARA EL MANEJO POR AMBIENTES, PARTIDO DE
MAGDALENA, BUENOS AIRES

Margarita M. Alconada Magliano

Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales



A los alumnos de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP

Índice

Introducción	5
Capítulo 1	
El paisaje como unidad de estudio e intervención	8
<i>Margarita M Alconada Magliano</i>	
Capítulo 2	
Condiciones naturales de los establecimientos Don Joaquín y El Amanecer	20
<i>Margarita M. Alconada Magliano, Facundo Carricaburu, Mateo Rowan y Luciano Juan</i>	
Capítulo 3	
Sistemas productivos de los campos Don Joaquín y El Amanecer	45
<i>Federico Fernández, Adrián Rodríguez Guiñazú y Jorge Delgado Caffé</i>	
Capítulo 4	
El suelo y el agua subterránea de Don Joaquín	86
<i>Margarita Alconada Magliano, Mateo Rowan, Facundo Carricaburu, Juan Pablo Vitale, Ariel Germán y Cynthia Waldman</i>	
Capítulo 5	
Indicadores de calidad de suelos	204
<i>Juan Esteban Baridón, Bárbara Novillo y Marco D'Amico</i>	
Capítulo 6	
Condiciones de la vegetación natural en Don Joaquín y El Amanecer	219
<i>Alejandra Carbone, Federico Fernández, Marcelo Hernández, Adrián Rodríguez Guiñazú, Cristian Antonelli y Bárbara Heguy</i>	
Capítulo 7	
Ambientes en Don Joaquín	248
<i>Margarita Alconada Magliano, Mateo Rowan, Facundo Carricaburu, Juan Pablo Vitale, Ariel Germán y Cynthia Waldman</i>	
La autora	295

Introducción

En este libro se presentan estudios realizados en establecimientos de la UNLP, principalmente en Don Joaquín, relativos al suelo, al agua, la vegetación y aspectos productivos. Se efectúa un análisis holístico de los elementos del paisaje, sus orígenes y posibles evoluciones, a fin de definir ambientes y prácticas de manejo que se adecuen a los posibles escenarios naturales.

-MARGARITA ALCONADA,
Campos de la UNLP

En las últimas décadas, han surgido desde diferentes ámbitos términos que buscan *definir consecuencias de procesos naturales y/o antrópicos*, o *plantear propuestas metodológicas o de análisis* para evitarlas. En la región abordada en este libro, dadas sus características ambientales, socio-económicas y productivas, se destacan algunos de estos términos cuya acepción, alcance o adecuación regional, resulta necesario precisar. En la **caracterización del ambiente**, y **consecuencias de procesos naturales o antrópicas**, se destacan los términos: *humedal*, *degradación*, *suelo salino*, *suelo sódico*, *suelo alcalino*, *suelo hidromórfico*, *suelo hidro-halomórfico*, *anegamiento*, *inundación*, *sequía*, *comunidad vegetal*, *ecosistema*, entre otros. Respecto a los términos utilizados para establecer **criterios de análisis para definir manejos** se indican: *manejo sustentable*, *producción por ambientes*, *manejo por cuencas*, *enfoques territoriales*, entre otros. Sin embargo, a pesar de los esfuerzos realizados, especialmente con relación al manejo de los suelos, la degradación continua (Casas y Albarracín, 2015), y con frecuencia no se alcanza la sustentabilidad buscada, y las propuestas metodológicas no siempre revierten los procesos degradativos.

Pueden plantearse entonces, que muchas cosas “*no vemos*” o “*subestimamos*” o “*desconocemos*”, y que con frecuencia las “*certezas que se tienen*” limitan la visión integral requerida, aquella que incluya a todas las *interrelaciones dinámicas* entre elementos del ambiente natural, y con el hombre. Esta perspectiva holística de estudio del paisaje es la que propone la **Teoría de los sistemas de flujo de agua subterránea Tothiana** (Tóth, 1962, 1995, 2000, 2008), y la que permite comprender el *origen de los elementos del paisaje natural*, y como estos, pueden ser afectados por *intervenciones del hombre*.

Este libro se constituye en una aplicación práctica del estudio de los elementos que integran el **paisaje**, definiendo el origen de sus propiedades principales, y su funcionamiento. A partir de esto, se definen **ambientes** que permitan planificar **manejos sustentables** ante diferentes escenarios naturales.

Las bases para la compresión del **suelo en el paisaje** se presentaron en dos libros: *Suelo en el Paisaje: Parte 1 Condiciones de Dotación* (Alconada Magliano et al. 2018), y *Suelo en el Paisaje: Parte 2 Condiciones de Abastecimiento* (Alconada Magliano y Lanfranco, 2020). La Dotación y el Abastecimiento, son los dos parámetros que definen la **fertilidad edáfica**, debido a que consideran las propiedades del suelo en todo el perfil edáfico, con sus interacciones locales y regionales. En ambos volúmenes se dan aspectos teóricos y prácticos sobre la forma de estudiar el suelo en un sitio-ambiente, que se vincula con otros suelos en un ecosistema, que se vincula con otros ecosistemas locales y regionales, siendo el **agua subterránea** el elemento integrador del paisaje.

La aplicación de la *Teoría de los sistemas de flujo de agua subterránea de Töth* (Töth, 1962, 1995, 2000, 2008), es lo que posibilita la comprensión holística de los ambientes locales y regionales, a fin de dar pautas de manejo en diferentes ecosistemas naturales y antrópicos. En la publicación *Intensified Land and Water Use - A Holistic Perspective of Local to Regional Integration* (Alconada Magliano, 2021), se presentan casos de estudio en diferentes regiones del país y del mundo, con esta perspectiva de análisis, tal como la que se propone en el presente libro.

La evolución de los ecosistemas, por causas naturales y/o antrópicas, presentes o pasadas, debe ser comprendida a fin de coadyuvar en una dirección evolutiva positiva en términos ambientales y productivos. Los **elementos del paisaje**: suelo, vegetación, geomorfología, manejo, y sistemas de flujo de agua subterránea, se distribuyen en un patrón de funcionamiento cuyo conocimiento permite realizar *manejos sustentables*.

Especificamente en este libro, se presentan *estudios preexistentes y realizados por los autores en suelo, sistemas de flujo de agua subterránea, vegetación, y aspectos productivos en los establecimientos agropecuarios de la UNLP*, principalmente en Don Joaquín, y en forma preliminar en El Amanecer.

El objetivo principal es **caracterizar los componentes del paisaje natural y antrópico** (suelo, agua, vegetación, sistemas productivos), y **definir los ambientes** en una región caracterizada por condiciones naturales alternantes de déficit y excesos hídricos, teniendo una comprensión holística del paisaje y un enfoque hidrológico de análisis. Lo obtenido puede ser tomado de base para definir ambientes en otros establecimientos de la **Pampa Deprimida**.

Referencias

- Alconada Magliano, M.M., Lanfranco J.W. y Pellegrini A.E. (2018). El suelo en el paisaje. Parte 1 Condiciones de dotación. La Plata: Edulp. Recuperado de:
<https://libros.unlp.edu.ar/index.php/unlp/catalog/view/861/851/2836-1>
- Alconada Magliano y Lanfranco (2020). El suelo en el paisaje. Parte 2 Condiciones de Abastecimiento. La Plata: Edulp. Recuperado de: <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/96774>

- Alconada Magliano, MM. (2021) (Ed). *Intensified Land and Water Use - A Holistic Perspective of Local to Regional Integration*. Springer Earth Sciences, Geography and Environment, en “Springer Earth System Sciences book series”. 294p
<https://doi.org/10.1007/978-3-030-65443-6>
- Casas, R. y Albarracín G. (2015). *El deterioro del suelo y del ambiente en la Argentina*. Tomo I y II. Buenos Aires: Editorial FECIC. 604p y 452p.
- Töth, J. (1962). A theory of groundwater motion in small drainage basins in central Alberta, Canada. *Journal of Geophysical Research*, 67 (11), 4375-4387.
- Töth, J. (1995). Hydraulic continuity in large sedimentary basins. *Hydrogeology Journal*, 3 (4), 4-16.
- Töth, J. (2000). *Las aguas subterráneas como agente geológico: causas procesos y manifestaciones*. *Boletín Geológico y Minero*, Instituto Tecnológico GeoMinero España, 8, 49-26.
- Töth, J. (2008). *From the artesian Paradigm to basin hydraulics*. Institute of Geography and Earth Sciences, Eötvös Loránd University, Hungría. 106p.

CAPÍTULO 1

El paisaje como unidad de estudio e intervención

Margarita M. Alconada Magliano

En el presente capítulo se da el marco conceptual de los elementos que integran el paisaje a fin de definir ambientes y manejos productivos sustentables

-MARGARITA ALCONADA,

CAMPOS DE LA UNLP

1.1 El Paisaje y sus componentes

En los libros sobre *Suelo en el paisaje, Parte 1: Condiciones de Dotación* (Alconada Magliano et al., 2018) y *Parte 2: Condiciones de Abastecimiento* (Alconada Magliano y Lanfranco, 2020) se presentan los aspectos básicos de comprensión de los elementos que integran el paisaje, y se da en detalle la forma en que debe ser estudiado el suelo desde una comprensión holística. En este punto, se presenta una síntesis de algunos conceptos desarrollados en los libros comentados, y otros que aquí se incluyen sobre el Paisaje y sus componentes, con referencia a los establecimientos en estudio.

Paisaje: Benassi (2015) efectúa una revisión sobre las diferentes formas de definir y percibir el paisaje a lo largo de la historia, destacando que es en realidad un concepto abarcativo que puede ser utilizado por diferentes campos disciplinares y científicos, con significados específicos, y diversos alcances conceptuales.

Desde una **perspectiva ambiental y productiva**, se considera al paisaje como el conjunto de elementos visibles y no visibles (agua subterránea), que interactúan en un sitio de manera dinámica, modificando respuestas ambientales y productivas. Consecuentemente, el paisaje abarca un mosaico de ecosistemas y sistemas productivos, dinámicos en su funcionamiento y vinculados entre sí, siendo el agua subterránea el elemento integrador del resto de elementos del paisaje. Las características locales de un paisaje son causa-efecto del contexto regional.

Los principales **elementos que integran el paisaje** son: suelo, vegetación, geomorfología, agua superficial y subterránea, y el hombre. Sobre este último, es frecuente que se subestimen las consecuencias de intervenciones tales como: desmontar, forestar, cultivar, regar, drenar, pastorear, entre otras actividades agrícola-ganaderas y forestales, debido a que en general, no se interpreta al suelo con las relaciones bióticas y abióticas que definen al paisaje.

Ecosistema y Paisaje: Los ecosistemas regulan y son consecuencia del suelo y del agua subterránea. Esta última, vincula ecosistemas diferentes, e incluso que se complementan en su funcionamiento, tal como plantea la **Teoría de los sistemas de flujo de agua subterránea**, donde se reconoce la existencia de tipos de flujo y zonas dentro de estos (Tóth, 2000).

La concepción del **paisaje** como *unidad ecológica superior al ecosistema*, permite abordar objetivos científicos y técnicos a escalas de trabajo en donde se producen importantes interacciones entre distintos ecosistemas terrestres. Esto adquiere importancia al diagnosticar los *impactos del hombre*. Dentro de este último criterio, la relación *suelo – vegetación – geomorfología – agua superficial y subterránea*, como un criterio clasificatorio del paisaje, define los *conocimientos que son necesario considerar* a fin de definir **ambientes**.

Suelo: Se forma a partir de un material original (rocas) que evoluciona, en función de su constitución y de la forma en que inciden los otros factores formadores (clima, relieve, biota) en un tiempo dado. La *acción del hombre* varía según la intervención que realiza y las características de los ecosistemas. Los *materiales originales* de los suelos son las rocas ígneas, metamórficas o *sedimentarias*, siendo estas últimas las que prevalecen en los suelos donde se desarrolla la actividad productiva. Las rocas sedimentarias, tal como el loess, posibilitan la **continuidad hidráulica** local y regional, esto es, los ambientes se vinculan a través del agua subterránea. Es frecuente la existencia de diferentes materiales originales, sedimentos, que se superponen (**discontinuidades litológicas**), y modifican la forma en que se produce la circulación del agua en superficie, subsuperficialmente, y principalmente modifica la permeabilidad (movimiento vertical).

Porta et al. (1994) define al suelo como un **cuerpo natural con propiedades distintivas, repetitivas y previsibles**. Así, si se combinan los factores formadores de una manera dada, se prevé que se reconocerán determinadas características en el suelo, que son “*distintivas*”, y resultan “*previsibles*”, pudiendo esta combinación de factores “*repetirse*” y dar suelos análogos. Las propiedades del **perfil edáfico** resultan de los “*procesos formadores*” que se producen por la interacción de los “*factores formadores*” que pueden haberse dado por: i) condiciones *pasadas o presentes*; ii) derivar de una *posición* en el paisaje *local o regional* y/o iii) a condiciones *naturales o antrópicas*.

Los suelos en la **Pampa Deprimida** en general, y de los establecimientos en estudio en particular, se distribuyen en un complejo patrón que depende de las *propiedades de los materiales originales*, de los factores que incidieron desde su depósito (sedimentación), de la presencia de **discontinuidades litológicas** (más de un sedimento), y de la forma en que *inciden los flujos de*

agua subterránea, y como coexisten en un sitio. Lo comentado, explica la presencia de diferentes suelos en cortas distancias tal como se analiza en el Capítulo 4.

Discontinuidades litológicas: Presencia de diferentes capas en el perfil, cuyo origen es atribuible a procesos geológicos (De Petre et al., 2012).

Perfil edáfico: Es la secuencia de horizontes y/o capas que se encuentran hasta la profundidad de estudio. Esta profundidad depende del grado de desarrollo del suelo, y de la presencia de impedancias que limitan el crecimiento de las plantas (superficie freática, tosca, etc). En general, los estudios no superan los 2 m de profundidad, y si bien es suficiente para caracterizar el tipo de suelo presente en un sitio, se requiere además analizar el **origen de sus propiedades**, y como estas podrían modificarse ante **diferentes escenarios climáticos locales y regionales**, frente al *manejo, sistemas productivos*, y si estas son debidas a procesos *actuales o pasados*.

A fin de *inferir el origen* pueden seguirse los siguientes criterios:

i) **Reconocer las propiedades** que resultan de **procesos edafogénicos**, y *bajo qué condiciones* es posible que ocurran dichos procesos (por ejemplo, acumulación de materia orgánica, presencia de sales, sodio, rasgos hidromórficos). A esto se refiere al indicar: “*distintivas y previsibles*” en la definición de suelos.

ii) Establecer si las propiedades identificadas se deben a **condiciones del presente**, en tiempos alternantes de relativo corto plazo (por ejemplo, el hidromorfismo por fluctuación de una superficie freática, contenido de materia orgánica, compactaciones, presencia de sales), o los factores que dieron origen dichas propiedades **no están presentes** en la actualidad (por ejemplo, rasgos verticos).

iii) **Suelos asociados** al suelo en estudio. Así por ejemplo, si se describe un suelo **Argiudol típico**, que “a priori” tiene una buena aptitud productiva, vecino a un suelo **Argiudol ácuico** y/o **Natracuol típico** (situación frecuente en la Pampa Deprimida), significa que existe en el área (unidad cartográfica) la influencia de una superficie freática cuya calidad puede variar. Esto es posible por la **coexistencia de flujos** de agua subterránea de diferente **origen**, y que inciden en los suelos según el sitio que ocupan en el relieve y/o condiciones locales y regionales del clima (punto 1.2).

En este ejemplo de *asociación de suelos*, puede indicarse que en general, en el **Argiudol típico** el agua freática no llega a la superficie y que además, tiene recargas de agua local; en el **Argiudol ácuico**, la superficie freática puede estar a mediana profundidad y/o no ser rica en Na^+ o ser zona de descarga-tránsito de flujos locales; y el **Natracuol típico**, se ubica en zona de descarga de un flujo de agua rica en Na^+ que alcanza los horizontes subsuperficiales prevaleciendo por sobre cualquier otra agua que pueda llegar al sitio, tal como el agua de escurrimiento. Esta última, incide principalmente en las características del horizonte A (horizonte mólico) y/o hasta el frente de humedecimiento o acumulación de agua (ejemplo “napa colgada” en el Bt). Asimismo, como es también frecuente en la Pampa Deprimida, *si se modifica el espesor del horizonte A, o el contenido de materia orgánica, o la consistencia, o el color; el suelo modifica su calificación taxonómica*, y el

suelo *Natracuol* pasa a ser clasificado como *Natracualf*. En los suelos de Don Joaquín (Capítulo 4), se presenta la situación descripta de cambios en algunas propiedades edáficas y consecuentemente, se modifica su clasificación taxonómica.

Se requiere entonces, conocer la variación de la superficie freática, su dirección (*recarga-transito-descarga*), y calidad (*flujo de tipo local, intermedio o regional*). El no considerar el *funcionamiento hidrológico* de un área conduce a **degradaciones** frente a prácticas de manejo como el riego, drenaje, plantaciones forestales, rotaciones, pastoreo etc.

Material original: Si bien se analizará para la región que involucra a los Establecimientos en estudio, el material original de los suelos que prevalece es el **loess pampeano**. Este es definido como un

Sedimento de grano fino, generalmente de textura franco-limosa, transportado por los vientos del oeste, desde las regiones cordilleranas y depositado en la región pampeana, en mantos de varios metros de espesor. Cuando presenta un contenido de arcilla demasiado alto como para constituir un verdadero loess, se habla de **sedimento loessoide o loéssico**. Cuando tiene textura limosa se denomina **limo loessoide** (De Petre et al., 2012)

Asimismo, pueden presentarse depósitos con texturas más gruesas en discontinuidad litológica, tal como se observa en Don Joaquín.

Vegetación: Este punto será analizado en Capítulo 6, aquí sólo se presentan algunos conceptos introductorios sobre lo que se considera “vegetación” como elemento del paisaje:

Comunidad: “un conjunto natural de poblaciones que interactúan en un espacio y en un tiempo dado” (Neiff et al., 2004).

Composición florística esencial:

(...) conjunto de especies ecológicamente importantes que definen una variante fisonómico-florística, las de mayor cobertura de cada estrato, más las que, sin ser de cobertura importante, tiene un valor indicador preciso. Incluye a las especies características de cada humedal en su estado más frecuente o típico (Neiff et al., 2004).

Humedal: en la Convención Ramsar, de la cual la Argentina es parte, se define a los humedales como “extensiones de marismas, pantanos, turberas o aguas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluyendo las extensiones de aguas marinas cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros”. Custodio Gimena (2001) indica que puede considerarse “humedal dependiente del agua subterránea a grandes regiones, donde el agua se encuentra a relativa poca profundidad”. Por su parte, Neiff et al. (2004) definen humedal

(...) a una extensión de aguas someras, comprendiendo uno o más tipos de cuerpos de agua, permanentes, temporarias, corrientes o quietas. Generalmente están densamente vegetados en la mayor parte de la superficie. El término es muy abarcativo e incluye los ambientes marinos, salobres y de agua dulce".

Por lo expuesto, la **Pampa Deprimida** se corresponde en líneas generales como **ámbito de Humedal**, siendo particularmente cierto en los sectores bajos con vegetación hidromórfica e hidrohalomórfica.

Relieve: De Petre et al., 2012 lo definen como "Elevaciones e irregularidades de la superficie del terreno que dan carácter al paisaje de un área. Se distinguen: relieve pronunciado o excesivo, normal (ondulado o suavemente ondulado), plano o subnormal (llano), cóncavo (hoyas)". Estos autores indican que es el "resultado del accionar de los procesos morfogenéticos o geomorfológicos, a los que se suman los procesos tectónicos, magmáticos, el vulcanismo y los procesos pedogenéticos y meteorización".

Microrelieve: Diferencias locales del relieve en pequeña escala, como montículos, hoyos someros o pozos de sólo unos cuantos decímetros a metros de diámetro y con diferencias de altura menores de un metro. Este tipo de relieve es importante en la Pampa Deprimida en general y particularmente en los establecimientos, Don Joaquín, y El Amanecer.

Cuenca superficial: Se define como la superficie topográfica de influencia hacia un río. Sin embargo, se ha demostrado en muchos lugares del mundo que existe **interdependencia hidráulica subterránea entre cuencas superficiales separadas**. Vinculación que está enmascarada o no se detecta fácilmente. Esto conduce a error de interpretación al analizar de donde viene el agua que por ejemplo inunda un sitio en forma perenne. Actualmente, se aplica en diversos sitios del mundo el concepto de **continuidad hidráulica regional**, así se reconoce que existen sistemas de flujo regional e interdependencia hídrica subterránea entre distintas zonas de una cuenca o entre cuencas determinadas (Carrillo Rivera, 2000).

La *Cuenca superficial* se vincula principalmente al patrón topográfico, mientras que la **Cuenca unitaria**, es la unidad básica de los **sistemas de flujo** y resulta de la *continuidad hidráulica regional*. Esta última no se define por contraste topográfico sino por **contraste hidrogeológico** del suelo que genera flujos que no necesariamente pertenecen a la cuenca superficial de interés. La unidad básica de diagnóstico del agua subterránea debe ser el **Sistema de Flujos Subterráneos** definido como "una unidad natural y coherente, en espacio y tiempo, consistente de agua subterránea de calidad fisicoquímica particular, que circula por materiales geológicos con una expresión geomorfológica, con vegetación y suelo particular" (Tóth, 2000).

Agua subterránea: En términos amplios el agua subterránea es aquella que se encuentra debajo de la superficie del suelo, incluye el agua que va de paso a través del suelo hacia el nivel freático, y aquella que se encuentra por debajo de este nivel. Las **zonas** donde estas aguas se encuentran se conocen como **vadosa (no saturada)** y **saturada**, respectivamente. En Figura 1.1 se presentan las

zonas vadosas y saturadas en tres fechas de igual sitio en el Establecimiento Don Joaquín. La modificación de la profundidad de la superficie freática se explica por la **Teoría de los sistemas de flujos de agua subterránea** (Tóth, 2000).



Figura 1.1 Agua Subterránea zona vadosa (no saturada) y saturada (imagen sup.). Profundidad de freática en 3 fechas en igual sitio de media loma (Don Joaquín) (imagen inf.)

1.2 Teoría de los sistemas de flujo de agua subterránea y de la continuidad hidráulica regional

En Alconada Magliano et al. (2018) punto 1.2, y en Alconada Magliano y Lanfranco (2020) punto 3.6.3, se explica en detalle esta teoría y su aplicación en diferentes regiones argentinas. Aquí se presenta una síntesis., por ser esta la que permite comprender el funcionamiento y definir ambientes en los campos de la UNLP.

La *Teoría de los sistemas de flujo de agua subterránea y de la continuidad hidráulica regional*, explican la vinculación entre ecosistemas y de los paisajes locales con los regionales. El concepto de la *continuidad hidráulica regional* fue planteado por Engelen y Jones (1986) y Tóth (1995), al reconocer que existe *interdependencia hídrica subterránea* entre zonas de una cuenca o entre cuencas vecinas, entre el agua subterránea y agua superficial, y de estas, con la vegetación, suelo,

relieve y unidades geológicas involucradas. Esto es confirmado por Tóth (2000, 2008) y Carrillo Rivera (2000) quienes indican que diferentes sistemas de flujo pueden ocupar una misma unidad acuífera; o por el contrario, que un mismo sistema de flujo puede circular por dos o más unidades acuíferas.

Es evidente entonces, que los sistemas de flujo de agua subterránea son el **elemento integrador del paisaje** y se relacionan con *el tipo de suelo, vegetación, posición topográfica, litología, y clima* (Tóth, 1962, 2000; Carrillo Rivera, 2000). Esto es particularmente importante en ambientes sedimentarios con continuidad hidráulica, tal como se da en la Pradera Pampeana.

La *Teoría de los sistemas de flujo de agua* de Tóth (2000) señala la existencia de tres tipos de flujos de agua subterránea, **local, intermedio y regional**. Cada uno de estos flujos posee tres zonas, **recarga, tránsito y descarga**. En la Figura 1.2 se presenta un esquema general de funcionamiento del paisaje (adap.Tóth, 2000), aplicado en un ejemplo posible de flujos entre la Cordillera de los Andes y la provincia de Buenos Aires (recarga y descarga respectivamente de flujos de largo recorrido, regional e intermedios), y de otros flujos locales que pueden coexistir en un mismo sitio. Estos **flujos de diferente origen**, pueden presentarse en forma simultánea o por separado, dependiendo de las lluvias locales y/o regionales. Se generan así, flujos con diferentes composiciones físico-químicas que resultan de la mezcla de flujos, así como, de los materiales por donde circulan. Asimismo, se aprecia que en el caso de los **flujos locales**, puede presentarse en cortas distancias las tres zonas, recarga, tránsito y descarga; mientras que en los **flujos de largo recorrido**, la recarga se encuentra a cientos de Km, por lo cual en los establecimientos Don Joaquín, y El Amanecer sólo puede manifestarse la zona de tránsito y descarga.

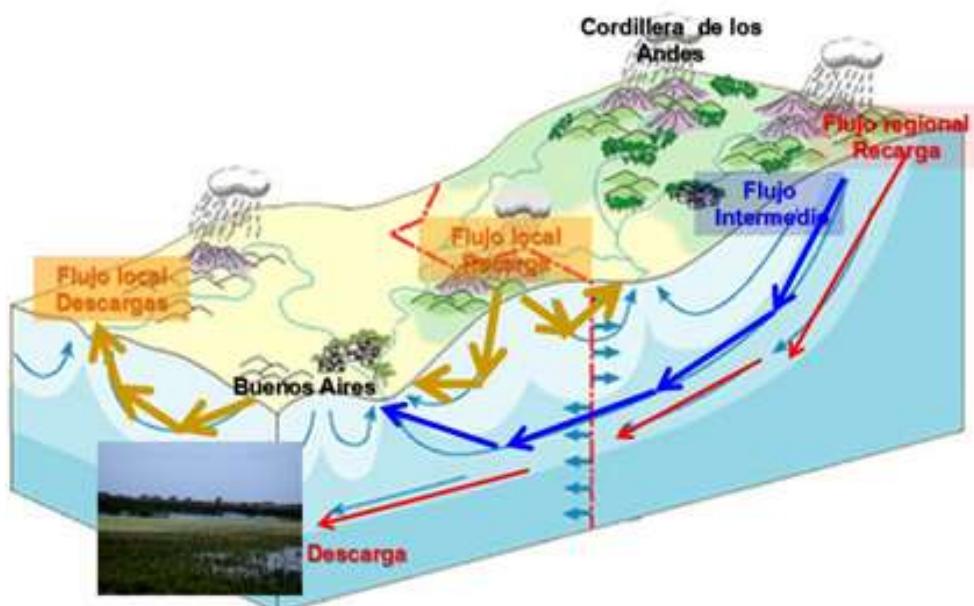


Figura 1.2 Esquema general de funcionamiento del paisaje (adaptado de Toth, 2000) con tres tipos de flujos local, intermedio y regional, y sus zonas, recarga, tránsito y descarga

La **calidad fisicoquímica** del agua permite conocer el funcionamiento de *zonas dentro de un sistema, y tipo de sistema* que existe (tipos de flujo). Esto es posible porque el agua tiene “memoria del recorrido en sus moléculas”: concentración de *aniones, sólidos totales disueltos, cationes, si es dulce o salobre, si es fría o caliente, si es vieja o joven, si se precipitó a nivel del mar o en la montaña, si tiene elementos contaminantes*. Los cambios en la *temperatura, pH, Eh, alcalinidad y elementos traza* se incorporan en el recorrido de cada sistema (Toth, 2000). En la Figura 1.3 se presenta un esquema de la composición físico-químicas característica de los flujos en la recarga y descarga (adaptado de Toth, 2000). Este es un esquema general teórico posible, en la práctica, se presentan mezclas de sales donde un catión o anión es el que prevalece, y consecuentemente, define a que zona y flujo se corresponde. Así por ejemplo, puede indicarse que se incrementa la proporción de Cl^- en la *descarga*, pero puede haber también *elevado contenido de HCO_3^-* . Este último puede ocurrir porque la zona también es *recarga de un flujo local* y/o porque proviene de la *actividad biológica*.

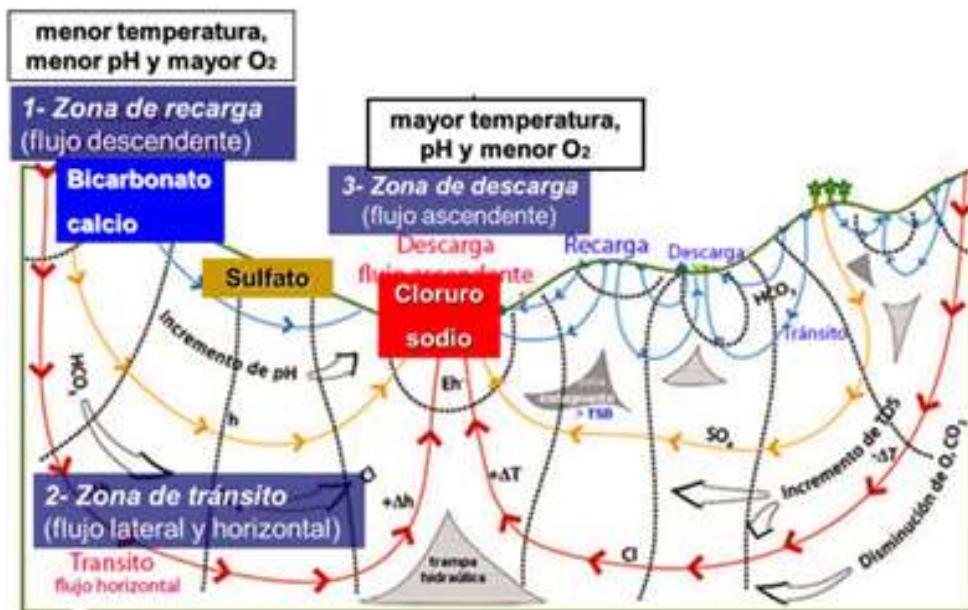


Figura 1.3 Esquema de la composición físico-químicas característica de los flujos en la recarga y descarga (adaptado de Toth, 2000). Líneas rojas, flujos regionales; líneas amarillas, flujos intermedios; y líneas celestes, flujos locales

Es importante indicar que todos los **valores son relativos**, resultan de la comparación entre recarga-descarga, y si son locales, intermedios o regionales. Por ejemplo, si se comparan las *descargas de un flujo local con la de un flujo regional*, la composición físico-química será distinta dado que han recorrido diferentes distancias (Figura 1.4). Asimismo, *para cada flujo existirá un contraste en su composición físico-química entre su recarga y descarga*, tanto mayor cuanto mayor sea su recorrido. Las aguas en su recorrido van produciendo una *intemperización de las rocas* por

donde circulan, a medida que las sales disueltas en el agua alcanzan su producto de solubilidad precipitan, y comienzan a dominar las más solubles. Por tal motivo, en las descargas de flujos de largo recorrido el agua se enriquece en ClNa , sal muy soluble. Esto se desarrolla en mayor detalle en párrafos siguientes. Las Figuras 1.3 y 1.4 son también explicadas en detalle en el Capítulo 3 de Alconada Magliano y Lanfranco (2020).

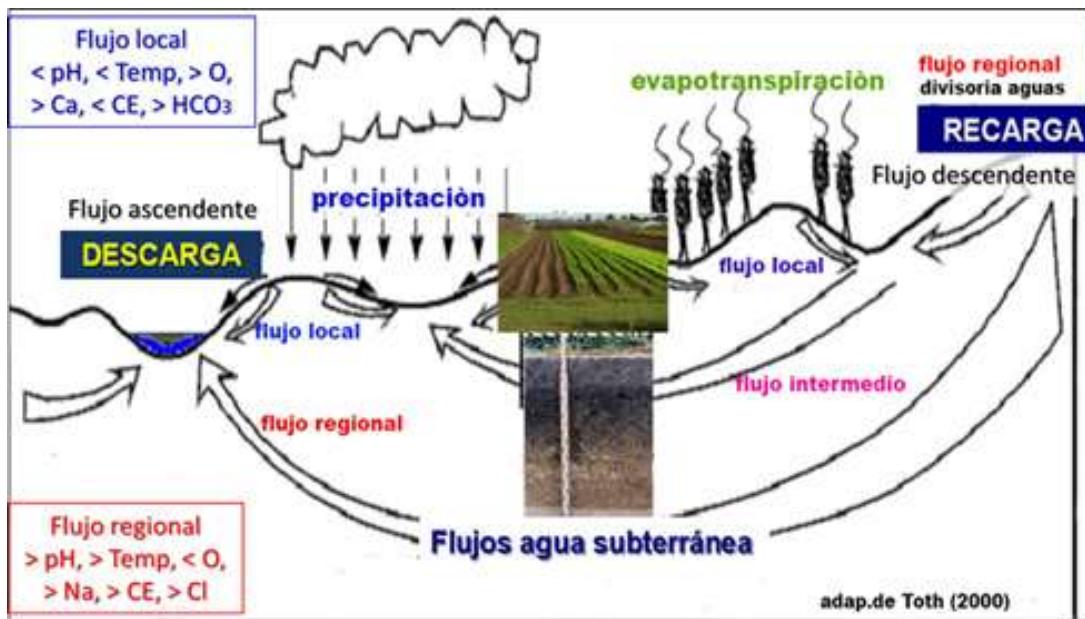


Figura 1.4 Esquema general de funcionamiento del paisaje (adaptado de Töth, 2000) con las principales características físico-químicas de flujos locales y regionales en zona de descarga.

A continuación, se explica cada tipo de flujo y zonas de entro de estos:

Flujo local: Responde a la precipitación del sitio, siendo poco profundo y de corto recorrido. El agua de lluvia infiltra en el suelo en la **zona de recarga**, zonas más elevadas donde el flujo es descendente, y **descarga** en las zonas más bajas, donde el flujo asciende por presión hidráulica (flujo ascendente). En la **recarga** prevalecen aguas con mayor contenido relativo de HCO_3^- y menor de Cl^- , menor pH, menor salinidad, mayor contenido de oxígeno (Eh^+), y menor temperatura. Como el recorrido en estos flujos es corto, en la descarga las propiedades físico-químicas no se modifican tan marcadamente. Estos flujos, si bien pueden dar origen o asociarse a diferentes tipos de suelos, puede indicarse como ejemplo en *Pampa ondulada* y *Pampa Deprimida*, en la zona de recarga local puede corresponderse con un suelo **Argiudol típico** o **Argiudol vártil** y en la descarga con un suelo **Argialbol típico** o **Argiudol ácuico**.

Flujo regional: La distancia entre la zona de recarga y descarga es muy grande, por ejemplo, se recarga en la Cordillera de los Andes y descarga en la provincia de Buenos Aires (Figura 1.2). El agua penetra profundamente y recorre grandes distancias (cientos de kilómetros), disolviendo y

precipitando sales. En la **descarga**, prevalecen los Cl^- como anión y el Na^+ como catión (NaCl), aumenta el pH y la salinidad, disminuye el contenido de oxígeno, y aumenta la temperatura. El aumento de T° se debe al calor telúrico, el aumento de **pH** es variable dependiendo del tipo de sal (Tabla 1.1) y la salinidad es muy variable. Los factores que inciden en la disolución de sales solubles son la superficie de contacto, longitud del trayecto recorrido, concentración de sales en la roca, tiempo de contacto, temperatura y presión.

Flujo Intermedio: Es una situación intermedia en recorrido y profundidad respecto a los otros flujos. Por ejemplo, la distancia entre la recarga y la descarga puede ser entre provincias vecinas, y en general, poseen elevado contenido de sales, dependiendo también de los materiales litológicos por donde circula.

Muchos suelos de la Pradera Pampeana se corresponden con flujos de agua subterránea de largo recorrido (*intermedios o regionales*) en sus *zonas de descarga*, tales como ***Natracualf* y *Natracuol típico*** en la *Pampa Deprimida*.

Cabe indicar que del total de la superficie de la República Argentina, la superficie de suelos con hidromorfismo y/o sodio y/o sales, representa el 62,72 % (1752168,05 Km²), y específicamente los suelos con hidromorfismo, con y sin sodio, tal como los suelos característicos de la *Pampa Deprimida*, se distribuyen así: ***Natracuol típico*** (3,325%); ***Natracuol típico*** (1,975%); ***Natralbol típico*** (0,506% ***Argiudol ácuico*** (1,5%), ***Argiacuol, Albacualf, Albacuol, Argialbol típico/argiácuico***, etc, representan 14,297% (399.458,18 Km²) (SAGyP- INTA, 1990)

Tabla 1.1 Carácter de la sal en función del tipo de ácido y base que la forma, y el pH que generan en el medio por disociación e hidrólisis (extraída de Alconada y Lanfranco, 2020)

ACIDO	BASE	Carácter de la SAL	pH aproximado
Fuerte	Fuerte	Neutra	7
Fuerte	Débil	Ligeramente ácida	5
Débil	Fuerte	Ligeramente básica	9
Débil	Débil	Neutro	7

Puede entonces indicarse en forma general que en un agua de **reciente infiltración** prevalece: **$\text{Ca} > \text{Mg} > \text{Na} > \text{HCO}_3 > \text{SO}_4 > \text{Cl}$** ; y en un agua de **largo tiempo de residencia**, se invierten los cationes y aniones que prevalecen: **$\text{Na} > \text{Mg} > \text{Ca} > \text{Cl} > \text{SO}_4 > \text{HCO}_3$** (Figura 1.3 y 1.4).

No obstante, como se indicó, la *coexistencia de flujos*, así como la presencia de la *vegetación y actividad biológica* del suelo, genera **composiciones químicas variables**. Así por ejemplo el CO_2 de la respiración con el agua genera CO_3H^- , existiendo también aportes por el agua de lluvia (recarga). Es frecuente entonces, la presencia de **CO_3HNa** en elevada concentración, junto con otras sales que incluso pueden prevalecer.

Según las proporciones aniones–cationes será definidas como recarga, tránsito o descarga. Consecuentemente, la **magnitud de las propiedades físico-químicas** son variables y relativas

dentro de un mismo flujo, y entre flujos, porque depende de todos los elementos del paisaje, y de las lluvias locales y regionales.

Respecto a la **mezcla de flujos**, en la *Pampa Deprimida*, y en otras regiones de la provincia de Buenos Aires, cabe destacar que la calidad del agua que anega o inunda un sitio, se modifica durante las épocas de grandes inundaciones. Esto es debido a que flujos locales son alcanzados por flujos más profundos intermedios, y consecuentemente los alcalinizan y/o salinizan (Alconada Magliano et al., 2011). La provincia de **Buenos Aires es ámbito de descarga de flujos de largo recorrido**, estos se ubican a diferentes profundidades en ámbitos de la *Pampa Arenosa*, *Pampa Ondulada* y *Pampa Deprimida*, alcanzando o no la superficie dependiendo de las **lluvias, posición topográfica, zona dentro del flujo, presencia de discontinuidades litológicas**.

En síntesis, los flujos de agua con diferente calidad y suelos asociados en la *Pampa Deprimida*, y particularmente en la zona de estudio, pueden ser explicados por la *continuidad hidráulica regional*. La **presencia de sales** (tipo y cantidad) **en los suelos** se vincula a la forma en que inciden los **flujos de agua subterránea**, para un sitio y tiempo dado.

Sobre el **origen de las sales**, cabe indicar que si bien es ampliamente analizado en diversas publicaciones cuales son las fuentes de las sales y como se producen los ciclos de salinización (Kovda, 1965; Porta et al. 1994), la *Teoría de los sistemas de flujo de agua subterránea* de Töth (2000), integra los elementos del paisaje de modo de *entender todas las posibles fuentes de sales*, y procesos que suceden, siendo entonces, un **concepto dinámico** donde la **hidrogeología, materiales originales, clima, vegetación, y manejo, explican las sales que tiene un suelo**.

La comprensión del funcionamiento de los flujos de agua subterránea que coexisten en un área permite definir **manejos sustentables**, y establecer la pertinencia de controles por exceso o déficit de agua. Esto es, cuáles pueden ser las implicancias de reemplazar un pastizal natural o monte por alguna actividad agrícola o forestal, o cual podría ser el efecto del riego o drenaje, entre otros ejemplos.

Referencias

- Alconada Magliano, MM, JW Lanfranco. y AP Pellegrini. (2018). El suelo en el paisaje. Parte 1 Condiciones de dotación. La Plata: Edulp. Recuperado de: <https://libros.unlp.edu.ar/index.php/unlp/catalog/view/861/851/2836-1>
- Alconada Magliano, MM, JR Fagundo Castillo, JJ Carrillo Rivera y PG Hernández. (2011). Origin of flooding water through hydrogeochemical identification, the Buenos Aires plain, Argentina, Environmental Earth Sciences. V 64 (1): 57-71.
- Alconada Magliano MM y JW Lanfranco (2020). El suelo en el paisaje. Parte 2 Condiciones de Abastecimiento. La Plata: Edulp. Recuperado de: <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/96774>
- Benassi, AH. (2015). Ciudad botánica –Oasis del desierto urbano- Naturación de ciudades y hábitat

- Procesos-Modelos-Estrategias-Herramientas-Paisajística. H. Cámara Diputados de la Nación Argentina. Impreso Congreso de la Nación. Buenos Aires Recuperado de: <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/52387>
- Canevari, P., DE Blanco, E Bucher, G Castro y I Davidson. (1998). *Los humedales de la Argentina. Clasificación, situación actual, conservación y legislación*. Publicado por Humedales para las Américas. Secretaría de Recursos Naturales y Desarrollo Sustentable de la República Argentina. Wetlands International-publicación N°46. 208p.
- Carrillo Rivera, JJ. (2000). *Application of the groundwater-balance equation to indicate interbasin and vertical flow in two semi-arid drainage basins*. Hydrogeology Journal, 8(5), 503-520.
- Custodio Gimena, E. (2001). *Aguas subterráneas y humedales* Recuperado de https://aguas.igme.es/igme/publica/sim_hidro_Murcia/tomo%20XXIV/01.pdf
- De Petre AA., JL Panigatti y JA Ferrer (2012). *Diccionario de términos edafológicos y otras voces asociadas*. Edición: AACs - UNER. 79 p.
- Engelen, GB y GP Jones. (1986). *Developments in the analysis of groundwater flow systems*. IAHS publication N°163: 67-106
- Kovda, VA. (1965). Alkaline Soda-Saline Soils. *Agrokémia Es Talajtan*, 14:15-48.
- Neiff, JJ, SL Casco y JC Arias. (2004). Glosario de humedales de Iberoamérica. 336-380. en: Neiff, J.J. (Ed.). *Humedales de Iberoamérica*. CYTED, Subprograma XVII – Red Iberoamericana de Humedales. Cuba.380 p.
- Porta, J., M López Acevedo y C Roquero. 1994. *Edafología para la agricultura y el medio ambiente*. España: Ed. Mundi Prensa. 807pág.
- SAGyP – INTA. 1990. *Atlas de Suelos de la República Argentina*. Proyecto PNUD Arg-85/019, Buenos Aires. Dos tomos, 1600 p. 39 mapas Recuperado de <http://www.madrimasd.org/blogs/universo/2008/05/14/91811>
- Soil Survey Staff. (2014). *Claves para la Taxonomía de suelos*. USDA, Dpto de Agricultura de los Estados Unidos. Traducción, Ortiz Solorio C.A., Gutiérrez Castorena M.C. y Gutiérrez Castorena E.V. 410p. Recuperado de https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs142p2_051546.pdf
- Töth, J. (1962). A theory of groundwater motion in small drainage basins in central Alberta, Canadá. *Journal of Geophysical Research*, 67 (11), 4375-4387.
- Töth, J. (1995). Hydraulic continuity in large sedimentary basins. *Hydrogeology Journal*, 3 (4), 4-16.
- Töth, J. (2000). *Las aguas subterráneas como agente geológico: causas procesos y manifestaciones*. *Boletín Geológico y Minero*, Instituto Tecnológico GeoMinero España, 8, 49-26.
- Töth, J. (2008). *From the artesian Paradigm to basin hydraulics*. Institute of Geography and Earth Sciences, Eötvös Loránd University, Hungría. 106p.

CAPÍTULO 2

Condiciones naturales de los establecimientos Don Joaquín y El Amanecer

Margarita M. Alconada Magliano, Facundo Carricaburu, Mateo Rowan y Luciano Juan

En el presente capítulo se presentan características generales del ambiente regional y local de los campos de la UNLP, respecto a la geomorfología, hidrología, unidades de paisaje, materiales originales, suelos, vegetación y sistemas productivos

-MARGARITA ALCONADA, Campos de la UNLP

2.1 Geomorfología, hidrología y suelos

El partido de Magdalena, al cual pertenecen los establecimientos de la UNLP, se ubica en la Unidad geomorfológica de **Llanuras Continentales**, en la Subunidad Geomorfológica de **Pampa Deprimida** caracterizada por presentar un *relieve plano cóncavo con limos y arcillas* (Bellati et al., 1978; SAGyP-INTA, 1989). Los **procesos geomorfológicos** de **tipo eólico, fluvial y litoral-marino**, son los que han actuado en el pasado y continúan en el presente en la provincia de Buenos Aires. Sin embargo, el relieve generado por el proceso eólico, debido en parte al bajo relieve relativo y pendientes exigüas, no alcanzó a ser modificado totalmente por el proceso fluvial. Las fluctuaciones climáticas provocaron variaciones en la intensidad en que se produjeron dichos procesos, así como en la ocurrencia de **procesos pedogenéticos** (Pereyra y Tobi, 2018).

En la Figura 2.1 se presenta una vista general de la hidrografía provincial actual, ríos y cursos de agua principales (a), anegamiento y cuerpos de agua presentes en imagen satelital de agosto de 2015 (b), y en imagen satelital de agosto de 2016 (c). Se aprecia el río Samborombón y su proximidad con los campos de la UNLP (indicada el área en amarillo). Pereyra y Tobi (2018) sobre la red

hidrográfica indican que se evidencia cierto *control de estructuras preexistentes* en profundidad, siendo **el drenaje poco integrado y endorreico**.

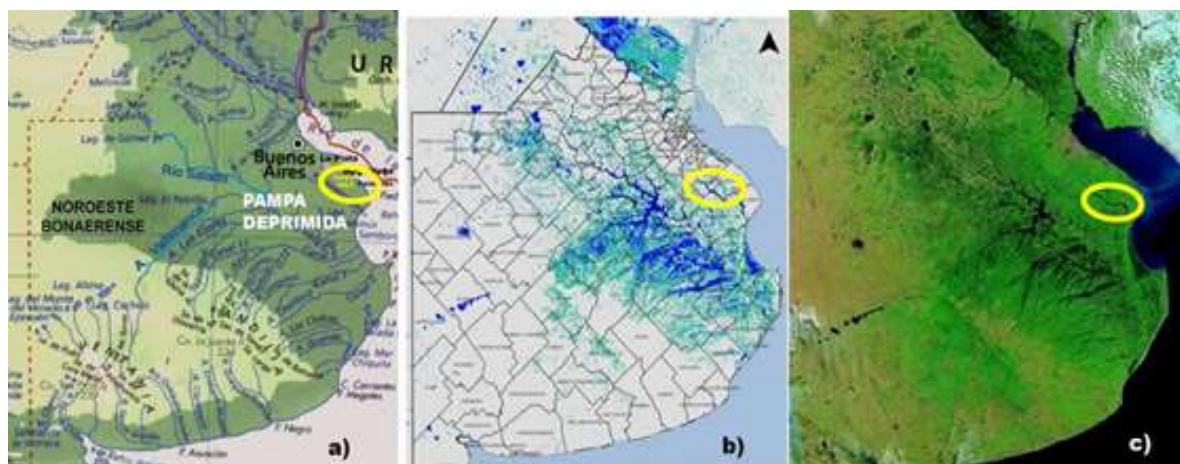


Figura 2.1 Vista general de la **hidrografía provincial actual**, ríos y cursos de agua principales (a); anegamiento y cuerpos de agua en imagen satelital de agosto de 2015 (b), y en imagen satelital de agosto de 2016 (c). Establecimientos en amarillo.

Fuente: a) internet desconocida, b y c) Imagen MODIS TERRA <http://www.economia.gob.ar/wp-content/uploads/2015/08/ Emergencia-Agropecuaria-en-la-provincia-de-Buenos.Leyendas>. En b) Suelo saturado, verde- Suelo encharcado, celeste- Agua en superficie, azul. En c) Suelo descubierto, rosa- Aneamiento, verde oscuro.. Agua en superficie, negro

En el **Mapa de Suelos de la Provincia de Buenos Aires 1:500.000** (SAGyP-INTA, 1989), los principales subgrupos de suelos son agrupados en *Dominios Edáficos*, los cuales pueden o no coincidir con las *Subunidades Geomorfológicas*. Los dominios edáficos son regiones donde prevalecen determinados subgrupos de suelos. Estos dominios están subdivididos en Unidades cartográficas, integradas por una o más poblaciones de suelo vinculados geográficamente a un determinado paisaje. Comprenden *consociaciones*, *asociaciones*, o *complejos* de subgrupos de suelos y sus fases.

El partido de Magdalena integra mayoritariamente, junto con el partido de La Plata y Brandsen, el Dominio Edáfico 9, integrado por dos subgrupos de suelos principales: *Natracualf típico, fino* y *Cromudert típico, muy fino*. En menor medida, Magdalena se incluye en el Dominio edáfico 25, junto con un gran número de otros partidos que rodean a la Bahía de Samborombón, dominado por el suelo *Peludert típico fino*.

El **paisaje del Dominio Edáfico 9** está bien diferenciado, al norte donde se ubica el establecimiento **Don Joaquín**, se caracteriza por tener grandes lomadas recortadas **por vías de escorrimiento** que drenan hacia el *Río de La Plata* y al *Río Samborombón* donde desarrollan los

suelos *Paleudoles ácuicos*, y en el sector sur, donde se ubica el establecimiento *El Amanecer*, se caracteriza por **planicies muy suavemente onduladas** en las que se reconocen *Cromudertes típicos* y *acuénticos*, mientras que en áreas deprimidas y mal drenadas dominan *Natracualfes típicos* y en microrelieve de lomas *Argiudoles típicos*. En la Figura 2.2 se presenta una vista regional donde se indica la ubicación de los establecimientos, al norte Don Joaquín en un ámbito de vías de escurrimiento bien marcadas, y al sur El Amanecer en un paisaje de planicies muy suavemente onduladas. En la Figura 2.3 se presenta una imagen del 21 de agosto de 2002 (año muy lluvioso), con ubicación georreferenciada de los establecimientos.



Figura 2.2 Imagen regional, al norte Don Joaquín en ámbito de vías de escurrimiento bien marcadas, y al sur El Amanecer en un paisaje de planicies muy suavemente onduladas (Carricaburu en Alconada Magliano, 2017)

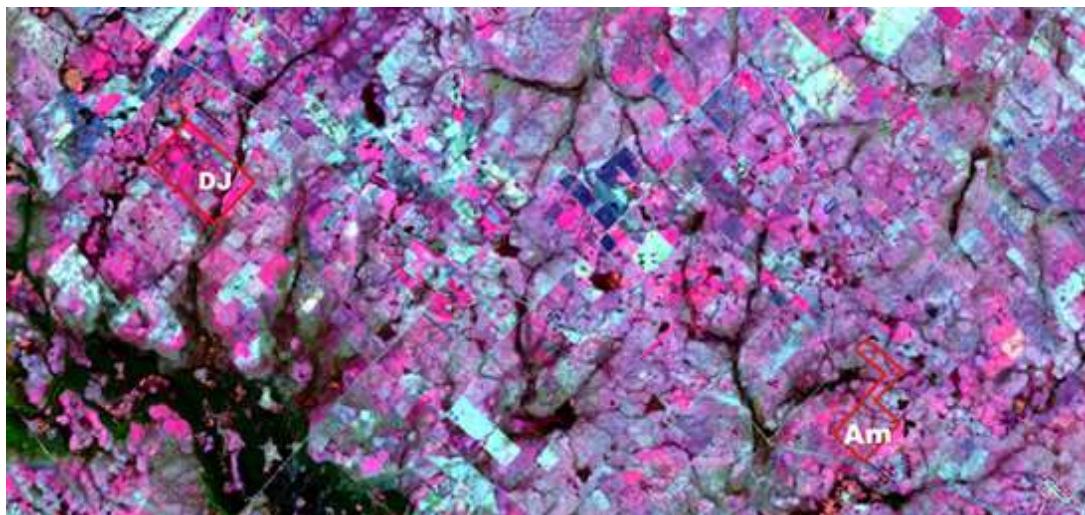


Figura 2.3 Imagen del 21 de agosto de 2002 (año Muy Lluvioso), con ubicación georreferenciada de los establecimientos. (Proc. Vitale, Germán, y Waldman, INTA Clima y Agua)

Los campos de la UNLP se ubican en la **Cuenca del Samborombón** a poca distancia de la ruta 36 cuyo eje longitudinal, tiene rumbo dominante ONO-ESE, y cota máxima de 21 msnm hacia el noroeste, dos tercios de su extensión se mantienen en estos valores, y desciende en las proximidades de Verónica hasta alcanzar la albufera (Sánchez et al., 1976). La traza de esta ruta se encuentra en el **Interfluvio principal** que actúa como gran divisoria de aguas, entre la *cuenca de aporte al Río Samborombón (Pampa Deprimida; PD)* y la *cuenca de aporte al Río de La Plata (Pampa Ondulada, PO)*. Esto determina que en algunas regionalizaciones se indique que al menos parte del partido de Magdalena se ubica en un *ámbito de transición* entre PD y la PO, tal como se indica en la carta de suelos 1:50.000, Hoja Oliden 3557-20-3 (GeoINTA, 2018).

En la Figura 2.4 se presenta la Cuenca del Río Samborombón y un detalle del sector donde se ubican los campos de la UNLP. La **Cuenca del Río Samborombón** abarca el sector sur del partido de Magdalena hasta la localidad de Verónica, junto con parte de los partidos de San Vicente y Brandsen (Atlas BA, 2020). La escala de colores indica las alturas con respecto al nivel del mar.

Cabe indicar que la *definición de Cuenca*, surge de un análisis superficial y topográfico, que *no considera los sistemas de flujo de agua subterránea*, los cuales se evidencian en toda la provincia de Buenos Aires, muy especialmente en el Noroeste bonaerense y Pampa Deprimida (Alconada Magliano y Lanfranco, 2020).

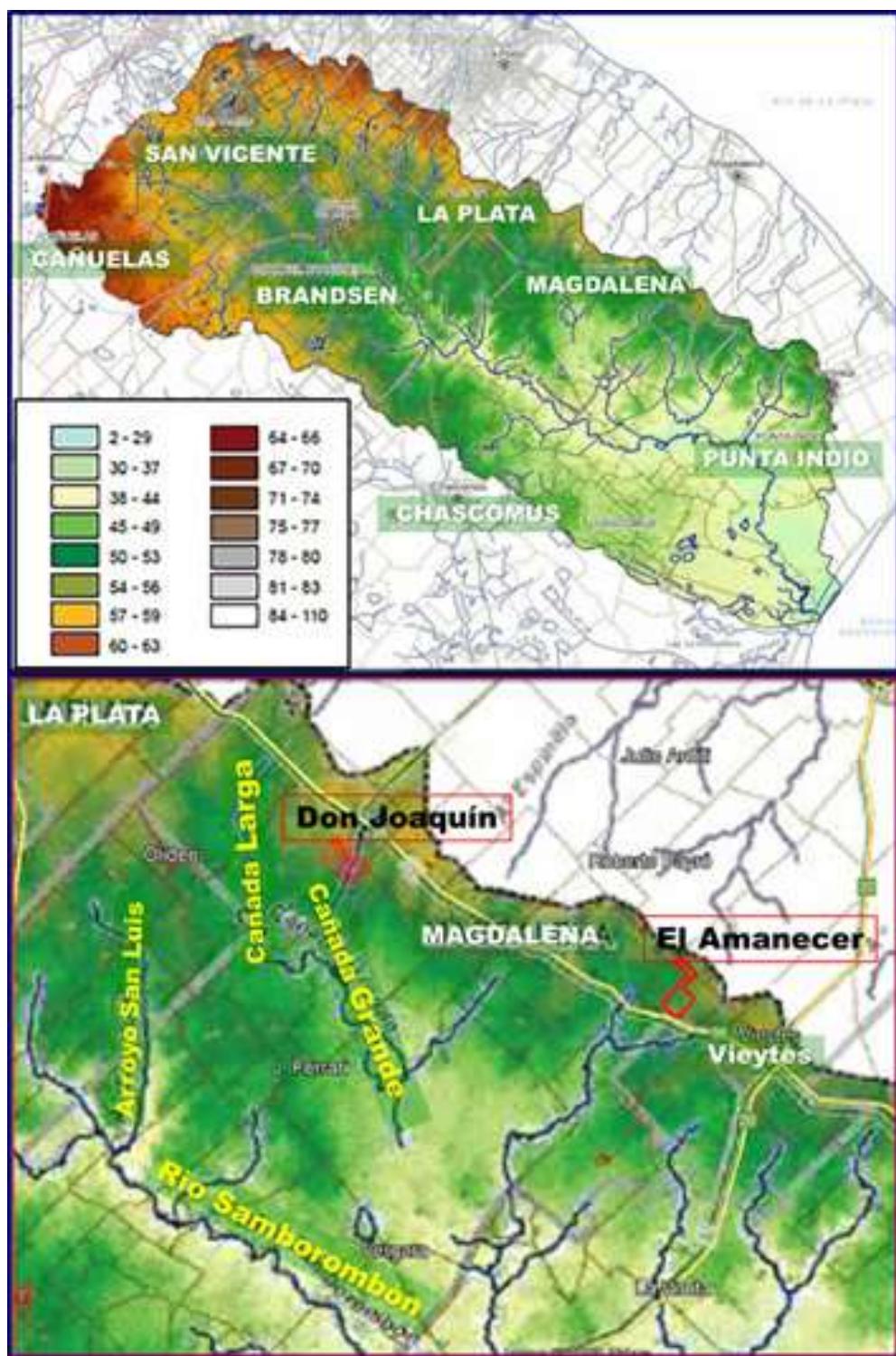


Figura 2.4 Cuenca del Río Samborombón y detalle del sector donde se ubican los campos de la UNLP: Don Joaquín y El Amanecer (adaptado del Atlas BA, 2020). Alturas en m s.n.m

En Figura 2.5 se presentan los **cursos de agua principales** del partido de Magdalena, pertenecientes a la cuenca del Río Samborombón y del sector correspondiente a los campos de la UNLP. Tal como se analiza al describir las Unidades de paisaje de la región, los tributarios del Río Samborombón se presentan en una **distribución dendrítica con charcos y lagunas** en sus cursos permanentes, con mayor expresión en la **Cañada Grande**.

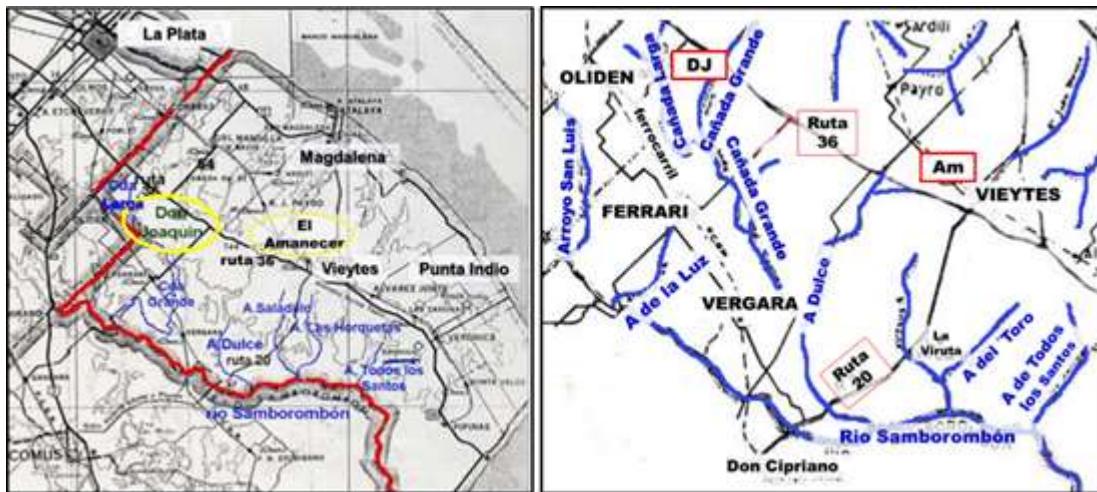


Figura 2.5 Cursos de agua principales del partido de Magdalena en el área de influencia del Río Samborombón (adap fuente desconocida internet) (izq); y de los campos de la UNLP (adap. Burkart et al., 2005) (der)

2.2 Unidades de paisaje y suelos

Unidades de paisaje en Magdalena y Brandsen_. En el estudio pedológico de los partidos de Magdalena y Brandsen realizado por Sánchez et.al. (1976), se presenta una división del área en unidades de paisaje y suelos asociados. Según estos autores el 84 % de la superficie del partido de Magdalena presenta suelos desarrollados a partir de sedimentos de origen continental, con discontinuidades litológicas que varían en función de las unidades de paisaje.

Se describen las siguientes **unidades de paisaje**: **C1 y C2** denominadas de Interfluvios (vertiente al Río de la Plata); **C3** Interfluvios y pendientes (Vertiente Río Samborombón y pendiente vertiente Río de la Plata); **C4** lomas subcirculares y/o elongadas; **C5** planicies aluviales Río Samborombón y afluentes del Río Samborombón y Río de la Plata; **C6** acumulación aluvial sobre arena de playa; **C7** planicie aluvial del Río de la Plata (cangrejal); **M1** cordones de conchilla; **M2** manto arenoso y **M3** albufera (Figura 2.6).

En el **diseño de drenaje superficial** se reconocen dos sectores contrastantes por sus características hidrológicas y topográficas. El de mayor difusión, se caracteriza por un **diseño dendrítico** y afecta la casi totalidad de sedimentos continentales tanto en la vertiente del Río de la Plata como en la del Río Samborombón (Sánchez et al., 1976). Estos autores, destacan que sobre esta última vertiente, los tributarios tienen la misma **disposición dendrítica pero con charcos y lagunas** en sus cursos permanentes, tal como en los arroyos presentes al O del Aº Saladillo y con mayor expresión en la Cañada Grande (próxima al Establecimiento Don Joaquín).

El Establecimiento de **Don Joaquín**, se ubica en el paisaje denominado **C3 de Interfluvios y pendientes** (Vertiente Río Samborombón y pendiente vertiente Río de la Plata), con algunos sectores donde también, se corresponde con las unidades denominadas **C4 de lomas subcirculares y/o elongadas**. El Establecimiento **El Amanecer**, también se ubica en ámbitos de **C3**, y en paisajes de **C1 y C2 Interfluvios** (vertiente al Río de la Plata) (Sánchez et al., 1976).

Los suelos desarrollados en las unidades C1, C4 y algunos C3, si bien presentan diferencias, en líneas generales provendrían según estos autores de **tres pisos geológicos superpuestos** en el siguiente orden:

- i) **Pampeano** (*Pleistoceno Inferior*) que se correspondería con los materiales más profundos del suelo,
- ii) el material que sobreyace a este **Post-Querandinense** (*Pleistoceno Medio*), un **loess** que habría dado origen al **horizonte B**; y
- iii) **Post-platense** (*Pleistoceno Superior*), un **limo eólico** en los materiales que componen él o los **horizontes A**. Sin embargo, es de destacar la extensa discusión que estos autores presentan sobre la presencia de otros materiales depositados de **origen fluvio-eólico**, que en forma variada, modifican lo que aquí se sintetiza. Respecto a la unidad C2, Sánchez et al. (1976) consideran que la información disponible es insuficiente como para establecer los materiales originales. En el punto siguiente se analizan con mayor detalle los materiales originales de la provincia de Buenos Aires y de ámbitos próximos a Magdalena según diferentes autores.

Respecto a los suelos que prevalecen en las unidades de paisaje descriptas por Sánchez, et al. (1976) en la unidad C1 se describe como principal tipo de suelo al **Argiudol típico** en las curvas de niveles mayores a 7,5 msnm; en la unidad C2 al suelo **Cromudert típico** (7,5 msnm), en la unidad C3 prevalecen suelos con problemas de sodicidad y drenaje, **Natralboles típicos; Natracuoles típicos, álbicos y glósicos** (en cotas de 5 a 7,5 msnm); y en la unidad C4 se desarrollan suelos **Argiudoles típicos y Argialboles típicos y aéricos**. Esto se analiza con detalle en el establecimiento Don Joaquín en el Capítulo 4.

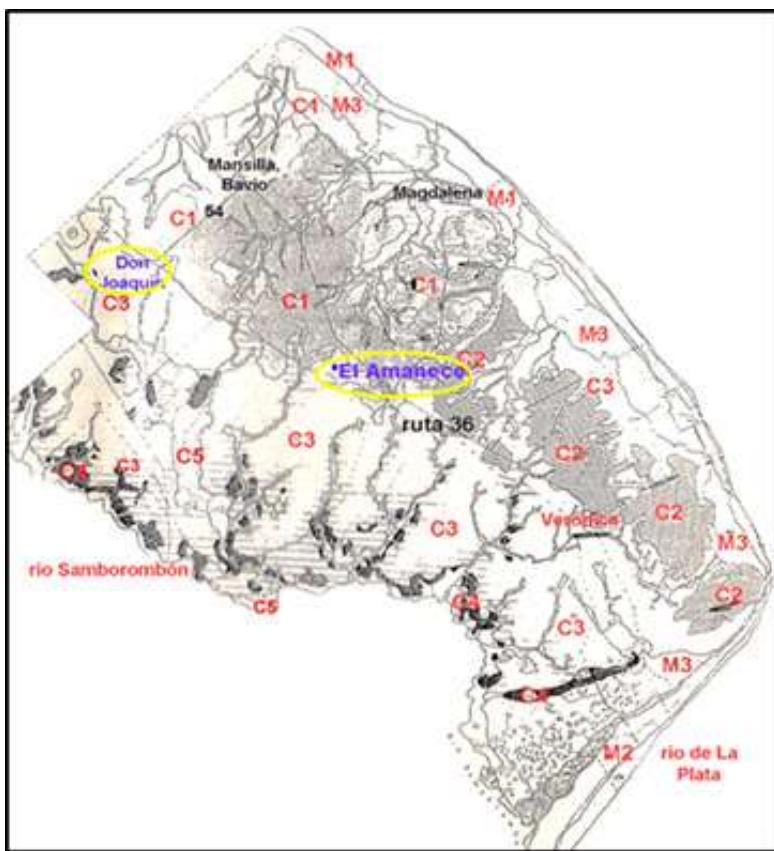


Figura 2.6 Unidades de paisaje definidos en Mapa de suelos de los partidos de Magdalena y Brandsen (adaptada de Sánchez et al., 1976)

2.3 Materiales originales y formación de suelos

2.3.1 Historia geológica

Los sedimentos que se han depositado a lo largo de la historia geológica de un sitio inciden en las propiedades de los suelos que evolucionan a partir de estos. Sin embargo, la forma en que efectivamente se produce dicha evolución depende del resto de factores formadores. Así, es posible que se generen suelos diferentes a partir de iguales materiales originales, así como, suelos semejantes a partir de materiales originales diferentes.

Precedentemente, en Capítulo 1, se definió al suelo como un cuerpo natural con propiedades *distintivas, repetitivas y previsibles* (Porta et al., 1994), consecuentemente se requiere conocer que factores formadores han incidido y sobre qué materiales originales, teniendo particular importancia

en los suelos de la Pampa Deprimida, la incidencia del agua proveniente de las precipitaciones y la subterránea.

Sedimentos y Material Original de suelos de la región pampeana: A nivel provincial Torri (2011) efectúa una revisión desde Ameghino (1889) y describe las **estratigrafías pampeanas** según diversos autores.

Respecto a los trabajos de Frenguelli (1950,1957) en Torri (2011), señala que se reconocen

- 3 pisos pampeanos (Pleistoceno): Chapadmalalense, Ensenadense y Bonaerense; y
- 5 pisos post-pampeanos (Holoceno): Lujanense, Platense, Querandinense (estuárico) Cordobense y Aimarense.

Asimismo, Torri (2011) describe la correlación que plantea Frenguelli (1955) entre los depósitos sedimentarios de la región pampeana, y los **eventos climáticos globales** diferenciando dos grupos principales: **loess y limos**, denominando **loess a los depósitos eólicos y limos a los subácueos**; que según su concepto representan respectivamente, una **sucesión rítmica de fases secas y húmedas**, que responden a los ciclos glaciales e interglaciales del Pleistoceno.

Actualmente, las designaciones **Formación Pampeana** o **Sedimentos Pampeanos** en el ámbito bonaerense, hacen referencia principalmente a 2 unidades litoestratigráficas: **Formación Ensenada** o **Ensenadense** (Miembro Inferior) y **Buenos Aires** o **Bonaerense** (Miembro Superior) (ambas del Pleistoceno) (Fidalgo, 1983 en Torri, 2011). El **Ensenadense** es un **espeso horizonte de limos loessoides**, en cuya base generalmente se estratifica en **capas irregulares arenosas, arcillosas o conglomerádicas**, y más arriba pierde todo vestigio de estratificación y se compone de un **limo más o menos conglomerádico** (Frenguelli, 1957 en Torri, 2011). Por su parte, Pereyra y Tobio (2018) indican que los depósitos del Ensenadense y Bonaerense son **loéssicos** de edad cuaternaria (menos de 2.5 Ma, millones de años, Pleistoceno), con presencia de numerosos **depósitos fluviales, eólicos y marinos** que conforman el denominado **Postpampeano**. Específicamente para las amplias **divisorias de aguas**, señalan que se encuentran cubiertas de **loess pampeano** de escaso espesor (denominado de diversas formas según las fuentes), que en general, son **depósitos eólicos holocenos** formados a partir del **retrabajo del loess preexistente**. Estos integran la **Formación La Postrera** o el **Platense eólico** según el esquema tradicional (Pereyra y Tobi, 2018).

A fin de comprender como se suceden los depósitos mencionados, a modo de ejemplo en la Figura 2.7 se presenta el **perfil geológico de la Cantera Juárez** ubicada en La Plata (Bidegain y Rico, 2004), que si bien se ubica a una distancia de aproximadamente 100 km respecto a Don Joaquín, podría establecerse cierta analogía respecto a la ocurrencia de los eventos **eólicos, fluviales y marinos** comentados. Este perfil geológico fue estudiado por Bidegain y Rico (2004) hasta aproximadamente 11 m de profundidad, encontrando una sucesión de capas de diferentes texturas y orígenes, con suelos enterrados a más de 6 m de profundidad, sin presentar perfiles completos.

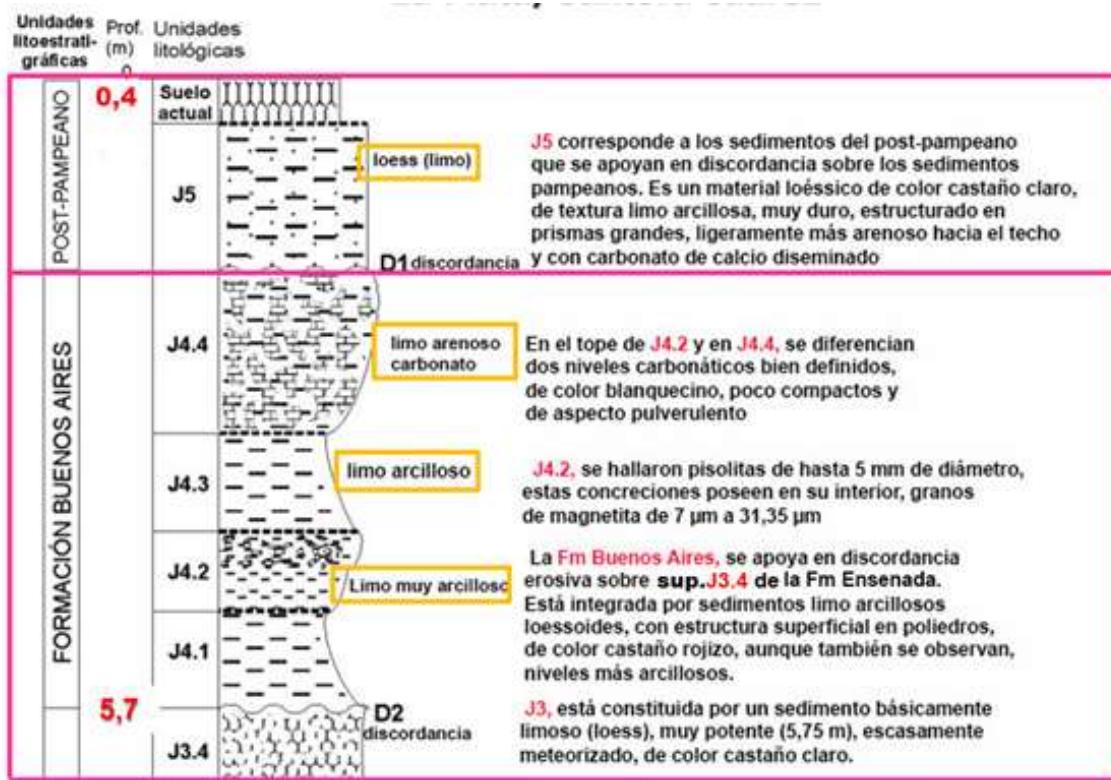


Figura 2.7 Perfil Geológico de Cantera Juárez, La Plata hasta 5,7 m del total de 11 m estudiados (modificada de Bidegain y Rico, 2004)

Blasi et al. (2001) en la localidad de Gorina, La Plata, describen también, la **sucesión de depósitos sedimentarios y presencia de paleosuelos** en 11 m de profundidad, estos son: 5 **unidades pedológicas** (paleosuelos), reconociendo 2 bien definidas, el suelo actual hasta 2,5 m de profundidad, desarrollado a partir de **loess arcilloso** (Fm La Postrera), y la última unidad a más de 10 m de profundidad cuya pedogénesis se vio interrumpida por un proceso erosivo, desarrollado sobre la Fm Ensenadense. Las unidades intermedias, entre los 2,5 y los 10 m, corresponden a la Fm Bonaerense. Estos autores señalan que esto es coincidente con lo obtenido en otros sitios de la región pampeana. Sobre los depósitos, citan a Frenguelli (1955); González Bonorino (1965), quienes encuentran que las sucesiones sedimentarias del Cuaternario en la pampa bonaerense, están integradas por *limos* y *arenas muy finas eólicas (loess)* y *limos loessoides (loess retrabajados* por acción ácua). Asimismo, cita a Teruggi e Imbellone (1987) quienes analizan el *registro cíclico de mantos loéssicos y paleosuelos* presentes también en una cantera de La Plata. Estos últimos autores describen 7 **mantos sedimentarios de loess** de escaso espesor en 7,8 m de profundidad, con **diferencias texturales** (superior arcillo limoso e inferior franco, arena e/ 23 y 61%), y **mineralógicas**, que si bien es la **típica de los sedimentos pampeanos**, presentan variaciones en los contenidos de **vidrios volcánicos** (e/ 3 y 20 %), **silicofitolitos** (partículas biosilíceas de origen vegetal por total o parcial silicificación de células y espacios intercelulares, siendo el Si absorbido del

suelo), y **carbonato de calcio** con diferente expresión desde pulverulentos o en la masa (e/ 0 y 12%) hasta muy duros en profundidad (tosca o calcreta, e/ 51 y 98%). En cada uno de los sedimentos se describen **paleosuelos** con difícil identificación de horizontes, y un **suelo actual (Argiudol vertical)**. Tonni et al. (1999) en Blasi et al. (2001) indican que los **paleosuelos de la región pampeana** responderían a *condiciones más húmedas y cálidas*, y los depósitos eólicos (loess) a *condiciones frías y secas*. Consecuentemente, para considerar este **modelo climático** se requiere comprender el **balance sedimentación-pedogénesis-erosión** (Blasi et al., 2001).

Otra contribución sobre el origen de los materiales originales de los suelos es la de Scoppa y Di Giacomo (1998) quienes plantean la forma en que se produjeron los ciclos de **sedimentación y/o redistribución**, antes de la formación de los suelos actuales. Esto se debe a que se depositaron y depositan, de manera lenta y continuada, con diferentes grados de intensidad según las condiciones ambientales existentes en cada momento. El **clima**, se modificó marcadamente desde el principio de la sedimentación, con **periodos secos y húmedos**. Estos autores también señalan, que durante los períodos de **bioestasia** (fase de estabilidad biológica, bajo una cubierta vegetal existe una alteración química lenta del material rocoso) y **rexistasia** (perdida de la cobertura vegetal por clima seco y predominio de la meteorización física), que sucedieron a la **pedogénesis y morfogénesis**, tampoco fue igual, lo cual **explicaría** la presencia de algunos **niveles más arcillosos**, y donde la **matriz del loess** presenta mayores evidencias de redistribución y migración.

Por lo expuesto, cuando se describe para la región como material original de los suelos “**un sedimento loéssicos franco limoso**” (GeoINTA, 2018) puede **resultar insuficiente** para comprender los procesos formativos de suelo, siendo necesaria una comprensión de mayor detalle tal como lo recomienda Morras (2003). Lo comentado, se vincula con lo precedentemente descripto por Sánchez et al. (1976) para la región de Magdalena y Brandsen.

En síntesis, de lo expuesto sobre **materiales originales**, puede indicarse que en todos los trabajos presentados, en la pradera pampeana, provincia de Buenos Aires y partidos de Magdalena-Brandsen, se describen diversos materiales sedimentarios que se depositan con diferente intensidad a lo largo de la historia geológica con sucesos climáticos alternantes, **periodos húmedos y secos, cálidos y fríos**, que actuaron de manera diferencial según las características y composición de los depósitos, generando alteraciones y hasta paleosuelos. Se producen entonces, procesos de **biostasis, rexistasis, pedogénesis y morfogénesis** diferenciales, lo cual explica para algunos autores, la presencia de *texturas más arcillosas*. Asimismo, algunos autores encuentran en profundos paquetes sedimentarios de escasa evolución y variadas texturas, que se alternan con paleosuelos y el suelo actual. Este último para la zona de La Plata se corresponde con suelos con rasgos verticales, tal como se produce en los suelos de Don Joaquín y el Amanecer, y Pampa Deprimida en general.

Respecto a los **procesos** que actuaron en su deposición se destaca el eólico y posterior retrabajo de los materiales por acción del agua e incluso marítimos. Se describen dos grupos principales de

depósitos según los cambios climáticos globales. **loess y limos**, denominando **loess a los depósitos eólicos y limos a los subácueos**; que representan respectivamente, una **sucesión rítmica de fases secas y húmedas**. Se produce así, un balance sedimentación-pedogénesis-erosión en función de los períodos húmedos y cálidos, que se alternan con períodos secos y fríos. Sobre la **composición**, se destaca la presencia de diferentes texturas (franco limosas, franca, franco arcillosas, etc), contenido de calcáreo, vidrios volcánicos, silicofilitos, entre otros.

Lo comentado sobre sedimentos, suelos con discontinuidades litológicas, y diferentes texturas, determina diferente **permeabilidad**, y un comportamiento diferencial de los **sistemas de flujo** que coexisten en el sitio de estudio.

2.3.2 Composición mineralógica del loess

Scoppa y Di Giacomo (1998) sobre la composición mineralógica del loess pampeano, citan a González Bonorino quien indica que sus componentes pueden dividirse en:

i) **cristaloclastos**: los *feldespatos* son los que dominan en este grupo siendo las *plagioclasas, cárnicas y medias*, las más abundantes, si bien los *feldespatos alcalinos* son también comunes, seguidos en importancia por *cuarzo* en cantidades variables;

ii) **vitroclastos**: fragmentos angulares de *vidrio volcánico*, constituyen un componente de gran variabilidad;

iii) **fragmentos líticos**: constituidos esencialmente por *detritos de rocas volcánicas*, en proporción similar a la de los cristaloclastos;

iv) **componentes de origen orgánico**: las partículas de *sílice orgánica* son frecuentes, estando principalmente constituidas por células de gramíneas y en ciertos casos por pequeños fragmentos de diatomeas y espículas de espongiarios;

v) **matriz de arcilla**: es la que domina en la matriz del loess, estando también constituida por *minerales cristalinos, restos de vidrio volcánico, feldespatos y fragmentos de rocas volcánicas*, usualmente muy meteorizados, y partículas de *sílice orgánica*; evidenciándose además, un proceso de reacomodamiento con *formación de películas de arcilla orientada y cierta migración*, indicando entonces, que la *fracción original de arcilla pudo tener acciones pedogenéticas y diagenéticas*;

vi) **componentes epigénicos**: (tales como óxidos de hierro y manganeso), estos autores señalan en la fracción arena, la presencia de < 1% de *minerales pesados* siendo comunes los opacos (50%, magnetita, hematita e hidróxidos de hierro), y la hornblenda, con pequeñas cantidades de piroxenos y micas, siendo escasos el zircón, granate y apatita. Esto se corresponde en líneas generales con la composición mineralogía descripta en Gorina, La Plata, en la fracción arena muy fina por Blasi et al. (2001).

Morras (2003) estudia la **composición mineralógica de la fracción arena** (62-246 μm), en sedimentos loéssicos de la región Pampeana Norte (provincias de Buenos Aires, Santa Fe y Córdoba), seleccionando **cuatro parámetros** para caracterizarlos: i) *índice cuarzo/feldespatos* (plagioclásas+feldespatos potásicos) + *vidrio volcánico*; ii) % de *pesados totales*; iii) % de *piroxenos*; iv) % de *micas*.

Los campos de la UNLP se ubican en lo que denomina Morras (2003) área B, donde las proporciones serían: i) > 30 % de cuarzo/ (feldespatos + vidrios volcánicos); ii) < 1,2% de metales pesados; iii) < 16 % piroxenos (augita + hipersteno), y iv) < 7 % de micas (biotita + muscovita). Si bien este autor elige estos parámetros para distinguir regiones por su mineralogía, señala que Teruggi (1957) para estos sedimentos, señala que los *piroxenos* son casi tan abundantes como los anfíboles, derivando ambos de *vulcanitas*.

Se **concluye** en Morras (2003), que lo obtenido en su estudio, revela el **origen múltiple de los materiales** y sugieren una **gran complejidad de los procesos involucrados en el transporte y deposición de los sedimentos loéssicos superficiales** en la Pampa Norte, los cuales es coincidente con lo señalado por Scoppa y Di Giacomo (1998), y Blasi et al (2001). Asimismo, Morras (2003) destaca, que “la evidente **heterogeneidad composicional del material parental** de los suelos constituye un elemento fundamental a ser tenido en cuenta en la interpretación de los procesos de formación y diferenciación pedológica que han actuado en esta región”.

A lo señalado por estos autores, debe agregarse que **será diferente la forma en que inciden los flujos de agua subterránea**, así como, la lluvia que infiltra, y consecuentemente, la evolución temporo-espacial de los suelos.

2.3.3 Formación de suelos

No obstante, todo lo comentado precedentemente, puede indicarse en forma general, que el material parental de la mayoría de los suelos de la región pampeana pertenece a la **Fm Pampeana**, cuya parte superior está compuesta por un **sedimento loéssico** (Scoppa y Di Giacomo, 1998). Sin embargo, el sector correspondiente a los **campos de la UNLP** se incluye en la zonificación realizada por estos autores, en un sector que se extiende desde el norte de la Bahía de Samborombón hasta Mar Chiquita, en un ancho de no más de 40 km, donde se presentan **arcillas que son derivadas de sucesivas ingestiones y regresiones cuaternarias**, siendo estos los sedimentos dominantes. Esto es coincidente con lo señalado por Sánchez et al. (1976) respecto a la presencia de **depósitos fluvio-eólicos**.

De lo comentado en punto 2.3.1 se destaca a Pereyra y Tobi (2018) quienes indican que el **loess**, es un material inconsolidado tamaño limo, transportado por el viento, acumulado durante los períodos *más secos y fríos* asociados a los períodos glaciarios de la zona andina. Durante los

momentos de *mejor clima*, los depósitos de loess **se edafizaron**, reconociéndose en la actualidad la presencia de numerosos niveles de **paleosuelos** con *horizontes cárnicos (Ck)*, *petrocárnicos (Ckm)*, estos últimos correspondientes a calcretes o toscas, y *horizontes argílicos (Bt)* (Argiuidoles).

Los estudios regionales de mayor detalle son los realizados por el INTA en las **Cartas de Suelos escala 1:50000** (GeoINTA, 2018):

- Establecimiento **Don Joaquín** en la Hoja Oliden 3557-20-3, y el establecimiento **El Amanecer** en la Hoja Vieytes 3557-20-4.

A continuación, se describen; **unidades cartográficas, paisajes y tipos de suelos** en los establecimientos.

Establecimiento Don Joaquín

Se ubica mayoritariamente en la **unidad cartográfica Ech1**, en un paisaje de *planicie suavemente ondulada con microdepresiones*, constituida por la **Asociación** de suelos (capacidad de uso IVws) integrada por la **Serie Etcheverry Paleudol vertical**, fina, illítica, térmica y la **Serie Poblet Natracualf vertical**, fina, illítica, térmica (USDA-Soil Taxonomy 2010 en GeoINTA, 2018).

La Serie Etcheverry, es característica de ámbitos donde se definen diversos cursos de agua y arroyos tributarios del río Samborombón, ocupa el 80% de la unidad cartográfica en las **posiciones de lomas**. Se desarrolló a partir de sedimentos loéssicos franco limosos, no alcalinos, con pendientes de 0,5-1 %; siendo algo pobemente drenado, debido al escurrimiento medio, y permeabilidad lenta.

La Serie Poblet se ubica en las **microdepresiones** (20% de la Asociación), y es característica de los interfluvios de los ríos Salado y Samborombón, en posición de bajo. Este suelo también se desarrolló a partir de sedimentos loéssicos de origen eólico, siendo pobemente drenado, con fuerte alcalinidad sódica desde superficie y levemente salino.

En los **sectores más bajos**, se describen **dos grupos no diferenciados** en planicies anegables, inundables y plano cónicas, con capacidad de uso VIws y VIIws: i) **CoLM** que es un **Complejo de suelos hidromórficos** relacionado con la **serie Los Mochos (Natrancualf tipico)**, y ii) **CoAiAAb** que es un **Complejo de suelos alcalinos** asociados al arroyo Abascay.

La Asociación Ech1 ocupa en el establecimiento aproximadamente **298,5 ha** (70% superficie); **CoLM 84,2 ha** (20% superficie total), y **CoAiAAb 42 ha** (10% superficie total) (M Rowan, inédito). En Figura 2.8 se presentan las unidades cartográficas de suelos correspondientes a Don Joaquín en la Hoja Oliden, y en la Figura 2.9, sobre una imagen satelital del 2 de julio de 2013, se superponen las unidades cartográficas, con el apotreramiento actual y las curvas de nivel (F Carricaburu).

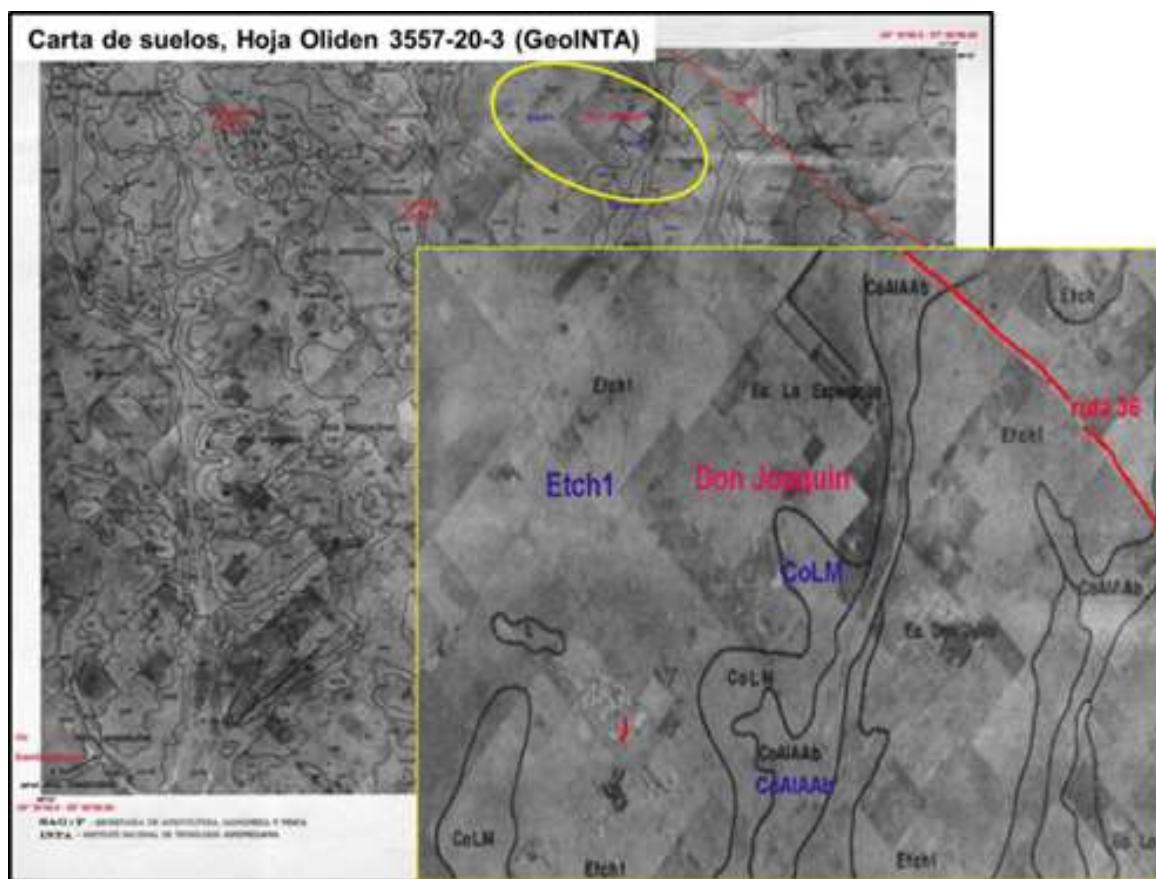


Figura 2.8 Carta de suelos, Hoja Oliden 3557-20-3 (GeoINTA, 2018), con detalle del sector del establecimiento Don Joaquín

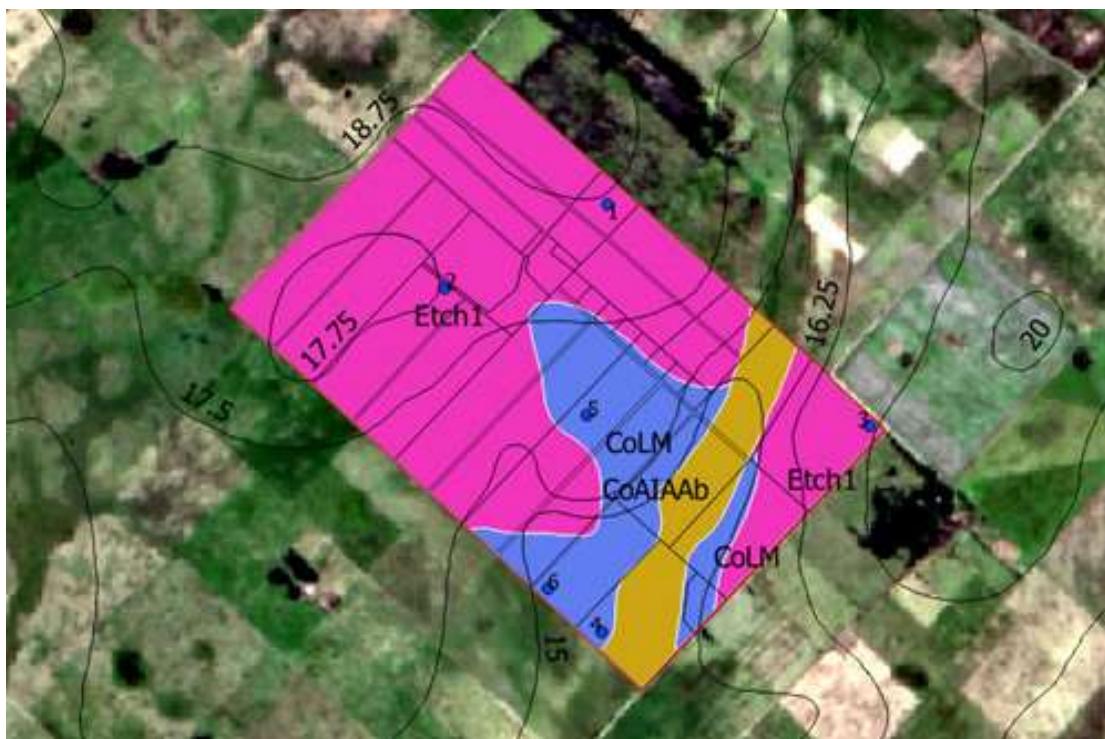


Figura 2.9 Unidades cartográficas en Don Joaquín descriptas por INTA (1:50000), apotreramiento actual, y curvas de nivel, en imagen del 2 de julio de 2013 (proc F Carricaburu)

Establecimiento El Amanecer

Se describen las siguientes unidades cartográficas: **Md** que es *un Complejo* constituido por 2 componentes taxonómicos, 60% **Serie Magdalena Paleudol** *vértico*, muy fina, illítica, térmica (USDA-Soil Taxonomy, 2010 en GeoINTA, 2018), y 40% **Serie Payró Epiquert** *típico*, fina, illítica, térmica (USDA- SoilTaxonomy, 2006 en GeoINTA, 2018). La unidad cartográfica **Pa**, es también un **Complejo** pero con proporciones inversas a la unidad Md, 60% Serie Payró y 40% Serie Magdalena, con capacidad de uso IVws).

Asimismo, se reconoce la unidad cartográfica **CoAIAAb**, que es *un Complejo de suelos alcalinos no diferenciados del Aº Abascay* (100%) (capacidad de uso VIIws), y **CoLM**, que es *un Complejo indiferenciado Los Mochos* (100%), dominado por **Natracualf** *típico* (capacidad de uso VIIws). En Figura 2.10 se presentan en una imagen satelital Landsat del 2 de julio de 2013, las unidades cartográficas del establecimiento El Amanecer, indicando las curvas de nivel. En la Figura 2.11 se presentan también las unidades cartográficas del establecimiento El Amanecer, pero en una imagen Landsat de Google Earth en perspectiva, de modo que se aprecia la forma de las curvas regionalmente y el patrón de distribución de **microdepresiones y microlomas**, con sectores con agua en superficie.



Figura 2.10 Unidades cartográficas descriptas por INTA (1:50000) en El Amanecer y curvas de nivel, en imagen del 2 de julio de 2013 (proc FCarricaburu)



Figura 2.11 Unidades cartográficas de El Amanecer en una imagen Landsat de Google Earth, visión con perspectiva

Si se analizan ambos establecimientos se aprecia en la descripción de los suelos por el INTA a escala 1:50000, una distribución de suelos que se corresponde en líneas generales con lo comentado precedentemente respecto al **patrón de escorrentíos** (Figuras 2.2 y 2.3). Así, las unidades cartográficas se encuentran mejor definidas en Don Joaquín, presentando la mayor parte del establecimiento una Asociación de suelos. Por el contrario, en El Amanecer sólo se describen Complejos de suelos. En los **ámbitos más bajos**, se describen para ambos establecimientos iguales Complejos (**CoAIAAb** y **CoLM**). Sobre los suelos que integran las otras unidades cartográficas, se destaca la presencia en ambos establecimientos del **suelo Paleudol vértico**. No se describe para El Amanecer un suelo sódico junto con este último suelo, tal como si se produce en Don Joaquín (Serie Poblet Natracualf vértico). Sin embargo, en base al **patrón irregular de suelos**, con *microdepresiones y microlomas, con Complejos alcalinos próximos, con hidromorfismo en todos los horizontes, y aumento del pH y del contenido de Na en profundidad*, en los perfiles modales, tanto de la Serie Magdalena **Paleudol vértico**, como de la Serie Payró **Epiquert típico**, permite indicar que existe a profundidad variable una **superficie freática** que incide de manera diferencial conforme el espesor de los suelos y materiales originales.

Respecto a la Serie Magdalena **Paleudol vértico**, se indica como limitante principal un drenaje, algo pobemente drenado, y peligro de anegamiento. Este suelo se desarrolló según Tricard (1973) (Carta INTA), a partir de sedimentos loéssicos finos del Postplatense, Postquerandinense y Pampeano Superior, ubicándose dentro de la **cuenca del Río Samborombón**, en la *Subregión Geomorfológica Llanura Marina de la Bahía de Samborombón*, con pendientes que no superan el 0-0,5%. Cabe destacar, que en la publicación original de la Carta de Suelos, este suelo fue clasificado como **Paleudol ácuico** según Soil Taxonomy (1975) (en GeoINTA, 2018).

La Serie Payró **Epiquert típico**, se ubica en un paisaje de planicies con bajos, entre el Río Samborombón y los arroyos con desagües directos al Río de la Plata, con relieve cóncavo, en posición de bajos o cubetas anegables, con pendiente de 0-0,5 %, formado sobre sedimentos “loéssicos”, no alcalino ni sódico. Se reconoce para este suelo un régimen de humedad ácuico, y se indica como principal limitante el drenaje, peligro de anegamiento y un Bt fuertemente textural.

Consecuentemente, por lo expuesto, puede indicarse que el manejo y las condiciones de clima, tanto local como de aquellas regiones vinculadas hidrológicamente, puede conducir a cambios en el régimen hídromorfológico de los suelos del presente estudio.

En Figuras 2.12 se presentan los dos establecimientos en una imagen de un año Lluvioso (octubre de 2018), y en la Figura y 2.13 en un año Muy Seco (febrero de 2022). En ambas imágenes se muestra un detalle de los establecimientos con las unidades cartográficas. Se aprecia principalmente en El Amanecer, el patrón irregular de distribución de suelos. El detalle sobre los suelos y el agua subterránea de Don Joaquín se presenta en el Capítulo 4, y sobre ambientes en el Capítulo 7.

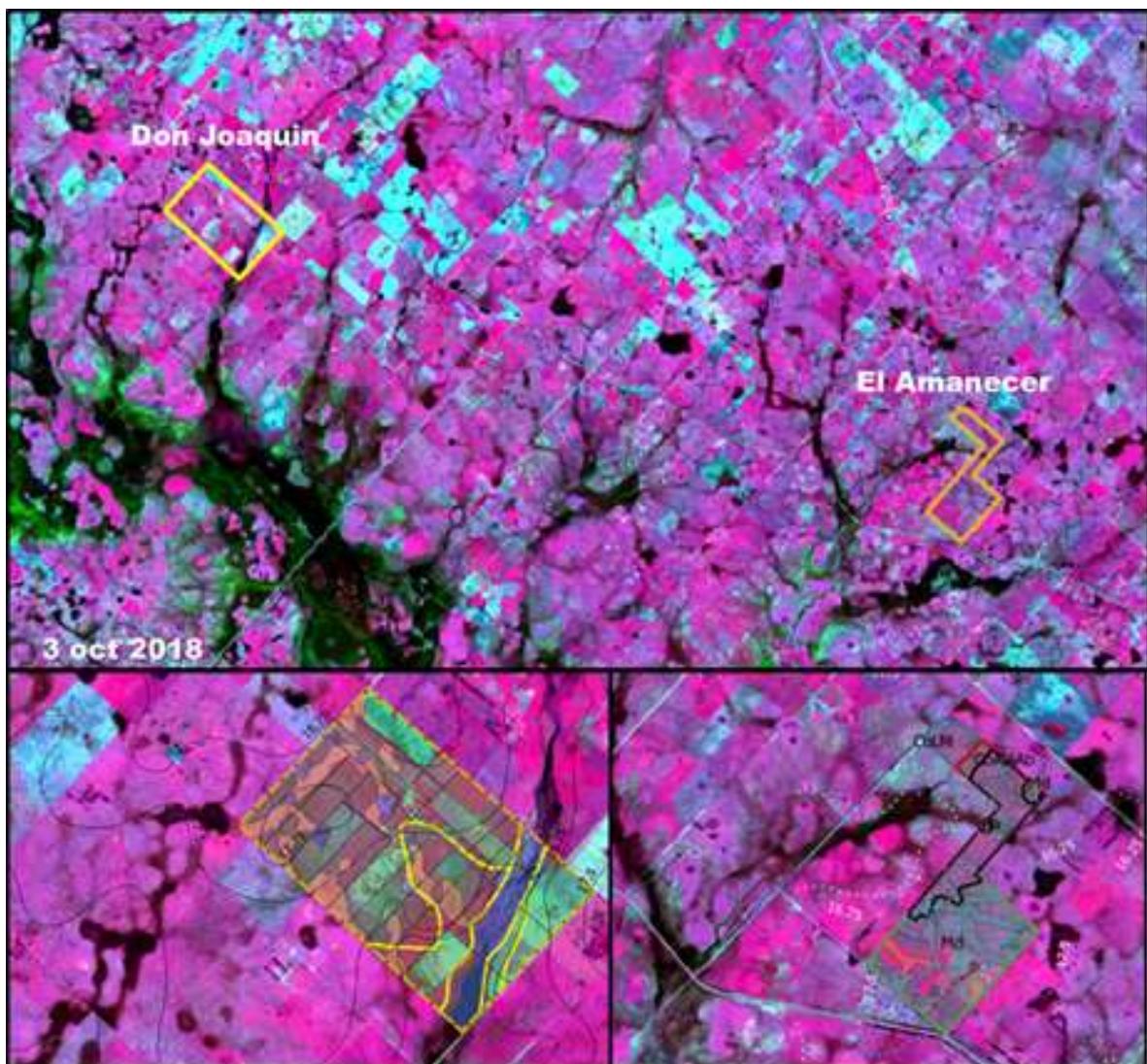


Figura 2.12 Ubicación de establecimientos en una imagen de octubre de 2018 año Lluvioso, con detalle de Don Joaquín (izq) y El Amanecer (der)

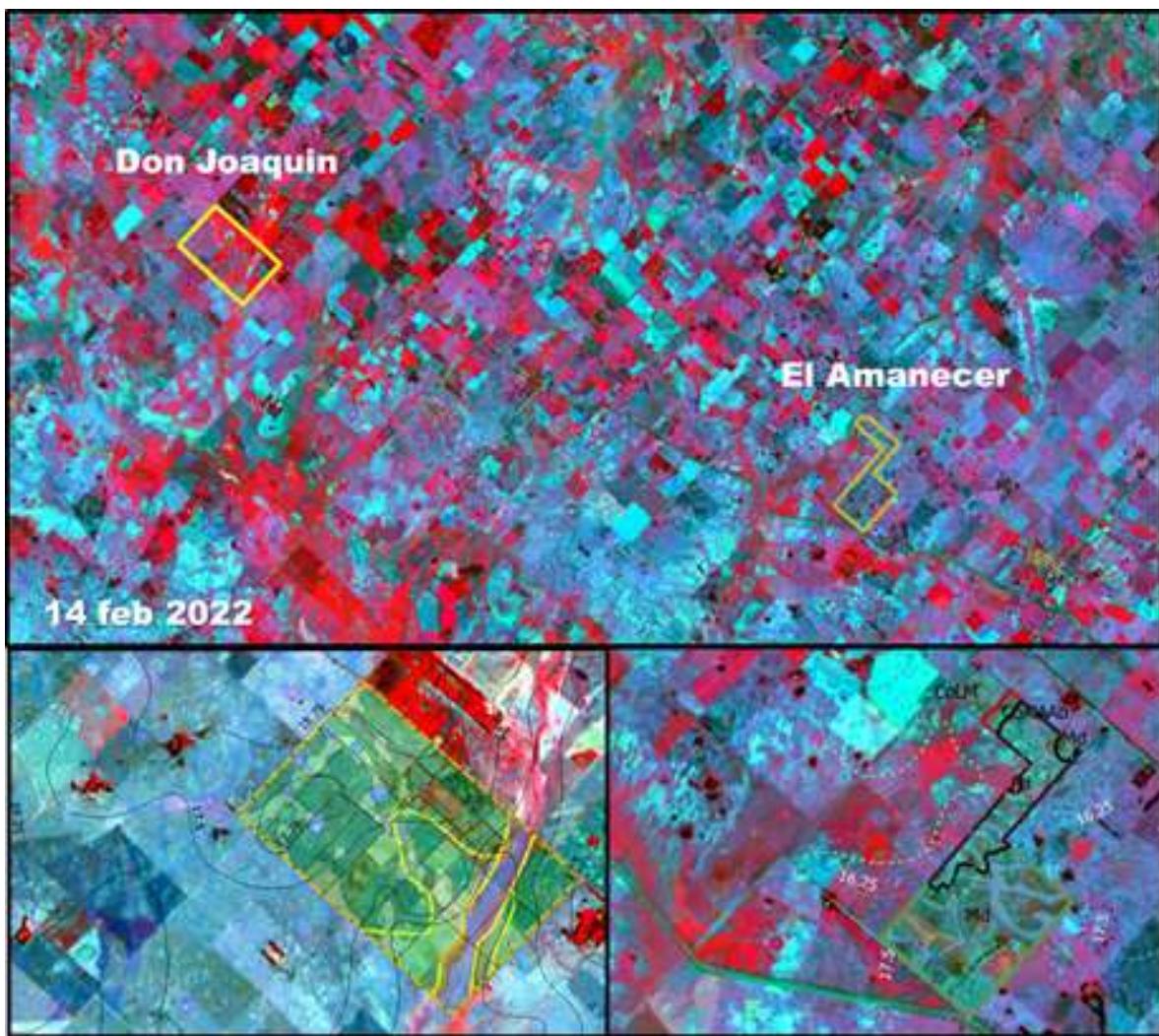


Figura 2.13 Ubicación de establecimientos en una imagen de febrero de 2022, año Muy Seco, con detalle de Don Joaquín (izq) y El Amanecer (der)

2.4 Sistemas productivos y Vegetación

En el Capítulo 3 se desarrolla en detalle los sistemas productivos, y en el Capítulo 6, la vegetación. En este punto se dan aspectos introductorios generales, a fin de completar la caracterización introductoria sobre los establecimientos. La información fue extraída del Aula Virtual del curso de Forrajiculura y Praticultura. FCAyFs, y por comunicación personal con Fernández y Rodríguez Guiñazú.

Establecimiento Don Joaquín: Tiene una superficie de 426 ha sobre las que se desarrollan actividades agrícolas y ganaderas. Las actividades productivas se realizan en cuatro sectores, y con dos tipos principales de sistemas productivos:

- i) *Sistema netamente agrícola*: trigo-soja de segunda-maíz- soja de primera sólo para alimento del ganado.
- ii) *Sistema mixto articulado con agricultura* en el sector de mejor calidad edáfica, con *pastura* de festuca y trébol rojo.
- iii) Pasturas con festuca con un planteo de rotación 4x1.
- iv) Sistema con *promoción de especies invernales*: *Lolium (ray-grass)*.

En este establecimiento se observa *estacionalmente y anualmente, cambios importantes en el resultado de los sistemas productivos agrícolas, pasturas y pastizales naturales*. Especialmente en el **ambiente de pastizales naturales**, se vincula a la **fluctuación de la superficie freática y/o ocurrencia de precipitaciones**, que conduce a cambios en la composición florística y en la aptitud productiva. Tal como se analiza en detalle en el Capítulo 4, el deterioro de los suelos y ambientes se hace evidente en muchos sectores asociado al suelo, clima y manejo.

En la Figura 2.14 se presenta en posición de **loma**, un cultivo de alfalfa con crecimiento irregular y sectores sin vegetación en septiembre de 2022 (año Muy Seco). En la Figura 2.15 se muestran sectores del **bajo** en octubre de 2015, año Lluvioso; y en la Figura 2.16 de septiembre de 2022, año Muy seco. En Capítulo 4 y 7, se desarrolla en detalle todos los aspectos de suelo, agua y ambientes.



Figura 2.14 Don Joaquín, alfalfa sector en buen estado y con denudación, septiembre de 2022



Figura 2.15 Don Joaquín en el bajo, octubre 2015, año Lluvioso



Figura 2.16 Don Joaquín en el bajo en septiembre 2022, año Muy Seco.

Establecimiento El Amanecer: Tiene una superficie total de 254 ha, estando en uso productivo 242 ha, este establecimiento realiza un sistema de **cría bovina y recría de vaquillonas** para servicio precoz. El objetivo general es lograr un ternero por vaca/ año con la mayor carga animal y menor pérdida posible. El *pastizal natural* es el principal recurso forrajero para la alimentación de las vacas, y un pequeño porcentaje se modifica o reemplaza para cubrir los requerimientos de las recrías y vaquillonas. La modificación está determinada por la promoción de la especie invernal forrajera *Lolium multiflorum* (raygras) y el reemplazo por las pasturas de *Festuca sp.* para generar recursos de mejor calidad nutricional que puedan cubrir los requerimientos de las categorías de terneras en recría y vaquillonas. Así, el pastizal natural representa un 80%, constituyendo la promoción de especies invernales un 8%, y las pasturas implantadas un 12%. De éstas últimas, el 4% se corresponde a implantación en 2015 de *Festuca*, *trébol blanco* y *Lotus*, y un 8% las mismas tres especies implantadas en 2019 (com. pers. Fernández y Rodríguez Guinazú).

En Figura 2.17 se presenta una vista general del ambiente de El Amanecer en abril de 2022, donde se aprecia la presencia de microlomas y microdepresiones, con detalle de la cobertura vegetal. En Figura 2.18 se presenta el detalle de una microdepresión con mayor deterioro del suelo. Se destaca que además de los aspectos vinculados al suelo, con alternantes condiciones hidrohalomórficas, existe un enmalezamiento con *Baccaris notosergila*, que produce una significativa disminución en la producción de carne. Esta situación puede revertirse cuando esta maleza es controlada. Estos aspectos son abordados en el Capítulo 3 y 6 sobre Producción y Vegetación respectivamente.



Figura 2.17 Vista general del ambiente de microlomas y microdepresiones en el El Amanecer en abril 2022, con detalle de la cobertura vegetal en diferentes sectores



Figura 2.18 Detalle del suelo y de la escasa cobertura vegetal en una microdepresión en el El Amanecer en abril 2022

Referencias

- Alconada Magliano, MA: y JW.Lanfranco (2020). El suelo en el paisaje. Parte 2 Condiciones de Abastecimiento. La Plata: Edulp. Recuperado de: <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/96774>
- Alconada Magliano; MA. (2017). Visita de Campo 2017. Curso Edafología, FCsAg y Fs, UNLP. Aula Virtual, y <https://docplayer.es/72622705-Visita-de-campo-establecimiento-don-joaquin-margarita-alconada-magliano.html>
- Atlas BA. (2020). *Atlas de Cuencas y Regiones hídricas-Ambientales de la Provincia de Buenos Aires. Etapa 1.* (2020) Disponible en: <https://www.minfra.gba.gov.ar/web/Hidraulica/Atlas.pdf>
- Bellati, JI, JF Barbagallo y LJ Sabella (1978). Recuperación de áreas deprimidas inundables mediante el ordenamiento y manejo racional del recurso hídrico en cuencas organizadas o módulos. IDIA 367-372: 100-121.
- Blasi A., MA Zárate y M Kemp. (2001). *Sedimentación y pedogénesis cuaternaria en el noreste de la pampa bonaerense: la localidad Gorina como caso de estudio.* Asociación Argentina de

- Sedimentología. 8 (1): 77-92. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/3817/381747740005.pdf>
- Bidegain, JC. y Y Rico. (2004). *Mineralogía magnética y registros de susceptibilidad en sedimentos cuaternarios de polaridad normal (Brunhes) y reversa (Matuyama) de la cantera de Juárez, provincia de Buenos Aires*. Revista de la Asoc. Geol. Arg. 59 (3): 451-461. Recuperado de: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-48222004000300010
- Burkart SE, MF Garbulsky, CM Ghersa, JP Guerschman, RJC León, M Oesterheld, JM Paruelo y SB Perelman (2005). Las comunidades potenciales del pastizal pampeano bonaerense. En Oesterheld, M., M Aguiar, C Ghersa y JM Paruelo (eds.). *La heterogeneidad de la vegetación de los agroecosistemas*: 379-399. Argentina: Editorial Facultad de Agronomía. Recuperado de: https://www.agro.uba.ar/users/garbulsk/pdfs/Burkart%20et%20al%20_%20202005.pdf
- GeoINTA (2018). Cartas de Suelo 1 50.000. Hoja Oliden: Recuperado de: <http://anterior.inta.gov.ar/suelos/cartas/3557/Magdalena/3557-20-3.htm>
- Morrás H. (2003). *Distribución y origen de sedimentos loessicos superficiales de la Pampa Norte en base a la mineralogía de arenas. Resultados preliminares*. Revista Asociación Argentina de Sedimentología V10 (1):53-64
- Recuperado de: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1853-63602003000100005
- Pereyra FX y MI Tobio. (2018) *Geomorfología de la Provincia de Buenos Aires*. Serie Contribuciones Técnicas Ordenamiento territorial N°10. Dirección de Geología Ambiental y Aplicada SEGEMAR Servicio Geológico-Minero Argentino. 92p. Recuperado de: <https://repositorio.segemar.gov.ar/handle/308849217/2776;jsessionid=86A06DBE3B4A696CDF5915C2E3C36E9D>
- Scoppa, CO y RM Di Giacomo. (1998). *Edafogénesis pampeana*. Anales de la ANAV; tomo LII: 7-38. Recuperado de: <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/30629>
- SAGyP-INTA. (1989). *Mapa de suelos, Provincia de Buenos Aires. Escala 1:500.000*. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca - Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.. 525p.
- Sánchez R, OA Duymovich; MA Hurtado. (1976). *Estudio pedológico integral de los partidos de Magdalena y Brandsen (Provincia de Buenos Aires)*. Instituto de Geomorfología y Suelos (UNLP). Recuperado de: https://digital.cic.gba.gob.ar/bitstream/handle/11746/605/11746_605.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Teruggi, ME y P Imbellone. (1988). *Paleosuelos de la Región Pampeana*. Actas Jornadas de Suelos de la Región Pampeana, La Plata: 39-62.
- Torri. EP. (2011). *Ameghino y la estratigrafía pampeana un siglo después*. Publicación Electrónica de la Asociación Paleontológica Argentina. 12 (1): 69-79. Recuperado de: <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/115940>

CAPÍTULO 3

Sistemas productivos de los campos Don Joaquín y El Amanecer

Federico Fernández, Adrián Rodríguez Guiñazú y Jorge Delgado Caffé

En este capítulo se presentan los objetivos, historia, caracterización de los sistemas productivos, e información generada en los esquemas productivos de los establecimientos El Amanecer y Don Joaquín.

-MARGARITA ALCONADA,
Campos de la UNLP

3.1 Los campos de la UNLP

Antes de comenzar con el desarrollo de las actividades productivas y las prácticas de manejo implementadas en los establecimientos El Amanecer y Don Joaquín, es necesario mencionar que los objetivos de los campos es el desarrollo de docencia, investigación y extensión a partir de sistemas productivos reales, representativos a la zona de influencia de la Universidad Nacional de La Plata, autofinanciados y sustentables. Desde nuestra visión deben ser:

- *representativos* para que los/as estudiantes articulen los aprendizajes teóricos adquiridos en las aulas con prácticas reales a campo y obtengan experiencias para su futuro desarrollo profesional;
- *autofinanciados* porque permite trabajar en un marco real desde el punto de vista económico y financiero; y
- *sustentables* porque son sistemas que deben mantenerse en el tiempo desde el punto de vista ambiental, social y económico.

El funcionamiento de los campos en el contexto descripto permite que los/as estudiantes adquieran herramientas, habilidades prácticas y experiencias en distintas etapas del desarrollo de su carrera. A su vez, los/as docentes realizan mediciones en distintas variables sobre el funcionamiento del sistema con interés científico, académico y productivo. Asimismo, mediante visitas específicas o jornadas abiertas se genera la articulación y vinculación con productores/as, profesionales e instituciones nacionales e internacionales. De esta manera se genera el desarrollo de las tres funcionales principales de la Universidad.

El objetivo de este capítulo del libro es difundir parte de la información generada en los sistemas productivo de los establecimientos El Amanecer y Don Joaquín.

3.2 Establecimiento El Amanecer

3.2.1 Historia

El establecimiento fue comprado en diciembre de 1997 por la UNLP. El rodeo comenzó a formarse en octubre de 1998 con la compra de 49 vacas con cría al pie. En noviembre de ese mismo año se compraron 25 vaquillonas, en 1999 se compraron 40 vaquillonas listas para servicio y en julio de 2000 se incorporaron 35 terneras de destete para recriar y servir ese año. A partir de ese momento el crecimiento y reposición del rodeo fue establecido a partir de la propia producción. Respecto de los reproductores machos se compraron tres toros en los años 1999, 2001 y 2002.

El establecimiento El Amanecer se encuentra ubicado al oeste de la localidad de Vieytes, Magdalena, Buenos Aires sobre la Ruta N°36 en el kilómetro 105. Su clima es templado-húmedo, las precipitaciones promedio son 965 mm anuales distribuidas más o menos uniformes durante todo el año y la temperatura media promedio mensual es de 15°C. La superficie total es de 254 ha y la superficie productiva son 242 ha en las cuales se desarrolla el sistema productivo de cría bovina con recria de hembras para reposición interna con servicio de 15 meses de edad promedio.

3.2.2 Suelos

Los suelos descriptos en las Cartas de suelo escala 1:500000 (SAGyP-INTA, 1989), y escala 1:50000 del INTA (GeoINTA), para este establecimiento, se indican en el Capítulo 2 del presente libro. En este apartado se presenta la información generada por el Ing. Agr. Jorge Lanfranco del curso de Edafología de la FCAYF, UNLP (inédito), sobre los suelos de El Amanecer (Figura 3.1).

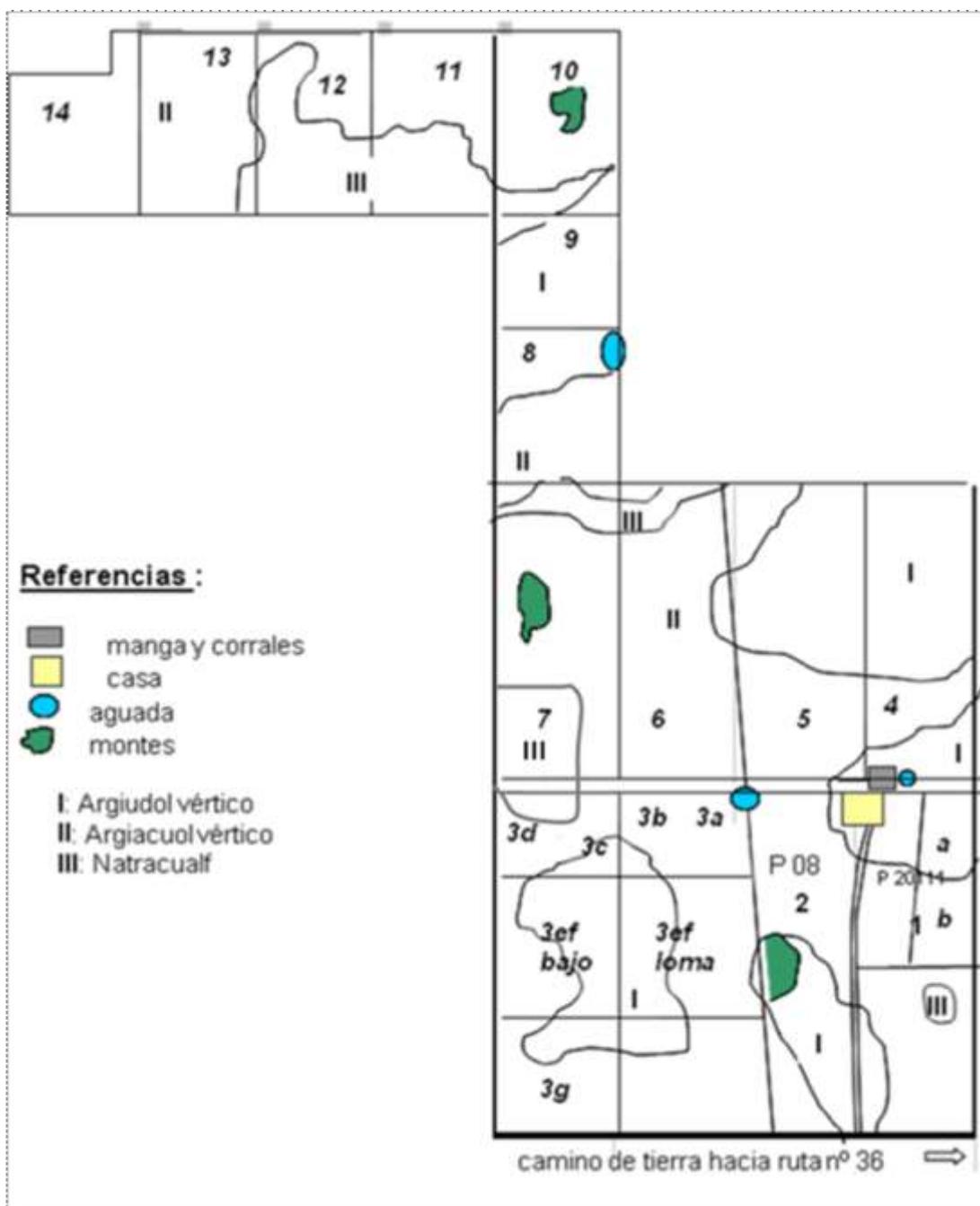


Figura 3.1 Croquis del establecimiento El Amanecer con los principales suelos en los distintos lotes

En esta figura se indican los principales tipos de suelos, que se indican a continuación:

Suelo I: Es un suelo oscuro, poco profundo y bien drenado que domina en las lomas extendidas planas, con suaves pendientes de aproximadamente 0,1%, clasificado como **Argiudol vértico**. El horizonte A tiene 15 cm. de espesor, textura franco limosa y estructura granular fuerte, siendo color pardo oscuro en húmedo. Subsuperficialmente, en forma abrupta se reconocen horizontes arcillosos, Bt1 y Bt2, extend ndose desde los 15 cm. a los 63 cm de profundidad. La vegetación asociada con

cobertura del 100 % al momento de la identificación del suelo fue: *Paspalum dilatatum*, *Stipa charruana* y *Stenothaphrum secundatum*. Son suelos que poseen buena capacidad de retención de agua y bajo un manejo adecuado podrían tener uso agrícola.

Suelo II: Es un suelo profundo, pobemente drenado, que domina en los tendidos con micro relieves anegables (charcos y cañadones); con pendientes inferiores al 0,1 %, clasificado como ***Argiacuol* vértico**. El horizonte A tiene 15 cm de espesor, textura franco-limosa y color pardo grisáceo muy oscuro. Están bien provistos en materia orgánica y poseen abundantes raíces, siendo su estructura de tipo granular. En la base del horizonte se observan algunos rasgos de hidromorfismo como moteados. Se encuentra asociado a una vegetación con 100% de cobertura, donde predominan: *Leersia hexandra*, *Lotus tenuis*, *Cyperus* sp.

Suelo III: Es un suelo que ocupa las áreas bajas ubicadas en cañadones y cubetas; con pendientes inferiores al 0,1%, clasificado como ***Natracualf* típico**, con reacción alcalina desde superficie y drenaje muy lento. El horizonte superficial (8 cm.) es suelto y disperso (carece de estructura), y sus partículas finas están en suspensión en el agua que anega, que al evaporarse genera películas (costras) que impiden la normal emergencia de las plantas. La cobertura vegetal es baja, dominada por *Chloris berroi*, *Distichlis* sp, *Sporobolus pyramidatus*, y *Nostoc commune*.

3.2.3 Potencial pastura: estructura forrajera, fertilización y suplementación

Se define como potencial pastura a la máxima capacidad de los recursos forrajeros para proveer nutrientes en un área determinada (Viglizzo, 1981). La estructura forrajera son los recursos forrajeros (naturales o implantados) que son consumidos por el animal sin tener ningún tipo de transformación física o química. Es la principal fuente de alimento del ganado bovino en el establecimiento El Amanecer, conformada por pastizal natural, promoción de especies invernales y pasturas base festuca. En la Figura 3.2 y 3.3 se observa la superficie de cada recurso forrajero y los porcentajes de ocupación en función de la superficie productiva del campo respectivamente, correspondientes al año 2024. La fertilización es utilizada en la implantación de pasturas y en la promoción de especies invernales, con dosis y tipo ajustado a la información provista por análisis químico de suelo. La suplementación, es utilizada estratégicamente en años con variación climática que reduce la productividad primaria neta aérea de los recursos naturales.

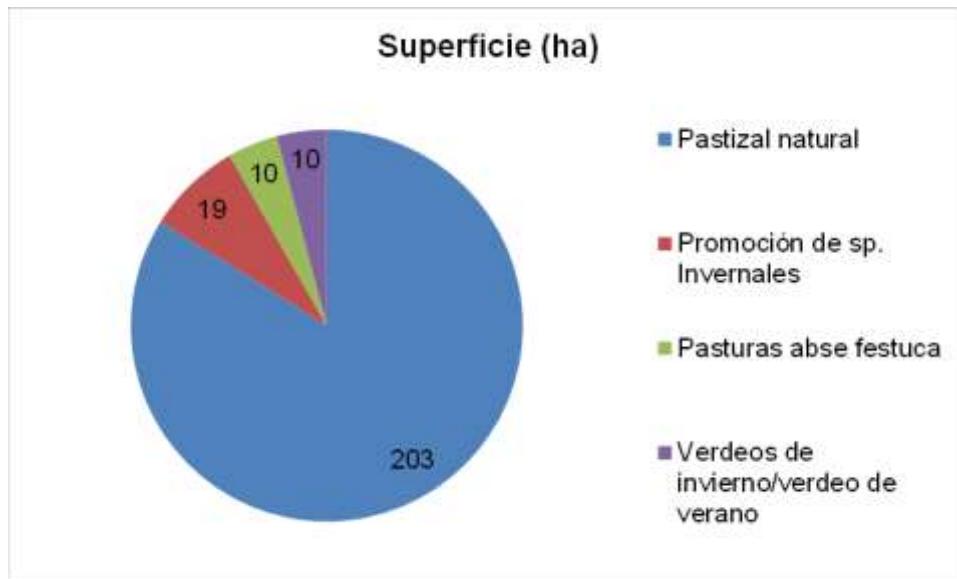


Figura 3.2 Superficie expresada en hectáreas (ha) de los recursos forrajeros del establecimiento El Amanecer

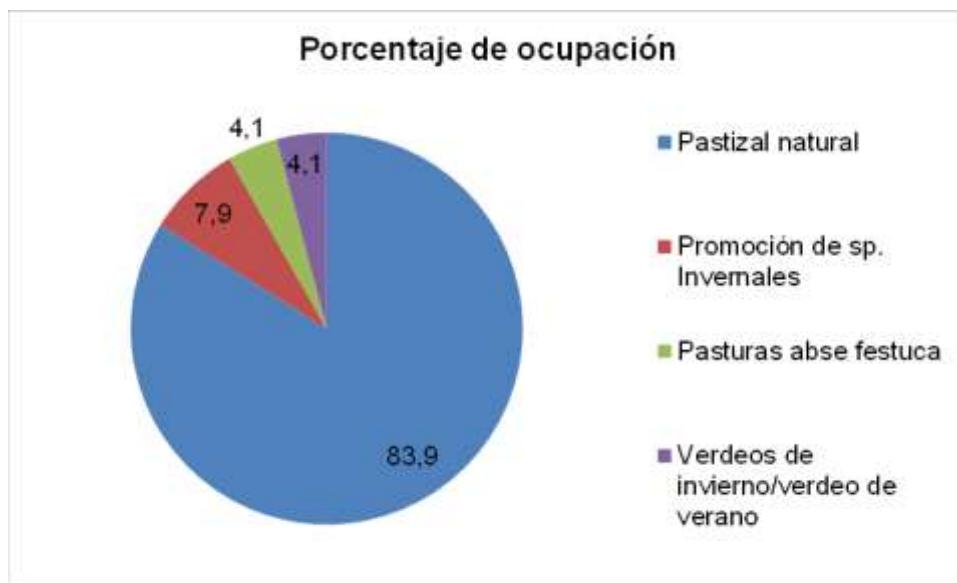


Figura 3.3 Porcentaje de ocupación de cada recurso forrajero en función de la superficie útil del establecimiento El Amanecer

El método de pastoreo para la utilización de los recursos forrajeros (pastizal natural y pasturas base festuca) es rotativo con control en el momento de ingreso, tiempo de permanencia, intensidad de pastoreo y tiempo de descanso. Las promociones de especies invernales son utilizadas con el método de pastoreo continuo controlado. Se realiza una asignación diferencial de los recursos forrajeros en función de la categoría animal.

3.2.4 Potencial animal: genética, carga animal, relación animales productivos/animales totales

El potencial animal es la máxima capacidad de una población animal para producir en un área determinada (Viglizzo, 1981). La genética utilizada es Angus negro y colorado. La relación animales productivos/animales totales (definidos por distintos índices como el porcentaje de preñez, porcentaje de destete), el peso promedio de terneros/as al destete, la carga animal (número de animales por unidad de superficie, calculada en función de los requerimientos definidos por Cocimano (1975) y la productividad secundaria se adjunta en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1 Parámetros del potencial animal y productividad secundaria promedio durante el periodo 2005-2023 del establecimiento El Amanecer

Parámetros	Servicio 2005-2023	
	Promedio	Desvío Standard
% de preñez	90,4	5,1
% de destete	81,9	5,8
Peso al destete (kg)	167,0	12,6
Carga animal (EV/ha)	0,9	0,1
Productividad (kg carne/ha/año)	130,9	19,3

3.2.5 Manejo del rodeo

Los criterios de selección de las vaquillonas (peso adulto de vientres, precocidad en toros) siguen el plan de mejoramiento genético (Breedplan) a cargo de la UNLP, teniendo en cuenta el tamaño moderado de animal (Frame score 3 - 3,5), el peso de vaca adulta de 400 a 450 kg, docilidad, facilidad de engrasamiento, bajo peso al nacer, y fertilidad. La inseminación artificial se realiza para vaquillonas el 15 de octubre y para vacas el 30 de octubre. Los toros entran en servicio (para repaso) la primera semana de noviembre y se termina el servicio el 31 de enero (3 meses de servicio). Se realiza ecografía a los 35 días de la IATF para diagnosticar preñez por inseminación; y se efectúa tacto rectal a los 60 días de retirados los toros. Se mide la condición corporal (escala de 1-5) en el parto, pre-servicio, fin de servicio y destete. La categoría de vientres adultos pastorea el pastizal natural, y las vaquillonas preñadas de 1º y 2º servicio pastorean los mejores lotes de pastizal natural (enero y febrero), pasturas base festuca y promoción de especies invernales (lotes 1, 2 y 3, Figura

3.1). Las terneras en recría utilizan promoción de especies invernales (lote 3a, b, ef loma, Figura 3.1) y la pastura de festuca y trébol blanco.

El manejo sanitario comprende la certificación anual de establecimiento libre de brucelosis y tuberculosis. Vacunaciones obligatorias con Aftosa dos veces al año, brucelosis a las hembras entre los 3 y 8 meses de edad. Vacuna reproductiva contra enfermedades venéreas y leptospira. Vacuna en terneros contra mancha, gangrena gaseosa y enterotoxemia. Control de parásitos mediante lectura de HPG (Huevos Por Gramo) en materia fecal y desparasitaciones estratégicas en las recrías para control de parásitos gastrointestinales.

Todos los años se seleccionan toritos para ser criados en el campo Don Joaquín hasta los dos años de vida para luego ser vendidos como reproductores. Esto mantiene el vínculo con productores zonales que todos los años compran la genética de El Amanecer para ser usada en sus rodeos de cría bovina.

3.2.6 Prácticas de manejo implementadas

En funcionamiento del establecimiento El Amanecer está sustentada por tecnologías de procesos y se utilizan tecnologías de insumos de forma estratégica para potenciar su funcionamiento. A continuación, se describen en general algunas de ellas, y en Anexo A se adjunta el listado de trabajo final de carrera y publicaciones científicas para interés del/la lector/a para su profundización.

3.2.6.1 Estructura y funcionamiento de los recursos forrajeros

La **estructura** puede ser caracterizada por una lista de especies o grupos de especies, así como por la descripción de su distribución vertical y horizontal. El establecimiento presenta un mapeo de las comunidades vegetales potenciales generado por Vecchio (2006) (ver Capítulo 6), en el cual se provee la información de la ubicación y superficie presente de cada una de ellas en el sector del pastizal natural. A partir de esta información, se generó una mayor subdivisión por lotes en función de la comunidad vegetal que prevalece. Las comunidades vegetales presentes son: *pradera húmeda de mesófitas* (70% de la superficie del pastizal), *estepa de halófitas* (15%) y *pradera de hidrófitas* (15%). Esta tecnología de proceso permite calcular la receptividad ganadera a nivel de lote (Vecchio et al., 2008) y del sector del pastizal natural, la confección del balance forrajero, e implementar el pastoreo rotativo controlado. En el establecimiento El Amanecer, se realiza la evaluación de las comunidades vegetales del pastizal natural en las cuatro estaciones del año, implementando distintas metodologías (Fernández et al., 2021). Asimismo, se han evaluado el efecto de la carga animal y los cambios florísticos en la promoción de especies invernales (Oyhamburu et al., 2012). Esta información es importante para evaluar el estado de salud del recurso forrajero y generar ajustes en su funcionamiento (tasa de crecimiento).

La **productividad primaria neta aérea** (PPNA) se define como el balance entre el carbono fijado por fotosíntesis y el carbono perdido por la planta en la respiración o como la tasa de fijación de energía por unidad de tiempo y de área. Se expresa en unidades de peso o de energía y representa el mayor ingreso de carbono y energía en los ecosistemas (Sala y Austin, 2000). En el campo, se han realizado estimaciones de la PPNA con cortes las distintas comunidades vegetales en diferentes años. Desde el 2015, se ha comenzado a estimar a partir de la utilización de imágenes satelitales. En las Figuras 3.4, 3.5 y 3.6 se adjuntan las PPNA promedio por lote, promedio anual y estacional correspondientes al pastizal natural (Bonfiglio, 2020). Se observa una gran variabilidad. Esta información es utilizada para realizar el *balance forrajero*, *calcular la receptividad ganadera*, *generar información de la PPNA de los recursos forrajeros y su relación con variables climáticas* y *generar modelos predictivos de PPNA* (Fernández et al., 2022).

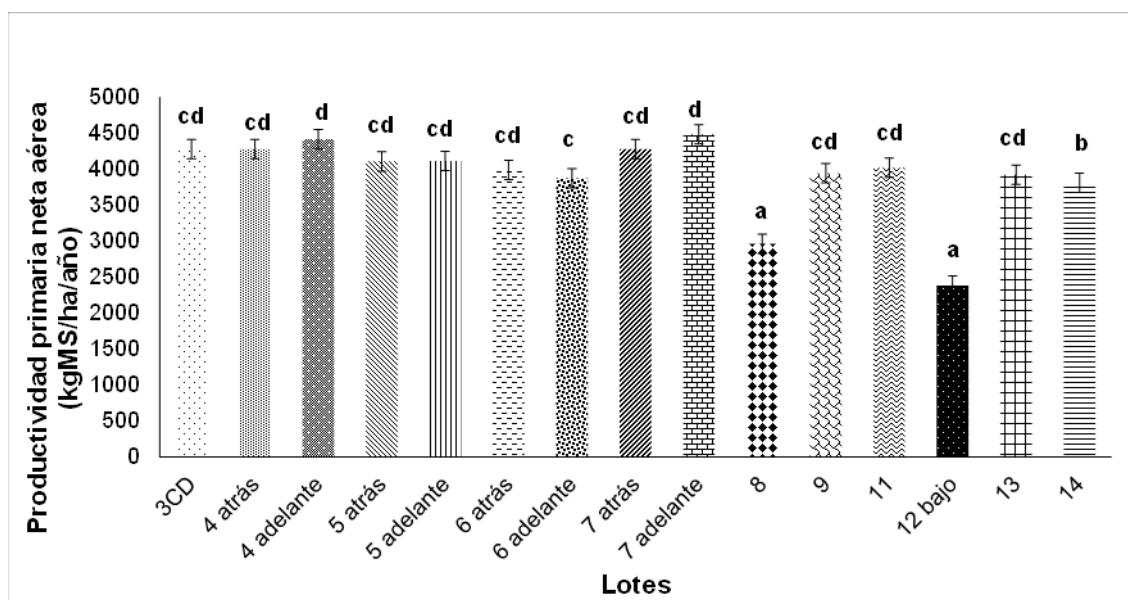


Figura 3.4 Productividad primaria neta aérea anual promedio (desde el 2000 al 2020) expresada en kgMS $ha^{-1}año^{-1}$ en función de lotes analizados. Letras diferentes (ordenadas en forma creciente desde la media más baja hacia la más alta: a-b-c-d) indican diferencias significativas ($p<0,05$)

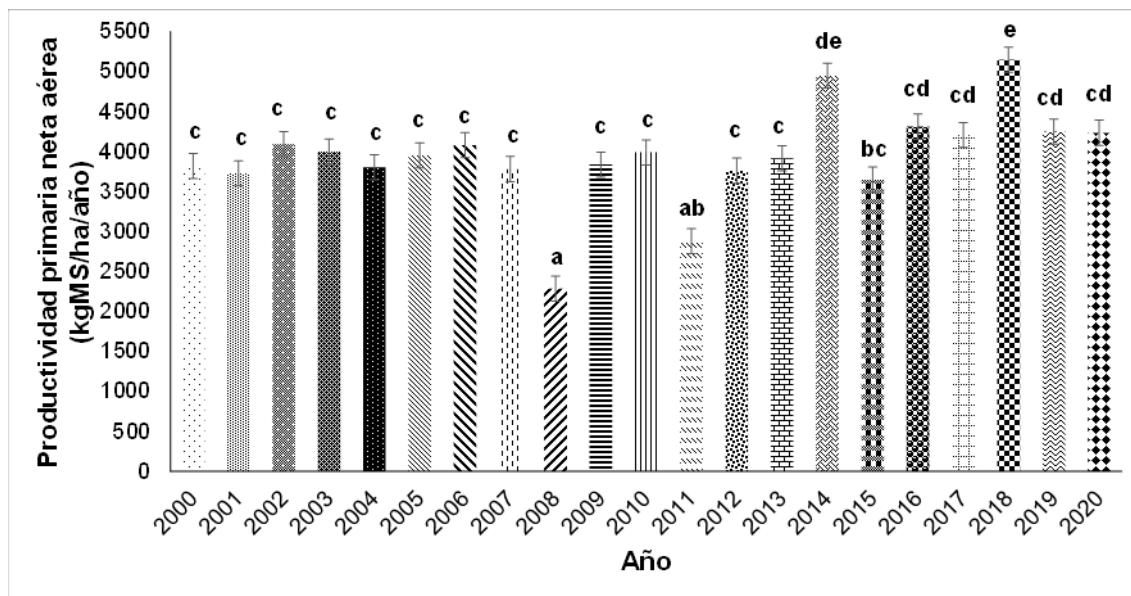


Figura 3.5 Productividad primaria neta aérea anual promedio del pastizal, expresada en kgMS $\text{ha}^{-1}\text{año}^{-1}$ en función de los años analizados. Letras diferentes (ordenadas en forma creciente desde la media más baja hacia la más alta: a-b-c-d-e) indican diferencias significativas ($p<0,05$)

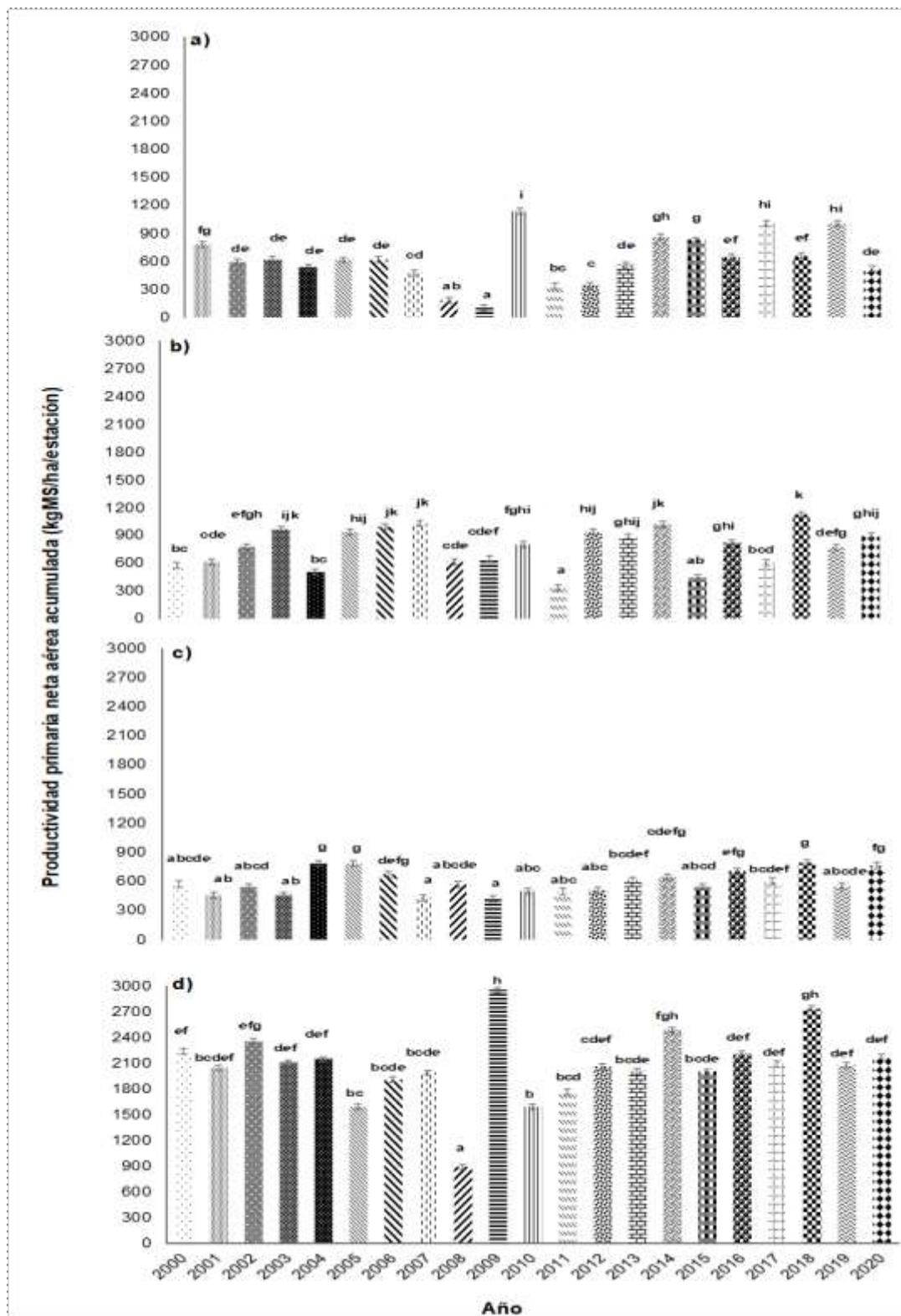


Figura 3.6 Productividad primaria neta aérea anual promedio acumulada del pastizal, expresada en kgMS ha^{-1} para las distintas estaciones del año a) verano, b) otoño, c) invierno, d) primavera; en

función de los años analizados. Letras diferentes (ordenadas en forma creciente desde la media más baja hacia la más alta: a-b-c-d-e-f-g-h-i) indican diferencias significativas ($p<0,05$)

3.2.6.2 Planificación forrajera

La planificación forrajera es un procedimiento que se utiliza para proyectar los recursos forrajeros y su utilización, en el espacio y en el tiempo, en función del objetivo y la sustentabilidad de la unidad de producción. Para generar un procedimiento integral de la empresa se la debe articular con el área de administración agraria. La planificación forrajera se organiza en etapas íntimamente relacionadas que buscan alcanzar el equilibrio entre el potencial pastura y el potencial animal. La productividad secundaria y la eficiencia de los sistemas pastoriles, son el resultado directo del equilibrio dinámico que mantienen los dos potenciales, por lo que es necesario aplicar la **práctica profesional de la planificación forrajera**, con el fin de mejorar el funcionamiento y los resultados de los sistemas productivos.

Una de las herramientas utilizadas en la etapa de recopilación de la información del establecimiento, su posterior análisis y diagnóstico, son los *balances forrajeros*. En el establecimiento se realiza anualmente el **balance forrajero potencial** (BFP) y **actual** (BFA). El BFP compara la oferta forrajera potencial con la demanda forrajera. Los datos para calcular la **oferta** son: los *recursos forrajeros, su superficie, cadena de pastoreo, tasa de crecimiento* (expresada en $\text{kgMS ha}^{-1}\text{día}^{-1}$) e *índice de cosecha*, y para calcular la **demand**a se necesita el *número de animales por cada categoría, requerimientos nutricionales y dinámica del rodeo*. En cambio, el **balance forrajero actual** compara la oferta forrajera actual con la demanda forrajera. Se utiliza la misma información que en el BFP, con ajustes en función de la cadena de pastoreo, composición florística, fertilización u otra información diferencial. Se realizan BFP y BFA general del campo, BFP y BFA del sector de recria y vaquillonas, y BFP y BFA del sector de vacas multíparas.

3.2.6.3 Pastoreo rotativo controlado: pastizal natural y pastura base festuca

Las variables que se controlan para su implementación son el *momento de ingreso, el tiempo de permanencia, la intensidad de pastoreo y el tiempo de descanso*. Su monitoreo e implementación correcta, contribuye a preservar la estructura y el funcionamiento de los recursos forrajeros. A continuación, se describen cada una de ellas y su implementación en el establecimiento:

El *momento de ingreso* se evalúa a partir de evaluar la disponibilidad forrajera (kgMS ha^{-1}). Para ello se realizan calibraciones mediante un doble muestreo que involucra la medición de altura comprimida de un pasturómetro con cortes al ras del suelo con tijera (Fernández et al., 2022). Se realizan calibraciones en cada estación del año, en las tres comunidades vegetales (en el caso de la *pradera húmeda de mesófitas* se realiza en el espacio intermata de *Stipa charruana*) y en la pastura de festuca. De manera quincenal se realizan lecturas con pasturómetro por todos los lotes para diseñar el circuito de pastoreo. La disponibilidad objetivo es entre 1200 a 1500 kgMS ha^{-1} .

El *tiempo de permanencia* es variable para las estaciones del año en función la disponibilidad, el número de animales, y de la tasa de crecimiento de la comunidad vegetal predominante en cada lote y de la pastura base festuca. En el *pastizal*, los tiempos de permanencia aproximados en invierno son entre 3 a 15 días, y en el resto de las estaciones no es mayor a 5 días para evitar el consumo de rebrotes de las especies de valor forrajero. La carga animal instantánea es entre 10 a 12 animales/ha. En la *pastura base festuca*, los tiempos de permanencia de la parcela de pastoreo no es mayor a 3 días. La carga animal instantánea es entre 40-60 animales/ha.

La *intensidad de pastoreo* es dejando área foliar remanente con una altura promedio entre 8 a 10 centímetros en ambos recursos. Esta altura puede variar en algunas situaciones, por ejemplo, a fines del verano, en tres lotes con predominio de la comunidad vegetal *pradera húmeda de mesófitas*, se realiza una mayor intensidad de pastoreo dejando una altura promedio del tapiz vegetal entre 3 a 5 cm. El propósito es promover el rebrote de gramíneas de crecimiento otoño-invierno-primavera (OIP) como *Stipa charruana* y *Piptochaetium bicolor*, y la germinación y establecimiento de anuales como *Lolium multiflorum*, *Gaudinia fragilis* y *Bromus catharticus*, *Bromus mollis*. Estos lotes permanecen en descanso 120 días hasta el momento de parición (principio de agosto) con el fin de acumular forraje en cantidad y calidad para cubrir los requerimientos de los animales, evitar la extensión del puerperio por causas nutricionales y promover su preñez en el primer mes de servicio. Otro ejemplo de variación de la altura es en primavera, momento en el cual la oferta de forraje es mayor a la demanda del rodeo. Es este momento se deja área foliar remante entre 12 a 15 cm, para favorecer la generación de semillas de especies de valor forrajero (sobre todo de las OIP anuales) y la selección de los animales para cubrir sus requerimientos nutricionales. En la *pastura base festuca* hay dos momentos que se realiza un pastoreo con mayor intensidad (área foliar remante menor a 5 cm), uno es en principio de marzo con el fin de favorecer el macollaje de la festuca y el otro momento es a mediados de julio al que se le suma los objetivos de controlar tempranamente la floración y reducir el período de dominancia apical.

El *tiempo de descanso* está en función de la tasa de crecimiento por lo que es variable en función de la *comunidad vegetal*, *la estación del año y de las variables climáticas*. En primavera, el tiempo de descanso es entre 30-45 días, en verano entre 45-90 días, en otoño de 35 a 60 días y en invierno entre 60 y 120 días. En la comunidad de *estepa de halófitas* y *pradera de hidrófita* se genera un descanso estratégico desde febrero a mayo para la semillazón de las especies. Luego, si la condición de piso (humedad) es adecuada, se pastorea el forraje acumulado con las vacas multiparas preñadas y secas.

3.2.6.4 Promoción de especies forrajeras invernales. Servicio precoz en vaquillonas

Las promociones de especies forrajeras invernales, llamadas “*promociones de raigrás anual*” es una práctica difundida en la Cuenca del Salado y contribuyen a aumentar la producción invernal de forrajes que, al ser aprovechadas en pastoreo directo por las categorías más jóvenes, mejora la producción bovina con escaso costo (Tomassone, 2004; Fernández Grecco, 2005; Diez de Ulzurrun,

2011; De la Vega y Baillares, 2014). El uso de las promociones de raigrás, cuando se destinan a la recría de las hembras de reposición, impacta en la eficiencia global del rodeo al anticipar la incorporación de vientres a la producción de terneros, permitiendo el “entore precoz”, que es la práctica del primer apareamiento a los 13-15 meses de edad. Este anticipo, reduce los costos y los riesgos inherentes a un largo período de recría, como el observado en la gran mayoría de las empresas que realizan el primer entore en el tercer año de vida de las vaquillonas; y de modo potencial, aumenta el número de terneros logrables en la vida útil de un vientre (Nicol y Nicoll, 1987; Carrillo, 2001). Las hembras recriadas deben alcanzar al inicio del servicio, dos tercios del peso adulto para lograr índices de preñez próximos al 90 % (Albaugh y Strong, 1972), y para ello entre el destete y el servicio deben consumir forraje de 65-70 % de digestibilidad y no menos de 10 % de proteína bruta (Rovira, 1997).

Las *promociones de especies forrajeras invernales* se pueden realizar por distintas metodologías como pastoreo intenso a finales de verano, desmalezado o aplicación de herbicidas sistémicos. En el establecimiento se evaluaron estas metodologías (Oyhamburu et al., 2000), y por los resultados alcanzados en productividad primaria neta aérea y momento de primer pastoreo, se optó por promover las especies forrajeras invernales de forma química con la aplicación de herbicidas sistémicos. En el anexo I se podrán visualizar los distintos trabajos generados en más de 20 años de investigación, en el que se evaluaron diferentes métodos de pastoreo, distinta carga animal, pastoreo con y sin suplementación, entre otros tratamientos.

3.2.6.5 Servicio estacionado. Destete a tiempo fijo

En un rodeo ordenado es fundamental **estacionar el servicio** en la época de mayor oferta forrajera (Carrillo, 2001). Para ello es importante conocer cuáles son los recursos forrajeros, su superficie y su dinámica, y comparar con los requerimientos de los animales. Una herramienta útil para su comparación es el *balance forrajero*. En el establecimiento El Amanecer el servicio se realiza en tres meses en función del cumplimiento del *objetivo de producción* que es obtener *un ternero por vaca en un año*, estacionado en noviembre, diciembre y enero. Se tomó la decisión de estos meses en particular, por la dinámica del principal recurso forrajero que es el pastizal natural. El **destete** es a tiempo fijo, comúnmente a fines de febrero con el fin de reducir los requerimientos del rodeo, mejorar la condición corporal de los animales en el otoño (momento en el cual se genera un pico de producción forrajera) para garantizar que los animales lleguen al **momento del parto** en condición corporal 3 (escala de 1 a 5). Este momento se puede anticipar o retrasar en función de la disponibilidad forrajera, de su calidad, y de la condición corporal de los animales. En el establecimiento el mes promedio de la realización es a fin de febrero/principio de marzo.

3.2.6.6 Evaluación genética

Desde el 2003 el campo utiliza el **BreedPlan Angus Argentino** como herramienta de *selección genética*; con el objetivo de un *animal fértil y de tamaño moderado* que pueda cubrir sus

requerimientos nutricionales con *pastizal natural* como principal recurso forrajero. El BreedPlan es un moderno sistema de evaluación genética para ganado de carne que ofrece el potencial para acelerar el *progreso genético*, *ajustar las operaciones de crianza*, *mejorar la productividad* e *incrementar los precios del ganado* tanto para la reproducción como para faena. Produce *Estimadores de Valor de Cría* (EBVs – Estimated Breeding Values) o *Diferencias Esperadas en la Progenie* (DEPs) para el ganado, basándose en rasgos importantes para la producción. BreedPlan calcula la estimación del valor genético de un animal para una amplia gama de características productivas. Estos resultados son reportados como EBVs. Los EBVs para rasgos económicos usados actualmente incluyen: peso al nacer, peso a 200, 400 y 600 días, peso adulto, fertilidad (circunferencia escrotal y días al parto), carcasa, parición y docilidad (Prando, com. Pers., 2024).

3.3 Establecimiento Don Joaquín

3.3.1 Historia

El establecimiento Don Joaquín fue comprado por la Universidad Nacional de La Plata el 18 de marzo de 2010. Se incorporó a la coordinación de los campos (junto a El Amanecer y al establecimiento Santa Catalina donde se desarrollaba el sistema de tambo bovino y El Amanecer). Permitió a la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales y a la Facultad de Ciencias Veterinarias añadir nuevos sistemas productivos como invernada bovina y agricultura. Don Joaquín representó un nuevo desafío para el equipo de trabajo el cual debió realizar su planificación y gestión sin activo ni capital circulante, sólo con capital tierra. Como primera estrategia, se capitalizaron animales provenientes de Santa Catalina, El Amanecer y de terceros, para comenzar a generar activo y capital hacienda, para luego generar inversiones en infraestructura y estructura. Se encuentra ubicado en Bavio, Magdalena, Buenos Aires sobre la Ruta N°36 en el kilómetro 83,5 a 25 km del establecimiento El Amanecer. Presenta una superficie total de 426 ha. En 2023 se generó una división del campo de las cuales 220 ha son administradas por la FCAyF y el resto por la FCV (Figura 3.7). Este capítulo se enfoca en la superficie del campo correspondiente a la FCAyF. Por lo reciente de este nuevo proyecto con sus lotes correspondientes, se presentará la planificación de ocupación de los distintos recursos en función de los lotes a lo largo del tiempo, y características generales del funcionamiento.

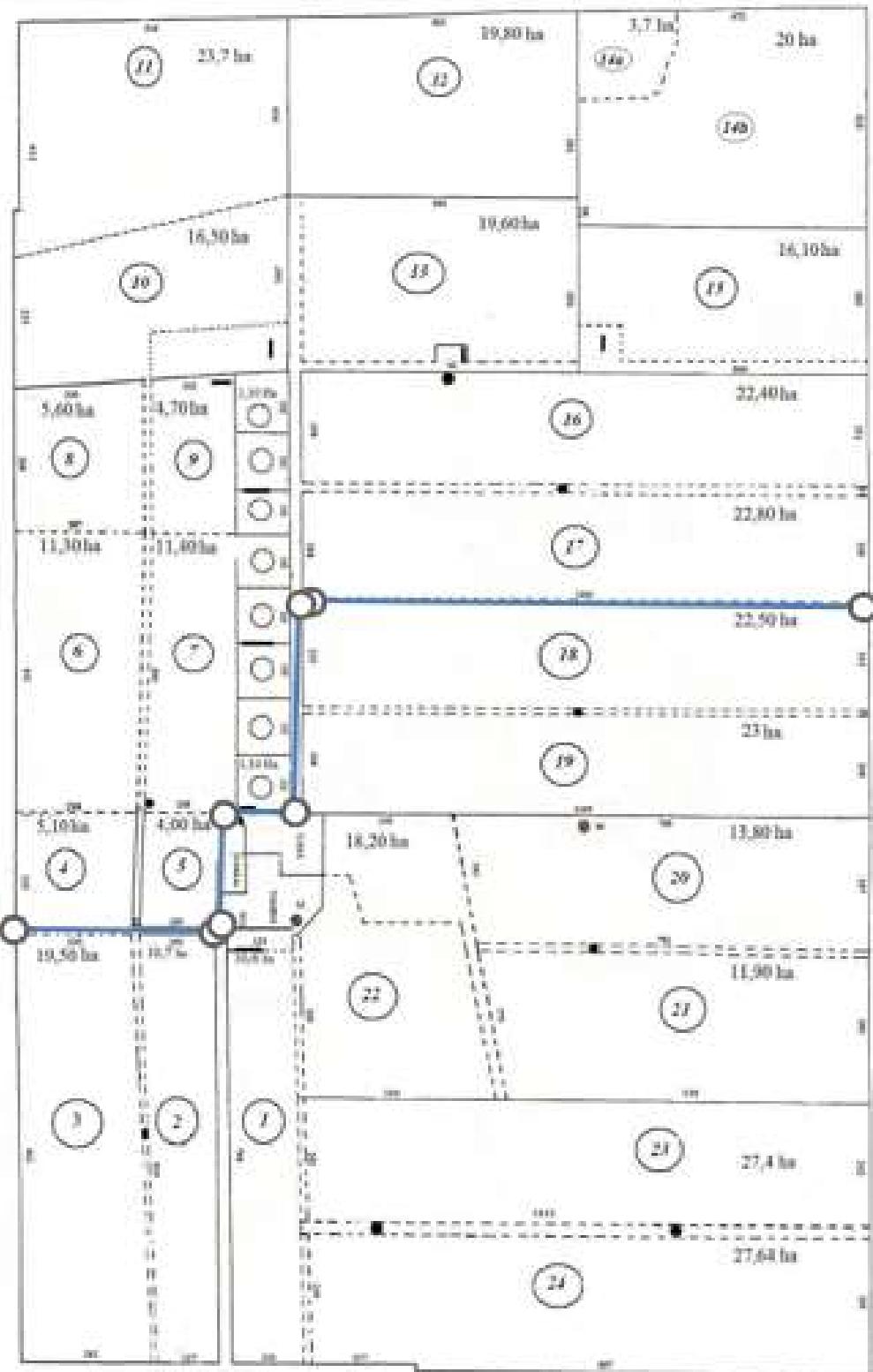


Figura 3.7 Croquis del establecimiento Don Joaquín. 426 ha. Línea azul delimita el área de la FCAyF y FCV

3.3.2 Sistemas productivos

En 220 ha (Figura 3.7) correspondientes a los lotes 4, 5, 6, 7, 8, 9, 19, 11, 12, 13, 14a, 14b, 15, 16 y 17, se desarrollan: el *sistema de cría bovina* con reposición interna de hembras con servicio precoz de 15 meses de edad promedio, el *sistema mixto con rotaciones de cultivos agrícola y pasturas perennes*, donde se desarrolla el sistema de invernada bovina y agricultura, y el *sistema agrícola pura*. En puntos siguientes se describen cada uno de estos.

3.3.2.1 Sistema de cría bovina con reposición interna de hembras con servicio precoz de 15 meses de edad promedio

El *objetivo productivo* es obtener un ternero por vaca por año, con la carga animal ajustada a la receptividad ganadera con la menor pérdida posible. La superficie de este sistema es de 110,5 ha útiles. En aquellos sectores donde la capacidad de uso de los lotes lo permite, se implementan recursos forrajeros con la secuencia de cultivos descriptos en la Tabla 3.2. A esta estructura forrajera, se le adicionan los recursos indicados en la Tabla 3.3.

Tabla 3.2 Secuencia de cultivos planificada para distintos lotes del sector. Vi (verdeos de invierno para pastoreo como avena o raigrás), Vv (verdeo de verano para pastoreo como sorgo o soja o para suplementación moha para hacer rollo), P1, P2, P3, P4, P5 (pastura de uno, dos, tres, cuatro o cinco años de implantación respectivamente)

Lote	Superficie (ha)	2023	Año			
			2024	2025	2026	2027
15 atrás	7,5	P5/Vv	Vi/Vv	P1	P2	P3
16 atrás	10	Vi/Vv	Vi/Vv	P1	P2	P3
17 adelante	6	Vi/Vv	P1	P2	P3	P4

Tabla 3.3 Otros recursos forrajeros asignados al sistema

Lote	Superficie (ha)	Recurso forrajero
10, 13, 14b	28	Festuca “tóxica”
10, 13, 14b	28	Pradera de hidrófitas
Sectores lote 16 y 17	23	Promoción de especies invernales
Sector lote 16 y 9	8	Pastura de agropiro

La *suplementación* se utiliza estratégicamente sólo en situaciones que la PPNA de los recursos sea menor al promedio. La genética es **Angus negro y colorado**. El *servicio* es *estacionado* en octubre, noviembre y diciembre. Se implementa IATF y repaso con toros. Desde el 2023, está

inscripto en el *plan de mejoramiento genético* con el registro de datos pertinentes descriptos en El Amanecer para el cálculo de los EBVs. El *calendario sanitario* es el mismo descripto para el establecimiento El Amanecer.

La *estructura forrajera* de este sistema presenta asignación variable en función de la categoría animal. A continuación, se la describe y se implementan distintas prácticas de manejo en cada sistema o módulo de producción:

Vacas multíparas

La superficie asignada para el pastoreo de la categoría vaca multípara (vacas con 2 o más partos) es de 66,6 ha, constituido por 28 ha de pastizal natural (compuesto principalmente por la comunidad vegetal pradera de hidrófitas, 28 ha pastura de festuca “toxica” (implantadas antes de la compra del campo), infectadas por el hongo endófito *Neothypodium coenophialum*, 4 ha de pastura de agropiro y 6,6 ha de promoción de raigrás. El método de pastoreo implementado en todos los recursos es el *rotativo controlado*, definiendo el momento de ingreso, tiempo de permanencia, intensidad de pastoreo y tiempo de descanso o frecuencia de pastoreo.

La pastura con *festuca “toxica”*, como se indicó, infectada por el hongo endófito *N. coenophialum*, produce *ergoalcaloides* que generan en los bovinos un cuadro denominado *Ergotismo distérnico* conocido como *festucosis*, provocando grandes pérdidas económicas asociadas fundamentalmente a *trastornos reproductivos*, como alteraciones en la ciclicidad, alteración de las hormonas reproductivas, y menores tasas de preñez (Balbi et al., 2022). Las estrategias para reducir dichos efectos negativos en el campo Don Joaquín fueron las siguientes:

1- **Momento del servicio estacionado:** a partir de la generación de información en la dinámica de la PPNA de los recursos forrajeros, y las temperaturas medias y máximas, se decidió cambiar los meses del servicio de noviembre, diciembre y enero, a octubre, noviembre y diciembre, con el fin de hacer coincidir la época de mayor oferta forrajera y reducir el estrés térmicos en el momento del servicio de los animales agravado por el efecto de la festucosis.

2- **División por ambientes:** se generó la separación de la *pradera de hidrófitas* y la *festuca “toxica”* con alambrado eléctrico y nueva colocación de bebedas. El objetivo es incorporar estrategias de pastoreos diferenciales a partir de la planificación del momento de ingreso, intensidad de pastoreo y la frecuencia de pastoreo de estos dos recursos forrajeros. Dichas medidas permitieron implementar las estrategias 3, 4 y 5.

3- **Efecto de dilución de concentración de ergoalcaloides en el animal:** la pastura de festuca “toxica” presenta una cobertura vegetal específica de festuca de un 70%, las cuales presentan 100% de infección en función de datos generados por análisis de laboratorio. En la Figura 3.8 se observa que este recurso se pastorea durante todo el año. Es allí, que se generó la articulación estratégica del pastoreo con la *pradera de hidrófitas*, *pastura de agropiro* y la *promoción de especies invernales* en los meses con alta temperatura ambiente (enero, febrero, octubre, noviembre y diciembre), con el objetivo de generar un efecto de dilución en la concentración de ergoalcaloides en

el consumo de los animales a partir del consumo de otras especies de valor forrajero. Por el ejemplo, en octubre, noviembre, diciembre, enero y febrero, los animales alternan cada 3 días entre recursos, es decir, se arma una parcela con tiempo de ocupación de 3 días en la *pradera de hidrófita*, luego los animales pastorean una parcela de *festuca “tóxica”* por la cercanía entre ambos recursos. Culminado este circuito de pastoreo, los animales pastorean los otros recursos forrajeros.

4- Control temprano de la floración: a partir del mes de julio hasta septiembre se utiliza una intensidad de pastoreo dejan área foliar remante con una altura menor a 5 cm. El propósito es generar remoción de la estructura reproductiva de los macollos que han diferenciado para reducir así la generación de semillas infectadas que doten el banco de semillas del suelo y también reducir el tiempo de dominancia apical, promover el macollaje de la festuca y evitar la reducción de la digestibilidad y la dilución de proteína. Asimismo, el pastoreo intenso en julio promueve la germinación de *Lotus tenuis* permitiendo así la implementación de la estrategia 5.

5- Cobertura con *Lotus tenuis*: a campo se observa que, a partir de julio si se dan las condiciones para favorecer la germinación de *L. tenuis*. El pastoreo intenso en la festuca “tóxica” libera recursos y promueve su germinación, permitiendo aumentar la cobertura de la especie. *L. tenuis*, la cual presenta *taninos condensados* que resultan beneficiosos para reducir el efecto de la festucosis, al poseer una fuerte afinidad de unión con los alcaloides esteroideos y proteicos que son producidos por el hongo endofítico en la festuca, limitando así, su absorción a través del epitelio gastrointestinal (Poudel *et al.*, 2023).

Recurso	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Pradera de hidrófitas												
Festuca “tóxica”												
Promoción de especies invernales												
Agropiro 2024 (P1)												

Figura 3.8 Cadena de pastoreo de los distintos recursos forrajeros destinados a la categoría vacas multíparas para los distintos meses del año. Recuadros con color representan meses en que utilizan y los recuadros blancos los meses que no se pastorean

Recría de terneras para servicio precoz de 15 meses de edad, y vacas de primer y segundo parto:

La superficie útil es de 43,9 ha, conformada por *promociones de especies invernales*, *pastura base festuca*, *pastura de agropiro*, *verdeos de invierno* y *verdeos de verano*. Algunos de los recursos son variables en función del año como se pudo observar en la Tabla 3.2. Los animales en **recría** se pesan cada 28 días para evaluar el aumento diario de peso vivo. Semanalmente, se evalúa la **disponibilidad forrajera** utilizando un pasturómetro para el **armado de parcelas**, **el diseño de circuitos de pastoreo**. Esta información se analiza junto a la **estimación de la tasa de crecimiento** (utilizando

imágenes satelitales) a fin de definir *la frecuencia de pastoreo* y la necesidad o no de incorporar *suplementación* (balanceado o granos de maíz). La suplementación permite disminuir la demanda de pasto o mejorar el aumento diario de peso vivo. Se toman muestras de HPG para evaluar la carga parasitaria y su posterior tratamiento.

3.3.2.2 Sistema mixto (ganadero-agrícola) y recría de toros

El sistema mixto está constituido por los lotes 4, 5, 6, 7, 8, 9 y parte del 15 (Figura 3.7). En una superficie útil de 44,5 ha se implementa una rotación de cultivos 3x3 (tres años de cultivos perennes y tres años de cultivos anuales). En la Tabla 3.4 se desarrolla *matriz de rotación de cultivos* de los distintos lotes desde el año 2023 al 2029. Como se puede observar, el planteo de rotación se cumpliría en el año 2027, en el cual está presente cada unidad de rotación propuesta. Este sector se destina para la **invernada de novillos para faena**. Luego del **destete** (provenientes del sistema de cría) los animales ingresan a este sector del campo. La primera etapa es una **recria pastoral** con *suplementación de silaje de maíz*. En diciembre/enero cuando presentan un peso vivo promedio de 350 kg son destinados a unos de los piquetes donde se *suplementa con granos de maíz, núcleo proteico o grano de soja y fibra*, para lograr su terminación en función a estándares de mercado. A esta superficie se le asigna 7,7 ha destinada a la **recria de toros**, cuyos recursos forrajeros son *pasturas y verdeos* (Tabla 3.5) más la superficie de los descripto en la Tabla 3.4.

Tabla 3.4 Matriz de rotación para los distintos lotes, superficie y años del planteo de rotación 3x3 del sistema mixto, Sojac (para cosecha), MaízC, (para cosecha), MaízS (para silaje), TrigoC (para cosecha), Vi (verdeo de invierno como avena o raigrás anual), CS (cultivo de servicio), P1, P2, P3 (pastura de uno, dos y tres años)

Lote	Superficie (ha)	Año						
		2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
4	4	Sojac	CS/MaízS	Vi/Sojac	MaízC	MaízC	CS/MaízS	P1
5	3	P2	P3					
6	8,5	Soja	MaízC	Sojac	CS/Maízs	P1	P2	P3
7	7	Vi/Sojac	MaízC	CS/Maízs	P1	P2	P3	Vi/Sojac
8	8,5	Sojac	CS/Maízs	MaízC	Sojac	CS/Maízs	P1	P2
9	6	Barbecho	TrigoC	P1	P2	P3	Vi/Sojac	MaízC
15a	7,5	CS/MaízS	P1	P2	P3	Vi/Sojac	MaízC	CS/Maízs

Tabla 3.5 Secuencia de cultivos del sector de toros. Vi (verdeos de invierno para pastoreo, avena o raigrás), Vv (verdeo de verano para pastoreo, sorgo o soja o para suplementación, moha), P1, P2, P3, P4, P5 (pastura de uno, dos, tres, cuatro o cinco años de implantación respectivamente)

Lote	Superficie (ha)	2023	Año			
			2024	2025	2026	2027
Piquetes adelante	4,4	Vi/Vv	P1	P2	P3	P4
Piquetes atrás	3,3	Vi/Vv	Vi/Vv	Vi/Vv	P1	P2

3.3.2.3 Sistema de agricultura

Este sistema está conformado por los potreros 11, 12 y 14a (Figura 3.7). Presenta una superficie útil de 36 ha. En siembra directa se planta la secuencia de cultivos indicada en la Tabla 3.6. Esta secuencia de cultivos es la típica implementada en áreas agrícolas de la zona y en la región Pampeana en general. Permite diversificar la producción anual, y generar rotaciones que reduzcan problemas de maleza, insectos y balance de carbono positivo para el suelo. Los rendimientos promedios de soja son de 3060 kg/ha y de maíz 7500 kg/ha. Desde el año 2021, se comenzó a desarrollar en un sector, el módulo biointegrado agrícola-ganadero con el objetivo de evaluar el efecto de la incorporación de cultivos de servicios, y su pastoreo con distintas alturas, sobre la performance animal y el rendimiento de cultivos de verano para cosecha (Fernández et al., 2022. Montero (2023). Los granos obtenidos por este sistema son utilizados en su totalidad en la ganadería.

Tabla 3.6 Secuencia de cultivos planificada de los lotes del sistema agrícola, superficie y cultivos en el periodo 2023-2027, Sojac (para cosecha), Maízc, (para cosecha), Trigoc (para cosecha), CS (cultivo de servicio raigrás anual), Soja2da (cultivo de soja de segunda para cosecha)

Lote	Superficie (ha)	Año				
		2023	2024	2025	2026	2027
11	12	Sojac	Trigoc/soja ^{2da}	Maízc	Sojac	Trigoc/soja ^{2da}
12	12	CS/Sojac	CS/Sojac	CS/Sojac	CS/Maizc	CS/Sojac
14a	12	Maízc	Sojac	Trigoc/Soja ^{2da}	Maízc	Sojac

Consideraciones finales

Para el desarrollo de los distintos subsistemas anteriormente descriptos, se requiere de una planificación (productiva, económica y administrativa) con objetivos específicos para cada sistema de producción, y con sus respectivos planes a corto, mediano y largo plazo. Estas distintas actividades requieren no sólo de un diseño, sino también de su ejecución, a fin de que se puedan

realizar correctamente con la *logística de compra de insumos* (pedido de presupuestos a distintas agronomías de la zona, comparación, y confirmación de la operación), *coordinación de siembras* (pedido de presupuesto a distintos contratista de la zona, comparación de precios y coordinación para la realización de la labor), *mantenimiento de recursos forrajeros anuales y perennes* (siembra, aplicación de herbicidas, fertilización, desmalezado), *confección de reservas forrajeras y de cosecha de cereales y oleaginosas*. Es de destacar que la administración de los fondos públicos generados por la producción, siempre han sido utilizados bajo la normativa regulatoria de la UNLP.

El *diseño de campos* representativos de la zona, autofinanciados y sustentables, han permitido cumplir con el desarrollo de las funciones de docencia, extensión e investigación, y se constituye en una herramienta que mejora la calidad de la educación pública de nuestra nación. En el Anexo A se indica la información científica recopilada por los responsables de este capítulo, disculpándonos si es que hemos omitido alguno de ellos (trabajo final de carrera o publicación).

Es necesario agradecer por la “pasión” depositada por los coordinadores, sus equipos de trabajo, los/as docentes, estudiantes y no docentes que desde siempre y en la actualidad continúan, trabajando en los campos de la UNLP. Estos proyectos representan un desafío constante de adecuación de las demandas del sector agroganadero, a fin de mantener su funcionamiento frente a la variabilidad climática que se registran en las últimas décadas. Como siempre decimos, las **tranqueras están abiertas**.

Referencias

- Albaugh, R. and Strong, H.T. (1972). Breeding yearling beef heifers. University of California, California Agricultural Experimental Station. Circular 433. 20 p.
- Balbi M., Anchordoquy J.M., Rodríguez D.M., Boyezuk D., Fernández F., Fernández M.E., Farnetano N.A., Furnus C. y Anchordoquy J.P. (2022). El pastoreo de Festuca tóxica altera el desarrollo folicular en vacas de cría sometidas a un protocolo de IATF. Revista Argentina de Producción Animal. 42(1):45.
- Bonfiglio, F. (2023). Dinámica de crecimiento del pastizal natural en el establecimiento El Amanecer mediante uso de sensores remotos. Trabajo final de carrera de Ingeniería Agronómica de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. UNLP. <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/155026>
- Carrillo, J. (2001). Manejo de un rodeo de cría. Ed. INTA, Centro Regional Buenos Aires Sur. 507 p.
- Cocimano, M., Lange, A. y Menvielle, E. (1975). Estudio sobre equivalencias ganaderas. Producción Animal (Buenos Aires, Argentina) 4: 161-190.
- De la Vega, M. y Baillares, M.)2014=. Rejuvenecimiento de raigrás. Impacto e interrogantes de la técnica. Cuenca Informa nº 17. EEA INTA Cuenca del Salado.

- Diez de Ulzurrun, P., Margueritte Paz, C. y Leaden, M. (2011). Análisis de la tolerancia de *Lolium multiflorum* a glifosato en sistemas de promoción de raigrás. Rev.Arg.Prod.Anim. Vol. 31 (2): 129-134.
- Fernández, F., Graciano, C., Fernández, J., Tarnowsky, F. y Oyhamburu, M. (2021). Modelo de predicción de cobertura vegetal en pastizal de la Depresión del Salado XXIX Reunión Argentina de Ecología, Modalidad Virtual. Tucumán, Argentina. Libro de resúmenes: pp. 181.
- Fernández, F.E., Graciano, C., Rodríguez, G.A., Bonamy, M., Bonfiglio, F. y Heguy B. (2022). Influencia de las precipitaciones de otoño en la producción de pastizales en la Depresión del Salado. Revista Argentina de Producción Animal. 42(1),133.
- Fernández, F.E., Rodríguez, G.A., Bonamy, M., Sarandón, P. y Heguy, B. (2022). Diferencias estacionales en la calibración de pasturómetro en la pradera húmeda de mesófitas en el norte de la Depresión del Salado. Revista Argentina de Producción Animal. 42(1),134.
- Fernández, F.E., Rodríguez Guiñazú, A., Bonamy, M., Vaca, R., Baldo, A. y Prando, A. (2022). Efecto de la altura de pastoreo en la ganancia de peso, la carga animal y la producción de carne en cultivo de servicios. Investigación Joven 9 (2),59.
- Fernández Grecco, R. (2005). Promoción de raigrás anual en un pastizal de la pampa deprimida bonaerense. Seminario Técnico Forrajes 2005. Technidea-www.MejorPastor.com.ar. pp: 131-138.
- Montero, N. (2023). Sistemas biointegrados agrícolas ganaderos. Estructura vegetal y performance de vaquillonas Angus. Trabajo final de carrera de Ingeniería Agronómica de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. UNLP <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/163810>
- Nicol, A.M. and Nicoll, G.B. (1987). Pastures for beef cattle. In: Nicol, A.M. (ed) Livestock feeding on pasture. N. Z. Soc. Anim. Prod., Ocasional Publication nº 10: 119-132.
- Oyhamburu, E.M., Baldo, A. y Silvestrini, M.P. (2000). Efecto de la aplicación de glifosato sobre la producción y composición florística de un pastizal natural. XVI Reunión Latinoamericana de Producción Animal. III Congreso Uruguayo de Producción Animal. Montevideo. Uruguay. Archivos Latinoamericanos de Producción Animal, 8 (1):3 CD. Mayaguez, Puerto Rico.
- Oyhamburu, M., Agnelli, L., Ursino, M., y Refi, R. (2012). Composición florística de una promoción de especies invernales bajo pastoreo continuo y en clausura. 25º Reunión Argentina de Ecología. Resúmenes: 51.
- Poudel, S.; Zeller, W.E.; Fike, J.; Pent, G. (2023). Condensed Tannins Attributes: Potential Solution to Fescue Toxicosis? Agriculture 13, 672. <https://doi.org/10.3390/agriculture13030672>
- Prando, A. (2014). Comunicación personal.
- Rovira, J. (1997). Manejo nutritivo de los rodeos de cría en pastoreo. Ed. Hemisferio Sur.
- Sala, O.E. & AUSTIN, A.T. (2000). Methods of Estimating Aboveground Net Primary Productivity, en Methods in Ecosystem Science. Springer-Verlag. New York. Pp. 31-43.
- Tomassone, F. 2004. Siembra directa y rejuvenecimiento de pasturas. 1º Simposio de ganadería en siembra directa. Hacia una ganadería competitiva. AAPRESID. Rosario. Pp.: 78-83.

- Vecchio, M.C., Golluscio, R. y Cordero, M.I. (2008). Cálculo de la receptividad ganadera a escala de potrero en pastizales de la Pampa Deprimida. *Ecología Austral*. 18 (2), 213-222.
- Viglizzo, E. (1981). Dinámica de los sistemas pastoriles de producción lechera. Ed. Hemisferio Sur. Buenos Aires. 125 pp.

ANEXO

Trabajo final de carrera ordenadas por año

- Ranieri, M. (2004). Evaluación de tres metodologías para la estimación de la fitomasa aérea en un recurso forrajero. Director: Ing. Agr. Refi, R. Co-director: Ing. Agr. Eirin, M.
- Silva, L. (2004). Efecto del momento del día sobre la concentración de materia seca en tres estratos de pastoreo de una pastura de Raigrás anual. Director. Ing. Agr. Refi, R. Co-director: Ing. Agr. Eirin, M.
- Figlioli, G. (2005). Determinación del aumento diario de peso vivo y condición corporal de bovinos para carne, en función del estado interno del animal y la variación diaria en la composición química de la pastura. Director: Ing. Agr. Eirín, M.
- Ricci, P. (2005). Evaluación de la frecuencia y distribución de eventos de pastoreo de bovinos para carne, ante dos momentos del día en la asignación del forraje fresco. Director Ing. Agr. Ansin, O. Co-director: Ing. Agr. Gregorini, P.
- Martínez, F. (2006). Efecto del ayuno en el Patrón Diario de Pastoreo de Bovinos para Carne en crecimiento. Director: Ing. Agr. Ansin, O. Co-director: Ing. Agr. Eirin, M.
- Almada, C. (2007). Caracterización de dos gramíneas forrajeras, *Paspalum dilatatum* (Poir) y de *Lolium multiflorum* (Lam.), en tres comunidades vegetales de un pastizal húmedo de la Pampa Deprimida Bonaerense". Universidad Nacional de La Plata. Director: Ing. Agr. Ansín, O. Co-directora: Ing. Agr. Oyhamburu, M.
- Dulau, D. (2007). Estimación del consumo de bovinos en pastoreo. Comparación de distintos métodos. Director: Ing. Agr. Refi, R. Co-director: Ing. Agr. Gregorini, P.
- Bros, M. (2007). Producción animal y condición corporal en vaquillonas carníceras en crecimiento bajo dos métodos de pastoreo. Director: Ing. Agr. Eirin, M.
- Zanguitu, C. (2008). Efectos de dos momentos de asignación de forraje fresco sobre las tasas de bocados en bovinos para carne en crecimiento. Director: Ing. Agr. Ansin, O. Co-director: Gregorini, P.
- Figlioli, G. (2008). Determinación del Aumento Diario de Peso Vivo y Condición Corporal de Bovinos para carne, en función del Estado interno del animal y la variación diaria en la composición química de la pastura. Director: Ing. Agr. Ansin, O. Co-director: Ing. Agr. Eirin, M.

- Fernández, M. (2009). Empleo de la altura del canopeo y de un pasturómetro como métodos indirectos para estimar la biomasa forrajera de una promoción de raigrás anual (*Lolium multiflorum*, L)". Director: Ing. Agr. MSc R. Refi.
- Fossati, R. D. (2010). Evaluación del efecto de la fertilización sobre la PPNA y la composición florística de un pastizal de la Pampa Deprimida. Directora: Ing. Agr. Heguy, B. Co-directora: Ing. Agr. Pellegrini, A.
- Chalde, M. (2012). Evaluación de los cambios en la vegetación y en las propiedades químicas de suelos Natracualfes de un pastizal natural, bajo diversos manejos de pastoreo. Directora: Ing. Agr. Vecchio, C.
- Bolaños, V. A. (2012). Regeneración de Estepas halófitas en la Depresión del Salado a partir de la recuperación de especies nativas de buen valor forrajero. Factores que condicionan la germinación de "*Chloris berroi*". Ing. Agr. Vecchio, C. Codirectora: Ing. Agr. Heguy, B.
- Etchart, G. (2013). Controles de la germinación de una maleza nativa (*Eryngium horridum*) en pastizales del Norte de la Depresión del Salado. Directora: Ing. Agr. Vecchio, C.
- Luengo, I. (2013). Evaluación de los procesos de germinación y establecimiento de *Eryngium horridum* Malme y su dinámica en el pastizal pampeano". Universidad Nacional de La Plata. Directora: Ing. Agr. Oyhamburu. M.
- Echave, M. (2013). Producción de carne y condición corporal de vaquillonas Aberdeen Angus en pastoreo continuo sobre una promoción de raigrás anual bajo dos condiciones de carga animal. Director: Ing. Agr. Ursino, M. Co-directora: Ing. Agr. Agnelli, L.
- Bonello, I. (2013). Evaluación del efecto de dos condiciones de carga animal sobre la performance de vaquillonas para entore precoz y sobre la estructura de una promoción de especies invernales. Directora. Ing. Agr. Agnelli, L.
- Voda, D. (2013). Tasa de crecimiento de especies invernales promocionadas en un pastizal de la localidad de Vieytes, partido de Magdalena. Director: Ing. Agr. Refi, R. Co-director: Ing. Agr. Eirin, M.
- Bianchi, C. V. (2014). Efecto de la fertilización sobre la concentración de proteínas bruta y la productividad primaria neta aérea de un pastizal pampeano. Directora: Ing. Agr. Vecchio, C. Co-directora: Ing. Agr. Lissarrague, M.I.
- Fernández, F. (2014). Composición florística y productividad de una promoción de especies invernales en el norte de la Pampa Deprimida. Directora: Ing. Agr. Oyhamburu, M.
- De Feo, J. (2014). Estructura y funcionamiento de una promoción de especies invernales. Directora: Ing. Agr. Oyhamburu, M.
- Gianotti, J. I. (2014). Variaciones de la productividad primaria neta aérea e indicadores de calidad del suelo en la estepa de halófitas del Norte de la Pampa Deprimida bajo pastoreo continuo y clausura. Directora: Pellegrini, A. Co-directora: Oyhamburu, M.

- Jalil, G. (2014). Evaluación de herbicidas selectivos sobre pastizales colonizados por *Baccharis notosergila* (Asteraceae) en la Depresión del Salado. Directora: Ing. Agr. Padín, S. Co-directora: Oyhamburu, M.
- Musso, A. (2014). Banco de semilla del suelo de la Estepa de halófitas de un pastizal de noreste de la Pampa Deprimida. Directora: Ing. Agr. Heguy, B. Co-directora: Ing. Agr. Lissarrague, M. I.
- García, J. (2015). Pastoreo rotativo y continuo en la estepa de halófitas del noreste de la Depresión del Salado. Efecto en la productividad primaria neta aérea y en las propiedades físicas y químicas del suelo. Directora: Ing. Agr. Heguy, B. Co-directora: Ing. Agr. Lissarrague, M.I.
- Chippiano, T. (2016). Evaluación de la respuesta de *Chloris berroi* a la frecuencia de pastoreo y a la sequía. Directora: Ing. Agr. Heguy, B. Co-directora: Dra. Graciano, C.
- Bossio, M.E. (2016). Variaciones de la productividad primaria neta aérea y propiedades químicas del suelo en una estepa de halófitas en la Pampa Deprimida bajo situaciones de pastoreo continuo, rotativo y exclusión. Ing. Agr. Vecchio, C.
- García, P. (2016). Producción y utilización de raigrás anual en pastizales modificados para la recría intensiva de vaquillonas Aberdeen Angus. Director: Ing. Agr. Refi, R. Co-directora: Ing. Agr. Agnelli, L.
- Colombet, A. (2017). Agregado de semillas de *Lotus tenuis*, en la estepa de halófitas de la Pampa Deprimida. Directora: Ing. Agr. Vecchio, C. Co-director: Ing. Agr. Bolaños, V. <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/63548>
- Alfieri, C. (2017). Evolución de la tasa de acumulación neta aérea de forraje y del contenido de materia seca en una promoción de especies invernales bajo tres intensidades de pastoreo continuo. Directora: Ing. Agr. Agnelli, L. Co-director: Ing. Agr. Ursino, M. <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/61092>
- Berastegui, G. (2017). Efecto de la carga animal sobre la altura del canopeo de una promoción química de especies invernales sometida a pastoreo continuo con vaquillonas en recría. Directora: Ing. Agr. Agnelli, L. Co-director: Refi, R. <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/60280>
- Besteiro, I. (2018). Crecimiento y condición corporal de vaquillonas en recría bajo dos intensidades en pastoreo continuo. Director: Ing. Agr. Refi, R. Co-directora: Agnelli, L. <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/65243>
- Arias, H. M. (2018). Evaluación de la interacción-competencia entre *Chloris berroi* y *Distichlis spp.*, en ausencia de estrés hídrico, en una estepa de halófitas del norte de la Pampa Deprimida. Directora: Ing. Agr. Heguy, B. Co-directora: Dra. Graciano, C. <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/71103>
- Ferranti, F. y Municoy, D. (2018). Influencia del pastoreo en la estructura de la vegetación y algunas propiedades del suelo en dos comunidades naturales del noreste de la Pampa Deprimida. Directora: Ing. Agr. Vecchio, C. Co-directora: Pelegrini, A. <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/67344>

- Basili, C. J. y Sánchez, S.S. (2018). Comportamiento de la Producción Primaria Neta Aérea, del Carbono Orgánico del Suelo y del Nitrógeno total en estepas de halófitas bajo pastoreo. Director. Bolaños, V. Co-directora: Peligrini, A. <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/66562>
- Villanueva, M. (2018). Productividad primaria neta aérea de una promoción de especies invernales estimada mediante cortes e imágenes satelitales en el norte de la Pampa Deprimida. Directora: Ing. Agr. Oyhamburu, M. <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/72572>
- Bruera, E. y Fernández, J. (2018). Caracterización de una promoción química de especies invernales bajo dos modalidades de pastoreo. Directora: Ing. Oyhamburu, M. Co-directora: Ing. Agr. Lisarrague, M. I. <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/70778>
- Tarnowsky, F. (2018). Caracterización de la producción y calidad de semillas de una promoción de especies invernales bajo pastoreo continuo y en clausura. Directora: Ing. Agr. Oyhamburu, M. Co-director. Fernández, F. <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/68084>
- Lettieri, M. R. (2018). Efecto del pastoreo rotativo en el banco de semillas de la estepa de halófitas de un pastizal de la Pampa Deprimida. Directora: Heguy, B. Codirectora: Lissarrague, M. I. <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/70091>
- Montero, E. y Turcato, A. (2019). Efecto de tres niveles de carga animal y de la estación del año, sobre el comportamiento ingestivo de vaquillonas Angus en pastoreo continuo sobre una promoción de especies invernales. Directora: Ing. Agr. Agnelli, L. Co-direcrtor. Refi, R. <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/72559>
- Urdampilleta, J. I. (2019). Métodos de control poblacional de *Baccharis notosergila*: maleza arbustiva de alta incidencia en la zona de la Pampa Deprimida. Directora: Carbone, A. Co-director: Fernández, F. <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/74210>
- Vitale, M. E. (2020). Evaluación de la fertilización otoñal en la pradera húmeda de mesófitas de un pastizal de la Pampa Deprimida. Directora: Heguy, B. Co-director: Fernández, F. <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/111217>
- Seguí, M. (2020). Evaluación de la respuesta a la fertilización otoñal en la Estepa de Halófitas de un pastizal de la Cuenca del Salado. Directora: Heguy, B. Co-director: Lamarche, L. <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/109991>
- Cañas, J. A. (2020). Análisis del abastecimiento potencial para el Centro Tecnológico de la Madera (FCAyF) mediante especies forestales implantadas en los campos El Amanecer y Don Joaquín (UNLP). Director: Acciaresi, G. Co-director: Achinelli, F. G. <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/94023>
- Aranciaga, C. y Nösinger Alvez, P. A. (2020). Influencia del servicio anticipado en la vida útil de los vientres en el rodeo de cría. Director: Eirin, M. <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/96775>
- Juarros Norryh, J y Nocelli, A. (2021). Estudio preliminar de *Paspalidium paludivagum* como especie forrajera en la Depresión del Salado. Director: Fernández, F. Co-directora: Carbone, A. <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/124526>

- Lanz, J. (2021). Evaluación de variabilidad entre accesiones de *Lolium multiflorum* Lam. provenientes de tres ambientes contrastantes del pastizal de la Pampa Deprimida. Director: Bolaños, V. <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/127407>
- Porto, N. (2022). Variabilidad en caracteres vinculados a la implantación en poblaciones espontáneas de *Stapfochloa berroi* (Arechav.) P.M. Peterson de la Pampa Deprimida. Director: Ing. Agr. Entio, L. <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/133519>
- Bonfiglio, F. (2023). Dinámica de crecimiento del pastizal natural en el establecimiento El Amanecer mediante uso de sensores remotos. Director: Fernández, F. Co-director: Rodríguez Guiñazú, A. <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/155026>
- Montero, N. (2023). Sistemas biointegrados agrícolas ganaderos. Estructura vegetal y performance de vaquillonas Angus. Director: Fernández, F. Co-director. Rodríguez Guiñazú, A. <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/163810>
- Wagner Arrizurieta, D.J. y D'Agostino, V. (2023). Efecto del desmalezado mecánico en verano sobre la dinámica poblacional de *Baccharis notosergila* Griseb. y del pastizal natural en dos ambientes del establecimiento de cría “El Amanecer” (UNLP). Director: Rodríguez Guiñazú, A. Co-director: Antonelli, C. J. <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/162226>
- Ciarrocchi, G. y Delpratto, E. (2024). Estudios en *Pappophorum vaginatum* Buckley: implantación de poblaciones espontáneas de la Pampa Deprimida y producción de semillas de germoplasmas seleccionados para la Región Semiárida Bonaerense. Director: Entio, L. Co-director: Bezus, R. <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/164848>

Tesis de doctorado

- Pofcher, E. J. (2017). Contribución al estudio de sistemas de identificación en bovinos basados en identificación electrónica y ADN para su aplicación a la trazabilidad y a la gestión de sistemas ganaderos. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias Veterinarias. Universidad Nacional de La Plata. <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/62837>
- Bonamy, M. (2018). Estudio cuantitativo y molecular de la edad de arribo a la pubertad en la hembra bovina. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias Veterinarias. Universidad Nacional de La Plata <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/68461>
- Mutti, F. E. (2018). Incorporación de lino en la dieta de bovinos y su efecto sobre la calidad de la carne y performance productiva. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias Veterinarias. Universidad Nacional de La Plata. <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/74338>

Tesis de maestrías

- Eirin, M. (2013). Efectos del momento de asignación diaria de la pastura y del ayuno sobre el comportamiento ingestivo y la productividad de vaquillonas de biotipo carníero. Director: Ing. Agr. M.Sc. Roberto Refi. Co-director: Dr. Pablo Gregorini. <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/33937>

Vecchio, C. (2014). Modificaciones en la vegetación y el suelo inducidos por el manejo del pastoreo en la estepa de halófitas de la Pampa Deprimida. Universidad de Buenos Aires. Facultad de Agronomía. Escuela para Graduados. Recuperado de <http://ri.agro.uba.ar/greenstone3/library/collection/tesis/document/2014vecchiomariacristina>

Tesis de especialización

Vecchio, C. (2007). Estimación de la receptividad en un pastizal de la Pampa Deprimida. Un ejemplo a escala de potrero. Tesis de especialización en Manejo de Sistemas Pastoriles. Escuela para Graduados Alberto Soriano. Facultad de Agronomía. UBA.

Oyhamburu Mariel. (2009). *Ambrosia tenuifolia* Spreng, su dinámica en un pastizal disturbado de la Pampa Deprimida. Especialización en Producción Animal de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Mar del Plata. Tutor: Miguel Cahuepé.

Heguy, B. (2010). Aptitud germinativa de las semillas de caraguatá presentes en el banco de suelo de un pastizal templado de la argentina. Especialización en Producción Animal de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Mar del Plata.

Di Paolo, E. (2015). Estudio del sistema ganadero pastoril de un establecimiento ubicado en el partido de Magdalena, Provincia de Buenos Aires" Especialización en Manejo de Sistemas Pastoriles. Escuela para Graduados Alberto Soriano. Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires.

Trabajos científicos publicados y aceptados ordenados por año

Oyhamburu, E.M., Eirin, M.A., Heguy, B., Antonini, A. y Baldo, A. (2003). Recría de terneras, sobre raigrás promocionado en forma mecánica o química, suplementadas con grano de maíz. Revista Argentina de Producción Animal. 23 (1): 66-67.

Ansin, O., Oyhamburu, E.M., Vecchio, M.C., Eirin, M.A., Heguy, B. y Cordero, M.I. (2003). Control del pastoreo en la base a la altura de *Paspalum dilatatum* Poir. y variaciones en la estructura de un pastizal de la Pampa Deprimida Revista Argentina de Producción Animal. 23 (1): 150-151.

Ansin, O., Oyhamburu, E.M., Vecchio, M.C., Heguy, B., Cordero, M.I. y Eirin, M.A. (2003). Efecto del manejo del pastoreo sobre la biomasa neta de forraje acumulada en dos tipos de pastizales templados de la Pampa Deprimida. Revista Argentina de Producción Animal. 23 (1): 151-152.

Oyhamburu, E.M., Heguy, B. y Antonini, A. (2003). Estimación de biomasa total basada en cortes, apreciación visual y altura del canopeo, en promociones de raigrás. Revista Argentina de Producción Animal. 23 (1): 153-154.

Eirín, M.A., Oyhamburu, E.M., Baldo, A., Heguy, B. y Gregorini, P. (2004). Efecto de la suplementación con grano de maíz o heno sobre la variación de peso vivo de vaquillonas pastoreando raigrás anual. Revista Argentina de Producción Animal. 24 (1): 74.

- Cadierno, H., Heguy, B., Oyhamburu, E. M., Delgado Caffé, J.L. y Baldo, A. (2004). Respuesta productiva de vacas lecheras en pastoreo de soja o alfalfa. *Revista Argentina de Producción Animal*. 24 (1): 75-76.
- Ansín, O.E., Oyhamburu, E.M., Vecchio, M.C., Heguy, B., Cordero, M.I. y Eirin, M. A. (2004). Acumulación de forraje en un pastizal templado ante dos intensidades de pastoreo. *Revista Argentina de Producción Animal*. 24 (1): 214-215.
- Ansín, O.E., Oyhamburu, E.M., Vecchio, M.C., Cordero, M. I., Heguy, B. y Eirin, M.A. (2004). Efecto sobre la estructura y la biomasa de un pastizal pastoreado en base a especies guías. *Revista Argentina de Producción Animal*. 24 (1): 216-217.
- Oyhamburu, E.M., Vecchio, M.C., Heguy, B. y Cordero, M.I. (2004). Respuesta de un pastizal al tratamiento con glifosato y con desmalezado para promocionar el raigrás (*Lolium multiflorum*). II Reunión Binacional de Ecología; XXI Reunión Argentina de Ecología; XI Reunión de la Sociedad de Ecología de Chile.
- Ansín, O., Oyhamburu, E.M., Heguy, B., Cordero, M.I. y Vecchio, M.C. (2004). Heterogeneidad de la vegetación como consecuencia del tiempo de permanencia de los animales en pastoreo. II Reunión Binacional de Ecología; XXI Reunión Argentina de Ecología; XI Reunión de la Sociedad de Ecología de Chile. Libro de Resúmenes, Interacciones planta-animal: 392.
- Gregorini, P., Eirin, M., Agnelli, L., Refi, R., Ursino, M. y Ansín, O. (2005). Efecto del momento de asignación diaria de la pastura en el patrón diario de pastoreo de vaquillonas Aberdeen Angus. *Revista Argentina de Producción Animal*. 25 (1): 20-21.
- Eirin, M., Gregorini, P., Agnelli, L., Ursino, M., Refi, R. y Ansín, O. (2005). Respuesta productiva de vaquillonas en recría ante dos momentos de asignación diaria de forraje fresco. *Revista Argentina de Producción Animal*. 25 (1): 22-23.
- Ansín, O., Oyhamburu, E.M., Vecchio, M.C., Heguy, B., Cordero, M.I. y Almada, C. (2005). Efecto de la duración del pastoreo sobre la diversidad y la riqueza botánica en un pastizal templado de la Pampa Deprimida. *Revista Argentina de Producción Animal*. 25 (1): 119-120.
- Ansín, O., Oyhamburu, E.M., Vecchio, M.C., Heguy, B. y Cordero, M.I. (2005). Estructura y condición forrajera de un pastizal alcalino ante diferentes manejos del pastoreo. III Congreso Nacional de Manejo de pastizales. Libro de Resúmenes aprobados: 105.
- Ansín, O.E., Cordero, M.I., Heguy, B., Oyhamburu, E.M. y Vecchio, M.C. (2005). Respuesta de dos comunidades de un pastizal al pastoreo continuo y a la exclusión al pastoreo. III Congreso Nacional de Manejo de pastizales. Libro de Resúmenes aprobados: 118.
- Oyhamburu, E.M. y Heguy, B. (2005). Evaluación de la remoción estacional del material acumulado, en un pastizal con predominio de *Stipa charruana*. III Congreso Nacional de Manejo de pastizales. Libro de Resúmenes aprobados: 119.
- Gregorini, P., M. Eirin, R. Refi, M. Ursino, O. Ansín And S. Gunter. (2006). Timing of herbage allocation. effect on beef heifers daily grazing pattern and performance. *Journal of Animal Sc* 84; 1943-1950.

- Wade, M. H. Eirin, M. and Gregorini, P. (2006). The effect of fasting on the feeding station behavior of grazing beef heifers. *Journal of Animal Sc.* 84 (Suppl 2):17.
- Oyhamburu, E.M., Heguy, B., Almada, C. y Mendicino, L. (2006). Cambios en la estructura de un pastizal promovidos por la remoción mecánica de la biomasa aérea. XXII Reunión Argentina de Ecología. Libro de resúmenes: 190.
- Vecchio, M.C., Oyhamburu, E.M., Ansin, O.E., Heguy, B. y Cordero, M.I. (2006). Como influyen las distintas frecuencias de pastoreo a las comunidades de un pastizal del Norte de la Pampa Deprimida. XXII Reunión Argentina de Ecología. Libro de resúmenes: 224
- Oyhamburu, E.M., Heguy, B., Mendicino, L. y Almada, C. (2006). Remoción mecánica de la biomasa aérea de plantas de *Stipa charruana* en verano y primavera. *Revista Argentina de Producción Animal.* 26 (1), 223-224.
- Eirin, M., Agnelli., L., Gregorini., P., Ursino., M., Refi., R. y Ansín, O. (2006). Efectos del ayuno sobre ganancia de peso, condición corporal y consumo, en vaquillonas de biotipo carníero. *Revista Argentina de Producción Animal.* 26 (1), 76-77.
- Gregorini, P., Eirin, M., Wade, M.H., Refi, R., Ursino, M., Ansin, O.E., Masino, C.A., Agnelli, L. and Stacey A. Gunter. (2007). The Effects of a Morning Fasting on the Evening Grazing Behavior and Performance of Strip-Grazed Beef Heifers, *The Professional Animal Scientist*, Volume 23, Issue 6, pp. 642-648. [https://doi.org/10.15232/S1080-7446\(15\)31035-4](https://doi.org/10.15232/S1080-7446(15)31035-4).
- Gregorini, P., Agnelli, L. y Masino, C. (2007). Producción animal en pastoreo: definiciones que clarifican significados y facilitan la comprensión y utilización de términos usados comúnmente en producción animal en pastoreo. www.engormix.com/s_articles_view.asp?art=1439.
- P. Gregorini, M. Eirin, L. Agnelli, R. Refi, O. Ansin, C. Masino, M. H. Wade, K. Soder, and S. A. Gunter. 2007. Diurnal eating pattern and performance of cattle strip grazed with afternoon herbage allocation or continuously variable stocked. *American Forage and Grassland Council*.
- Oyhamburu, E.M., Heguy, B., Mendicino, L. y Almada, C. (2007). Cambios en la estructura de plantas de *Stipa charruana* por efecto de la remoción mecánica. IV Congreso Nacional de Manejo de pastizales. Libro de Resúmenes aprobados: 64. Villa Mercedes. San Luis.
- Vecchio, M.C., Heguy, B., Oyhamburu, E.M., Cordero, M. I. y Ansin, O.E. (2007). Respuesta de un pastizal de la Pampa Deprimida a diferentes técnicas para promocionar especies invernales. IV Congreso Nacional de Manejo de pastizales. Libro de Resúmenes aprobados: 24.
- Vecchio, M.C., Golluscio, R. y Cordero, M.I. (2008). Cálculo de la receptividad ganadera a escala de potrero en pastizales de la Pampa Deprimida. *Ecología Austral.* 18 (2), 213-222.
- Agnelli, L., Ursino, M., Refi, R., Gregorini, P., Eirin, M., Rodríguez Guiñazú, A y Ansín, O. (2008). Efecto de dos cargas animales sobre la performance y el comportamiento ingestivo de vaquillonas a. angus. en pastoreo continuo. *Revista Argentina de Producción Animal.* 28 (1), 375–376.
- Eirin, M., Gregorini, P., Agnelli, L., Refi, R., Ursino, M. y Ansín, O. (2008). Comportamiento ingestivo y performance animal de vaquillonas a. angus en pastoreo de franjas diarias o pastoreo continuo controlado. *Revista Argentina de Producción Animal.* 28 (1), 369.

- Heguy, B., Oyhamburu, E.M., Vecchio, M.C., Cordero, M. I. y Ansin, O.E. (2008). *Leersia hexandra*, una especie para tener en cuenta. XXIII Reunión Argentina de Ecología. San Luis. Libro de resúmenes: 126.
- Oyhamburu, E.M., Heguy, B., Mendicino, L. y Almada, C. (2008). Productividad de un pastizal dominado por *Stipa charruana* en el norte de la Pampa Deprimida. XXIII Reunión Argentina de Ecología. Libro de resúmenes: 148.
- Vecchio, M.C., Heguy, B., Oyhamburu, E.M., Cordero, M.I. y Ansin, O. E. (2008). Cambios en la estructura de un pastizal del noreste de la Pampa Deprimida, por el manejo del pastoreo. XXIII Reunión Argentina de Ecología. San Luis. Libro de resúmenes: 192.
- Heguy, B., Vecchio, C., Oyhamburu, M. y Antico, A. (2009). Condiciones favorables para la germinación de *Eryngium horridum* Malme en pastizales del Noreste de la Pampa Deprimida. V Congreso Nacional sobre Manejo de pastizales. Corrientes. Libro de resúmenes: 156.
- Oyhamburu, M., Heguy, B. y Vecchio, C. (2009). Cambios en la cobertura basal de un pastizal con predominio de *Stipa charruana* Arech, promovidos por la remoción del material acumulado. V Congreso Nacional sobre Manejo de pastizales, Corrientes. Libro de resúmenes: 164.
- Vecchio, C., Rodríguez, A., Golluscio, R. y Oyhamburu, M. (2009). Mejora de la vegetación natural por cambios en el uso pastoril de una estepa de halófitas del norte de la Pampa Deprimida. V Congreso Nacional sobre Manejo de pastizales. Libro de resúmenes: 222.
- Pellegrini, A., Heguy, B., Vecchio, M.C., Oyhamburu, M. y Luengo, I. (2010). Germinación de las semillas de *Eryngium horridum* Malme en pastizales con diferentes manejos del pastoreo. XIII Reunión Argentina y VI Latinoamericana de Agrometeorología. RALDA Agrometeorología sin fronteras. Actas: 109-110.
- Pellegrini A., Vecchio, M. C., Lanfranco, J., Taborba, L., Fritschy, I. y Golluscio, R. (2010) Modificaciones en los contenidos de nitrógeno del suelo inducidos por diferentes manejos, en la estepa de halófitas del norte de la pampa deprimida. XXII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Libro de actas: 195.
- Oyhamburu, E.M., Heguy, B., Vecchio, M.C. y Lissarrague, M.I. (2011). Changes in the structure of Northeast Flooding Pampa grassland, produced by settled mechanical removal. XI International Rangeland Congress. Sesión 2.1. Production, structure and quality of rangelands. pp 360.
- Eirin, M.; Refi, R.; Gregorini, P.; Agnelli, L.; Ursino, M.; Ansin, O.E. (2011). Daily strip grazing or continuous controlled grazing with beef heifers on winter species promotion grassland. International Rangeland Congress. Rosario, Argentina.
- Heguy, B., Vecchio, M.C. y Oyhamburu, E. M. (2011). Relation between ANPP and Zootechnical Value of a Halophyte Steppe community in natural grasslands of northeast Flooding Pampa, Argentina. XI International Rangeland Congress. Sesión 2.1. Production, structure and quality of rangelands. pp 311.

- Agnelli, L., Refi, R., Ursino, M., Gregorini, P., Eirin, M., Rodríguez Guiñazú, A., Ansín, O. (2011). Stocking rates effects on performance and ingestive behavior of grazing beef heifers on modified range. International Rangeland Congress. Rosario, Argentina.
- Agnelli, L., Ursino, M., Refi, R., Gregorini, P., Eirin, M., Rodríguez Guiñazú, A. y Ansín, O. (2011). Efecto de dos cargas animales sobre la performance y el comportamiento ingestivo de vaquillonas Aberdeen Angus en pastoreo continuo. Panel de trabajo en la 9^a Expo- Universidad. Jornadas Universidad/Comunidad. Universidad Nacional de La Plata.
- Vecchio, M., Oyhamburu., M, Heguy, B., Pellegrini, A., Lissarrague, M., Chalde, M. y Golluscio, R. (2011). Diferencias en la estructura vegetal de la Estepa de halófitas como resultado de cambiar la carga animal. 34º Congreso Argentino de Producción Animal. I Joint Meeting AAPA-ASAS.
- Oyhamburu, M., Agnelli, L., Ursino, M., y Refi, R. (2012). Composición florística de una promoción de especies invernales bajo pastoreo continuo y en clausura. 25º Reunión Argentina de Ecología. Resúmenes: 51.
- Oyhamburu, M., Fernández, F., Agnelli, L. y Refi, R. (2012). Composición florística y productividad de una promoción de especies invernales en el Norte de la Pampa Deprimida. 25º Reunión Argentina de Ecología. Resúmenes: 52.
- Vecchio, M.C., Heguy, B., Refi, R., Chalde, M., Gianotti, J., García, J., Pellegrini, A., Oyhamburu, M., Lissarrague, M. y Golluscio, R.A. (2012). Consecuencias del pastoreo sobre el carbono edáfico, la riqueza florística, la PPNA y sus relaciones en un pastizal halófilo de la Pampa Deprimida. 25º Reunión Argentina de Ecología. Resúmenes: 348.
- Chalde, M. y Vecchio M.C. (2012). Riqueza y diversidad florística bajo distintas intensidades de pastoreo en pastizales halófitos de la Pampa Deprimida. XXV Reunión Argentina de Ecología.
- Bolaños, V.A. y Vecchio, M.C. (2012) Factores condicionantes de la germinación en una especie nativa de la comunidad halomórfica del pastizal natural de la pampa deprimida; *Chloris berroi*. XXV Reunión Argentina de Ecología.
- Heguy, B., Otundo, J., Vecchio, M., Castrillon, M., Mendes, F. y Isla, T. (2012). Productividad de la estepa de halófitas con diferentes intensidades del pastoreo y con introducción de especies exóticas megatérmicas. XXV Reunión Argentina de Ecología.
- Vecchio, M.C., Pellegrini, A.E., Gianotti, J., García J., Chalde, M., Rodriguez, A. y Golluscio, R. (2012). Efecto del manejo pastoril de una estepa de halófitas sobre indicadores edáficos. XIX Congreso latinoamericano de la Ciencia del Suelo. XXIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo Mar del Plata, Argentina.
- Taborda, L., Oyhamburu, M., Gómez, W., Fiorentino, G. y Lissarrague, M. (2012). Eficiencia de implantación en dos cultivares de “alfalfa” en siembra directa. Revista Argentina de Producción Animal. 32.(1)
- Agnelli, L., Refi, R., Ursino, M., Oyhamburu, M., Darre, M., Roedelsperger, M. y Fossati, R. (2012). Evaluación de la respuesta animal y de una promoción de especies invernales bajo pastoreo continuo. Revista Argentina de Producción Animal. 32 (1), 39.

- Oyhamburu, EM., Fernández, F., Villanueva, M., Agnelli, L., Refi, R. (2013). Estructura y funcionamiento de una promoción de especies invernales bajo clausura. *Revista Argentina de Producción Animal*. 33 (1), 219.
- Agnelli, L., Refi, RO., Oyhamburu, EM., Darré, M., Ursino, MC. y Imaz, A. (2013). Efectos del pastoreo sobre una promoción de forrajeras invernales. *Revista Argentina de Producción Animal*. 33 (1), 220.
- Oyhamburu, E.M., Agnelli, M. L., Refi, R. O. and Ursino, M.C (2013). Effects of continuous grazing and exclusion on the structure of modified Flooding Pampa grassland in Argentina. *Proceedings of the 22º International Grasslands Conferences*. pp 840-841.
- Agnelli, M.L., Refi, R.O., Oyhamburu, E.M. and Ursino, M.C. (2013). Beef heifers performance under continuous grazing on modified grassland in Argentina Flooding Pampa. *Proceedings of the 22º International Grasslands Conferences*. pp. 838-839.
- Lissarrague, M.I., Vecchio, M.C., Heguy, B. y Mendicino, L. (2014). Evaluación del banco de semillas estival de un pastizal halófita de la pampa Deprimida. *Revista Argentina de Producción Animal*. 34 (1), 174
- Musso, A., Lettieri, R., Lissarrague, M. I., Vecchio, M.C., Heguy, B. y Mendicino, L. (2014). Banco de semillas de la estepa de halófitas de un pastizal de la Pampa Deprimida. *XXVI Reunión Argentina de Ecología*. Libro de resúmenes: 159.
- Oyhamburu, M., Fernández, F., Mattioda, A., Agnelli, L. y Refi, R. (2014). Productividad Primaria Neta Aérea de una promoción de especies invernales en la Pampa Deprimida. *XXVI Reunión Argentina de Ecología*. Libro de resúmenes: 73.
- Gianotti, J., Pellegrino, A., Vecchio, M.C., Heguy, B., Oyhamburu, M., García, G. y Golluscio, R. (2014). Calidad del suelo de una estepa de halófitas bajo diferentes manejos. *XXIV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. II Reunión Nacional Materia orgánica y Sustancias húmicas*.
- Fernández, F., Oyhamburu, M., Agnelli, L., Mattioda, A., Sarandón, P. y Ursino, M. (2014). Producción y calidad de semillas de *Lolium multiflorum* en una promoción química de especies invernales. *Revista Argentina de Producción Animal*, 34 (1): 110.
- Agnelli, L., Oyhamburu, M., Refi, R., Ursino, M., Mattioda, A. y Renzi, F. (2014). Recría de vaquillonas Angus en promoción de forrajeras invernales bajo dos métodos de pastoreo. *Revista Argentina de Producción Animal*, 34 (1): 227.
- Agnelli, L., Oyhamburu, M. and Delgado Caffé, J. Rotational grazing in the Flooding Pampa, Argentina. Sustainability pathways. <http://www.fao.org/nr/sustainability/sustainability-and-livestock/database/projects-detail/en/c/267383>
- Bolaños, V.R.A., Vecchio, M.C. y Golluscio, R.A. (2015). Dormición y tipo de suelo como determinantes de la germinación y establecimiento de *Chloris berroi* en la Pampa Deprimida. *Revista electrónica de la UNLP*. Vol. 2, Núm. 1
- Musso, A., Lettieri, R., Heguy, B., Lissarrague, M.I., Vecchio, M.C. y Mendicino, L. (2015). Evaluación del banco de semillas de la estepa de halófitas de un pastizal de la Pampa Deprimida I Jornadas

- de Jóvenes Investigadores de CISaV. Facultad de ciencias Agrarias y Forestales. La Plata, 26 de marzo 2015. Revista electrónica de la UNLP. Vol. 2, Núm. 1. <http://revistas.unlp.edu.ar/InvJov/article/view/2129>.
- Lissarrague, M.I., Vecchio, M.C., Heguy, B., Mendicino, L., Lettieri, M.R., Musso, A. y Golluscio, R.A. (2015). Banco de semillas de una estepa de halófitas excluida al pastoreo en un pastizal de la Depresión del Salado. V Congreso Latinoamericano de Agroecología. Resumen A4-539.
- Bolaños, V.A., Vecchio, M.C. y Golluscio, R.A. (2015). Dormición y tipo de suelo como determinantes de la germinación y establecimiento de *Chloris berroi* en la Pampa Deprimida. Ecología Austral. 2015. 25(1), 75-80.
- Heguy, B y Vecchio, M.C. (2015). La altura del canopeo modifica la emergencia de *Eryngium horridum* Malme (Caraguatá) en un pastizal templado de la Argentina. Revista Facultad de Agronomía. UNLP. Vol 114 (2), 279-286.
- Bolaños, V.A., Vecchio, M.C. y Golluscio, R. (2015). Sucesión Post Clausura al Pastoreo en Pastizal Halófito. Cambios florísticos y edáficos y su relación. V Congreso Latinoamericano de Agroecología. Resumen A2-541.
- Refi, RO., Oyhamburu, EM., Ursino, MC., Renzi, F., Bruera, E., Fernández, J. y Tornesello, A. (2015). Recría pastoril de vaquillonas Angus en promoción de forrajerías invernales. Revista Argentina de Producción Animal, 35 (1): 85
- Agnelli, L., Refi, R., Ursino, M., Darre, M., Oyhamburu, M. y Imaz, A. (2015). Effect of two stocking rates on the ingestive behavior of Angus rearing heifers under continuous grazing. XXIV Congreso Asociación Latinoamericana de Producción Animal (ALPA) y XL Congreso Sociedad Chilena de Producción Animal. Libro de resumen: pp 251.
- Agnelli, L., Renzi, F., Refi, R. y Ursino, M. (2015). Densidad y tamaño de macollos en una promoción de especies invernales sometida a dos métodos de pastoreo. XXIV Congreso de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal (ALPA) y XL Congreso de la Sociedad Chilena de Producción Animal (SOCHIPA A.G.). Libro de resumen: pp 319.
- Heguy, B., Llettieri, M.R., Mujica, M.M. y Golluscio, R.A. (2015). Effect of seed age on germination of *Chloris berroi*. Third Joint Meeting of the Biology Societies of Argentina. Revista. BIOCELL. Sociedad Argentina de Biología. Resumen A127.
- Heguy, B., Oyhamburu, E.M. y Lissarrague, M.I. (2016). Disturbances effects in a temperate grassland of the Flooding Pampa, Argentina. X International Rangeland Congress – IRC2016. Saskatoon, Saskatchewan, Canada.
- Jalil, G., Oyhamburu, M., Fusé, C. y Padín, S. (2015). Herbicidas selectivos para control de *Baccharis notosergila* en pastizales de la Pampa Deprimida. XV Jornadas Fitosanitarias Argentinas. Libro de resúmenes. pp. 159.
- Bolaños, V. A; Vecchio, M.C; Refi, R. y Golluscio, R.A. Sucesión vegetal post-exclusión en la comunidad de halófitas del pastizal de la Pampa Deprimida, Buenos Aires, Argentina VI Reunión Binacional de Ecología. Libro de resúmenes: pp 151.

- Oyhamburu, M., Fernández, F. y Abbona, E. (2016). Composición florística y eficiencia energética de un pastizal y una promoción de especies invernales en la Depresión del Salado. VI Reunión Binacional de Ecología. Libro de resúmenes: pp 291.
- Rodríguez, A.M., Cadaviz, N., Vecchio, M.C. y Jacobo, E.J. (2016). Variación de carbono orgánico del suelo en los pastizales de la Pampa Deprimida bajo distintos usos ganaderos. VI Reunión Binacional de Ecología. Libro de resúmenes: pp 318.
- Agnelli, L., Refi, R., Ursino, M., Bonello, I., Ridao, I. (2016). Effect of climatic anomalies on the productivity of a modified rangeland in the flooding Pampa, Argentina. X International Rangeland Congress. Saskatoon, Saskatchewan, Canadá.
- Bolaños, V.A., Vecchio, M.C., Pellegrino, A. y Golluscio, R. (2016). Exclusion as soil organic carbon restoring strategy in halophyte grasslands in the Flooding Pampa, Argentina. X International Rangeland Congress. Saskatoon, Saskatchewan, Canadá.
- Bolaños, V.A., Vecchio, M.C., Refi, R. y Golluscio R.A. (2016). Zootechnical value of halophytes communities post-exclusion to grazing in Flooding Pampa, Argentina. X International Rangeland Congress. Saskatoon, Saskatchewan, Canadá.
- Pellegrini, A., Vecchio, C., Bossio, M.M., Bolaños, V., Fontenla, F., Martínez, I., Lanfranco, J. y Golluscio, R. (2016). Rol de la cobertura en las propiedades químicas y biológicas de un Natracualf Típico. XXIV Congreso Argentino de la Ciencia de Suelo. Libro de resúmenes: pp 45.
- Vecchio, M.C., Refi, R., Lissarrague M.I., Heguy, B., Bolaños, V.A., Mendicino, L., Rodríguez, A.M. y Golluscio, R.A. (2016). Calidad forrajera de especies nativas de una comunidad de halófitas del Norte. V Congreso Nacional sobre pastizales Naturales. Asociación Argentina para el Manejo de Pastizales Naturales.
- Bolaños, V.A., Vecchio, M.C., Refi, R. y Golluscio, R.A. (2016). Efecto del sombreado y la fertilidad sobre la supervivencia de plántulas de *Chloris berroi* (Ar) y *Paspalum dilatatum* (Poir) situados en dos suelos Natracualf del pastizal de la Pampa Deprimida con distinta historia de sucesión post-pastoreo. V Congreso Nacional sobre pastizales Naturales. Asociación Argentina para el Manejo de Pastizales Naturales.
- Agnelli L., Nadin L., Refi R., Fernández F., Ardenghi D., Rodríguez G. A., Pierri J. y Ursino, M. (2017). Stocking rate effect son temperament and individual performance of beefrearing 2 heifer under continuous grazing in Flooding Pampa. 54^a Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. Libro de resúmenes: pp 1207.
- Agnelli, L., Refi, R., Berastegui, G., Fernández, F. y Ursino, M. (2017) Efectos de la carga animal sobre variables de control durante la utilización de una promoción de raigrás. Revista Argentina de Producción Animal. 37 (1):179.
- Fernández, F.E., Rodríguez Guiñazú, A., D'Elía, E., Fernández, J.M., Oyhamburu, E.M. y Refi, R. (2018). Composición florística y funcionamiento en una promoción de especies invernales bajo clausura. VIII Congreso Nacional IV Congreso del Mercosur sobre Manejo de Pastizales Naturales. Libro de resúmenes: pp 50.

- Fernández, J.M., Lissarrague, M.I., Bruera, E., Fernández, F.E. y Oyhamburu, E.M. (2018). Banco de semillas en una promoción química de especies invernales bajo pastoreo y en clausura. VIII Congreso Nacional IV Congreso del Mercosur sobre Manejo de Pastizales Naturales. Libro de resúmenes: pp 103.
- Agnelli, L., Fernández, F. y Refi, R. (2018). Dinámica entre la capacidad de carga y la tasa de acumulación neta en una promoción de raigrás. Revista Argentina de Producción Animal. 38. (1): 117.
- Agnelli, L., Fernández, F., Escaray, M., Baslli, C., Fernández, J. y Refi, R. (2018). Respuesta animal y de una promoción química de raigrás bajo pastoreo continuo sometida a tres niveles de carga animal. XXVI Congreso de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal (ALPA) y V Simposio Internacional de Producción Animal. Guayaquil, Ecuador. Libro de resúmenes: pp. 53.
- Agnelli, L., Refi, R., Ardenghi, D., Nadin, L., Tomaselli, M., García, B., Basili, C. y Fernández, F. (2018). Temperamento y performance individual de hembras Angus en recría bajo tres niveles de carga animal. XXVI Congreso de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal (ALPA) y V Simposio Internacional de Producción Animal. Guayaquil, Ecuador. Libro de resúmenes: pp. 111-112.
- Machetti, N.E., Pellegrini, A. E., Gutiérrez, N., Giraudo, R., Tropeano, F.; Fernández, F.E., Cosentino, D. y Vazquez, M. (2018). Evaluación del rendimiento de soja y propiedades edáficas en dos suelos encalados en la región Pampeana. XXVI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. San Miguel de Tucumán, Tucumán, Argentina. Libro de resúmenes: pp 167-172.
- Agnelli, L., Ardenghi, D., Fernández, F., Nadin, L. y Casado, C. (2018). Estudio preliminar de embarcaderos bajo aspectos de bienestar animal en el sistema de producción de carne bovina en la Cuenca del Salado, Buenos Aires, Argentina. IV Encuentro Internacional de Investigadores en Bienestar Animal y Reunión Regional ISAE Latinoamérica. Valdivia, Chile. Libro de resúmenes: pp 87.
- Fernández, F.; Tarnovsky, F.; Rodríguez Guiñazú, A.; Agnelli, L.; Refi, R. y Oyhamburu, M. (2018). Eficiencia energética en un rodeo de cría en la Depresión del Salado. XXVIII Reunión Argentina de Ecología. Mar del Plata, Argentina. Libro de resúmenes: pp. 205.
- Tarnovsky, F., Fernández, F., Fernández, J. y Oyhamburu, M. (2018). Calidad de las semillas de *Lolium multiflorum* en una promoción con y sin pastoreo. XXVIII Reunión Argentina de Ecología. Mar del Plata, Argentina. Libro de resúmenes: pp. 206.
- Tarnovsky, F., Fernández, F., Fernández, J., Lissarrague, M. y Oyhamburu, M. (2018). Producción de semillas de *Lolium multiflorum* en una promoción con y sin pastoreo. XXVIII Reunión Argentina de Ecología. Mar del Plata, Argentina. Libro de resúmenes: pp. 207.
- Fernández, F., Agnelli, L.; Rodríguez, G. A, Refi, R y Escaray, M. (2018). Eficiencia energética de una recría de vaquillonas en promoción de especies invernales en la Depresión del Salado. XXVIII Reunión Argentina de Ecología. Mar del Plata, Argentina. Libro de resúmenes: pp.208.

- Voisin, A.I., Chamorro, A.M., Novillo, B.V., Golik, S.I., Pellegrini, A.E., Bolaños, V.A., Rodríguez Guiñazú, A., Fernández, F. y Vecchio M.C. (2018). Eficiencia Energética y Balance de Nutrientes para diferentes lotes agrícolas y ganaderos en General Mansilla, Magdalena. XXVIII Reunión Argentina de Ecología. Mar del Plata, Argentina. Libro de resúmenes: pp. 272.
- Carbone, A.V.; Fernández F.; Arambarri, A.M.; Oyhamburu M. y Urdampilleta, J.I. (2019). Morfoanatomía del órgano subterráneo de *Baccharis notosergila* (Asteraceae): maleza arbustiva de la estepa mesófita bonaerense. XXXVII Jornada Argentina de Botánica, Tucumán, Argentina. Vol 54. Suplemento septiembre. pp 76.
- Machetti, N.E., Pellegrini, A. E., Gutiérrez, N., Giraudo, R., Tropeano, F., Fernández, F.E., Vazquez, M. y Cosentino, D. (2019). Efecto sobre propiedades físicas de la remediación química de la acidez en suelos del ámbito templado argentino. Su incidencia en la producción vegetal. Revista Investigación Joven. Vol 6 N°2. pp 48 - 49.
- Machetti, N., Pellegrini, A.E., Gutiérrez, N.M., Giraudo, R.A., Tropeano, F., Fernández, F., Vázquez, M.E. y Cosentino, D.J. (2019). Efecto del encalado sobre propiedades químicas/físicas del suelo y sobre el rendimiento de soja (*Glycine max*). Revista Ciencia del suelo. Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo. 37 (2), 372-382.
- Entio, L.J., Lissarrague, M.I., Heguy, B., Bravo, M.L., Bezus, R. y Mujica, M.M. (2019). Respuesta germinativa de semillas de especies forrajeras nativas de pastizales halófitos de la Pampa Deprimida. REVISTA ARGENTINA DE PRODUCCIÓN ANIMAL VOL 39 SUPL. 1: 99-167 ISSN en línea 2314-324 ISSN impreso 0326-0550
- Heguy, B., Graciano, C.; Eirin, M.; Lamarche, L.; Fernández, F.; Mendicino, L.; Lissarrague, M. I. (2019). Fertilización de comunidades halófitas de la Pampa Deprimida. Revista Argentina de Producción Animal, 39(1),105.
- Fernández, F.E., Rodríguez Guiñazú, A., Delgado Caffé, J.L., Prando, A.J., Romero, J., Agnelli, M.L. y Oyhamburu, E.M. (2019). Jornadas Ganaderas en El Amanecer como propuesta de integración curricular para estudiantes de Agronomía. Revista Argentina de Producción Animal. 39(1), 3.
- Fernández, F.E., Heguy, B., Sarandón, P.J. y Delgado Caffé, J.L. (2019). Forrajes conservados: una nueva metodología de enseñanza-aprendizaje aplicada en Agronomía. Revista Argentina de Producción Animal. 39(1), 4.
- Carbone, A.V., Fernández, F. E., Hernández, M. P. y Arambarri, A. M. (2019). Morphoanatomy, histochemistry and crystals of the underground system of *Baccharis notosergila* (Asteraceae). Bol. Soc. Argent. Bot. 54, 519-532. DOI: <http://dx.doi.org/10.31055/1851.2372.v54. n4.24930>.
- Podversich, F., Roskopf, S., Abdelhadi, L., Medeiros da Silva, G., Tarnowsky, F., Fernández, F., Sanchez, F., Dubeux, J., Ferraretto, L. and DiLorenzo, N. (2020). Effects of sorghum silage kernel processing on intake and apparent total tract digestibility of beef heifers. Journal of Animal Science. 98 (4), 153-154. DOI. <https://doi.org/10.1093/jas/skaa278.280>.
- Andrade, N.A.; Porto, N.; Entio, L.J.; Lissarrague, M.I.; Bezus, R. (2020). Variabilidad en el vigor de planta en dos poblaciones espontáneas de *Pappophorum vaginatum* Buckley de La Pampa

- Deprimida. IV Reunión Conjunta de Sociedades de Biología de la República Argentina. Libro de Resúmenes: p 63.
- Andrade, N.A; Porto, N.; Entio, L.J.; Lissarrague, M.I.; Bezus, R. (2020). Crecimiento en plantas de dos poblaciones espontáneas de *Pappophorum vaginatum* Buckley de la Pampa Deprimida". Revista Argentina de Producción Animal. 40 (Supl.1): p 56.
- Fernández, F.E., Marino, M.A., Lardoueyt, J.E., Fuente, J., Rodríguez, G.A. y Heguy, B. (2020). Efecto del agregado de fósforo y nitrógeno en la producción forrajera de una pastura de festuca. Revista Argentina de Producción Animal, 40 (1), pp.53.
- Fernández, F.E., Harisgarat, J.M., Rodríguez, G.A., Fernández, J.M., Sarandón, P.J. y Agnelli, M.L. (2020). Efecto de la carga animal en la calidad de semillas de *Lolium multiflorum* en una promoción química. Revista Argentina de Producción Animal. 40(1): pp 54.
- Porto, N.; Andrade, N.A.; Entio, L.J.; Lissarrague, M.I.; Bezus R. (2020). Variabilidad en el vigor de planta en dos poblaciones espontaneas de *Stapfochloa berroi* (arechav.) P.M. Peterson de La Pampa Deprimida. IV Reunión Conjunta de Sociedades de Biología de la República Argentina. Libro de Resúmenes: p. 98.
- Porto, N.; Andrade, N.A.; Entio, L.J.; Lissarrague, M.I.; Bezus, R. (2020). Crecimiento en plantas de dos poblaciones espontáneas de *Stapfochloa berroi* (Arechav.) P.M. Peterson de la Pampa Deprimida". Revista Argentina de Producción Animal. 40 (Supl.1): p. 57.
- Andrade, L.J. Entio, M.I. Lissarrague, R. Bezus. (2021). Emergencia de plántulas en dos poblaciones espontáneas de *Stapfochloa berroi* de la Pampa Deprimida en sustrato sin limitantes. Congreso de la Asoc. Argentina de Producción Animal Vol. 41 Supl. 1
- Andrade, R Porto, N.; Entio, L.J.; Lissarrague, M.I.; R. Bezus. (2021). Plant vigor variability in two spontaneous populations of *Pappophorum vaginatum* Buckley from La Pampa Deprimida. Biocell. 45 (suppl.3): A154, p. 66.
- Andrade, N.A., N. Porto, L.J. Entio, M.I. Lissarrague, R. Bezus. (2021). Vigor de plantas en poblaciones espontáneas de *Pappophorum vaginatum* de la Pampa Deprimida en sustrato sin limitantes. Congreso de la Asoc. Argentina de Producción Animal. 41 (Supl. 1): p 53.
- Andrade, N.A., N. Porto, L.J. Entio, M.I. Lissarrague, R. Bezus. (2021). Potential seedling emergency of two spontaneous populations of *Pappophorum vaginatum* from la Pampa Deprimida. Biocell. 46 (suppl.2): A61, p. 25.
- Carbone, A.V; Fernández, F.E., Hernández, M.P., Martínez Alonso, S.M. y Arambarri, A.M. (2021). *Baccharis notosergila* (Asteraceae): características de sus órganos aéreos, relación con el medio ambiente y el control químico. II Congreso Argentino de Maleza. Asociación Argentina de Ciencia de Maleza. Poster.
- Carbone, A.V., Hernández, M.P., Fernández, F.E., Rodríguez Guiñazú, A. y Arambarri, A.M. (2021). *Baccharis notosergila* (Asteraceae), maleza preponderante en el establecimiento El Amanecer, Buenos Aires, Argentina. XXXVIII Jornada Argentina de Botánica. Sociedad Argentina de Botánica.Oro Verde, Entre Ríos, Argentina. Vol 56. pp 207-208.

- Carbone, A. V., Fernández, F.E., Hernández, M. P., Martínez Alonso, S. M. & Arambarri, A. M. (2021). Morpho-anatomical features of the leaves and stems of *Baccharis notosergila* (Asteraceae) and their relationship with the environment and chemical control. *Bol. Soc. Argent. Bot.* 56: 423-444. DOI: <https://doi.org/10.31055/1851.2372.v56.n4.33519>
- Fernández, F., Graciano, C., Fernández, J., Tarnonsky, F. y Oyhamburu, M. (2021). Modelo de predicción de cobertura vegetal en pastizal de la Depresión del Salado XXIX Reunión Argentina de Ecología, Modalidad Virtual. Tucumán, Argentina. Libro de resúmenes: pp. 181.
- Porto, N., N.A. Andrade, L.J. Entio, M.I. Lissarrague, R. Bezus. (2021). Potential seedling emergency of two spontaneous populations of *Stapfochloa berroi* from la Pampa Deprimida. *Biocell.* 46 (suppl.2): A62, p. 25.
- Porto, N., N.A. Andrade, L.J. Entio, M.I. Lissarrague, R. Bezus. (2021) Vigor de plántas en dos poblaciones espontáneas de *Stapfochloa berroi* de la Pampa Deprimida. *Revista Argentina de Producción Animal* 41 (Supl. 1): p 52.
- Porto, N.; Andrade, N.A.; Entio, L.J.; Lissarrague, M.I.; Bezus, R. (2021) Plant vigor variability in two spontaneous populations of *Stapfochloa berroi* (Arechav.) P.M. Peterson from La Pampa Deprimida. *Biocell.* 45 (suppl.3): A191, p. 81.
- Ciarrocchi, G., E. Delpratto, C. González Giraldo, N. Andrade, N. Porto, L. Entio, R. Bezus. (2022). Efecto de la fertilización nitrogenada sobre caracteres reproductivos en plantas de dos líneas mejoradas de *Pappophorum vaginatum*. I Simposio de Ciencias Agrarias de INTA.
- Fernández, F., Graciano, C., Rodríguez Guiñazú, A., Bonfiglio, F., Bonamy, M. y Heguy, B. (2022). Influencia de las precipitaciones en la producción estival de pastizales en la Depresión del Salado. *Revista Investigación Joven* 9 (2), 57-58.
- Fernández, F.E., Rodríguez Guiñazú, A., Bonamy, M., Vaca, R., Baldo, A. y Prando, A. (2022). Efecto de la altura de pastoreo en la ganancia de peso, la carga animal y la producción de carne en cultivo de servicios. *Investigación Joven* 9 (2), 59.
- Rodríguez Guiñazú, A., Fernández, F.E., Agnelli, M.L. y Delgado Caffé J.L. (2022). Jornada con prácticas a campo para la revinculación post Pandemia de estudiantes de Agronomía. *Revista Argentina de Producción Animal.* 42(1),2.
- Rodríguez Guiñazú, A., Fernández, F.E., Agnelli, M.L., Bonamy, M., Balbi, M., Heguy, B. y Delgado Caffé J. (2022). Jornada ganadera como propuesta de integración curricular post pandemia para estudiantes de Agronomía. *Revista Argentina de Producción Animal.* 42(1),3.
- Fernández, F.E., Graciano, C., Rodríguez, G.A., Bonamy, M., Bonfiglio, F. y Heguy B. (2022). Influencia de las precipitaciones de otoño en la producción de pastizales en la Depresión del Salado. *Revista Argentina de Producción Animal.* 42(1),133.
- Fernández, F.E., Rodríguez, G.A., Bonamy, M., Sarandón, P. y Heguy, B. (2022). Diferencias estacionales en la calibración de pasturómetro en la pradera húmeda de mesófitas en el norte de la Depresión del Salado. *Revista Argentina de Producción Animal.* 42(1),134.

- Fernández, F.E., Rodríguez, G.A., Fuente, J., Lardoueyt, J.E., Marino, M.A. y Heguy, B. (2022). Efecto de la fertilización fosforada y nitrogenada en la población de macollos en *Festuca arundinacea*. Revista Argentina de Producción Animal. 42(1),135.
- Novillo, B.V., Fernández F., Rodríguez, A., Alconada Magliano, M. y Baridon, J. E. (2022). Utilización de indicadores edáficos para determinar efectos sobre el suelo de distintas secuencias de cultivos. Comunicación. 42(1),342.
- May, P, Bezas, R., Entio, L. Germinación y peso de semillas de poblaciones espontáneas de *Sporobolus indicus* de estepas de halófitas de la Pampa Deprimida (Buenos Aires). (2022) I Simposio de Ciencias agrarias del INTA. Pergamino.
- Porto, N.; Entio, L.J.; Bezas, R.; Andrade, N.A.; Lissarrague, M.I. (2022). Asociaciones entre caracteres vinculados al crecimiento inicial en poblaciones espontáneas de *Stapfochloa berroi* de la Pampa Deprimida (Buenos Aires, Argentina). Revista de la Facultad de Agronomía (Universidad Nacional de La Plata).
- Porto, N., S. Podestá, E. Delpratto, G. Ciarrocchi, L.J. Entio y R. Bezas. (2022). Variabilidad en el crecimiento inicial y supervivencia en plantas de dos poblaciones espontáneas de *Stapfochloa berroi*. I Simposio de Ciencias Agrarias de INTA. Pergamino
- Porto, N. L.J. Entio y R. Bezas. (2022). Variabilidad en la emergencia de plántulas en poblaciones espontáneas de *Stapfochloa berroi*. I Simposio de Ciencias Agrarias de INTA. Pergamino, 3 y 4 de noviembre de 2022.
- Porto, N., L.J. Entio, R. Bezas, S.I. Martínez. (2022). Variabilidad en la germinación e incidencia de micopatógenos en semillas de poblaciones espontáneas de *Stapfochloa berroi*. I Simposio de Ciencias Agrarias de INTA. Pergamino.
- Vecchio, M. C., Lissarrague, M. I., Heguy, B., Mendicino, L., Rodríguez, A. M., & Golluscio, R. A. (2022). Efecto del pastoreo sobre el banco de semillas en una estepa de halófitas de la Depresión del Salado. Ecología Austral, 32(1), 077–095. <https://doi.org/10.25260/EA.22.32.1.0.1509>
- Wyngaard, N., Crespo, C., Errecart, P.M., Cicore, P.L., Borrado, C.I., Fernández, F.E., Berone, G.D., Reussi Calvo, N.I., Sainz Rozas, H.R. y Marino, M.A. (2022). Diagnóstico de fertilización fosforada en pasturas de festuca alta (*Festuca arundinacea* schreb.). XXVIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Buenos Aires. Libro de resúmenes, pp 886-891.
- Balbi M, Fernandez F, Rodríguez GA, Galván W, Calcaterra F, Farnetano NA, Anchordoquy JM, Anchordoquy JP, Agnelli L (2023). Uso de lidocaina y/o flunixin meglumina en la castración de terneros Angus: Efecto sobre la temperatura ocular y el comportamiento. Revista Argentina de Producción Animal, Vol43 (1).
- Ciarrocchi, G.; Delpratto, E.; González., Giraldo, C.; Porto, N.; Entio, L.J.; Bezas, R., Andrade, N. (2023). Germinación de semillas de germoplasma mejorado de *Pappophorum vaginatum*: efecto de la fertilización nitrogenada. Revista Argentina de Producción Animal 43 (1).

May, M.P. Bezas, R., Porto, N., Entío, L. (2023). Variabilidad en la germinación y peso de semillas de poblaciones espontáneas de *Sporobolus indicus* en la estepa de halófitas bonaerense. Revista Argentina de Producción Animal 43 (1)

CAPÍTULO 4

El suelo y el agua subterránea de Don Joaquín

Margarita Alconada Magliano, Mateo Rowan, Facundo

Carricaburu, Juan Pablo Vitale, Ariel Germán y Cynthia

Waldman

En el presente capítulo se describen los principales suelos, y se establecen relaciones con la información preexistente, imágenes satelitales, y con otros elementos del paisaje (geomorfología, agua subterránea, vegetación, clima), a fin de comprender el funcionamiento del agua subterránea en Don Joaquín, y como se vincula con el manejo productivo

-MARGARITA ALCONADA,
Campos de la UNLP

4.1 Procedimiento de estudio de los elementos del paisaje: suelo, agua superficial y subterránea

Con la finalidad de establecer el *funcionamiento del paisaje* en Don Joaquín se estudiaron los suelos que prevalecen, y como se vinculan con otros elementos del paisaje, la geomorfología, la vegetación y principalmente con el agua superficial y subterránea. Esta última, es el elemento natural integrador del paisaje (Capítulo 1, punto 1.1) que permite entender el funcionamiento de los flujos de agua subterránea local y regional, y consecuentemente, como se relacionan los elementos del paisaje en todos sus componentes y así, prever escenarios que posibiliten manejos sustentables.

Se consideraron aspectos del paisaje regional y local: *geomorfología, hidrología superficial y subterránea, materiales originales de los suelos, tipo de suelos, y vegetación*. En tal sentido, se analizó el material escrito, digital, y cartográfico (Biblioteca INTA; Biblioteca Edafología, UNLP;

Biblioteca Electrónica de Ciencia y Tecnología Mincyt; publicaciones y materiales disponibles en internet), presentados en sus lineamientos generales en el Capítulo 2 de este libro.

El criterio de interpretación de los flujos de agua subterránea se presentó en el Capítulo 1 (punto 1.2). Asimismo, se utilizaron **índices satelitales** y se definieron a partir de fechas seleccionadas tres **índices espectrales**, considerando la condición de las **precipitaciones** de cada fecha. Se analizó también la **evolución** de los patrones espectrales en imágenes, índices, precipitaciones, suelo y vegetación.

Imágenes satelitales: Fueron provistas y procesadas por INTA Clima y Agua, Castelar (Vitale, Germán, y Waldman), y obtenidas en forma libre desde la web por (estudiantes de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la UNLP (Facundo Carricaburu, y Mateo Rowan).

Las fechas y tipos de imágenes consideradas fueron las siguientes: i) **Imágenes Satelitales** provistas por **INTA** Castelar, Agua y Clima: 21 agosto 2002; 2 julio 2013; 23 nov 2013; 20 junio 2014; 7 sept 2014; 29 nov 2015; 30 agosto 2017; 24 mayo 2018; 17 agosto 2018; 2 octubre 2018; 4 octubre 2018; 27 enero 2020; 22 agosto 2020; 7 oct 2021 y 3 enero 2022.; ii) Obtenidas del **Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS)**: correspondientes al mes de diciembre de los años 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020 y 2021; iii) **Imágenes Satelitales Landsat** obtenidas de **Google Earth**: abril 2016, mayo 2016, diciembre 2016; febrero 2017, junio 2017, diciembre 2017; enero 2018, septiembre 2018, octubre 2018; agosto 2019; abril 2020, y julio 2020.

Índices espectrales obtenidos a partir de imágenes satelitales: Los índices que se utilizan para establecer la forma en que se **distribuyen los suelos y ambientes** (Capítulo 7) son: **Índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI)**; **Índice de Humedad de Diferencia Normalizada (NDMI)** e **Índice de Agua de Diferencia Normalizada (NDWI)**.

A continuación, se explica sintéticamente como se obtuvieron para las imágenes de diciembre entre 2014 y 2021 (Mateo Rowan). Se destaca que en aquellas fechas en que los índices fueron obtenidos por INTA, se introdujeron algunas variantes pero que no modifica su interpretación. Esto se analiza en punto 4.5.

NDVI, Índice de vegetación de diferencia normalizada (Normalized Difference Vegetation Index): Es el **índice de vegetación** más utilizado para **estimar la cantidad, calidad y desarrollo, vegetal** mediante operaciones algebraicas entre bandas de infrarrojo cercano (NIR banda 5 del Landsat 8), y la banda de rojo (RED, VIS banda 4 del Landsat 8). Con estas bandas se realza la vegetación debido a la reflexión-absorción de dicha vegetación (firmas espectrales), atenuando los detalles de otros elementos (suelo, iluminación, agua, etc.), y se obtiene una nueva imagen. Se puede conocer el estado actual de la vegetación, y observar su evolución temporo-espacial.

NDVI se obtiene con la siguiente fórmula:

$$\text{NDVI} = (\text{Banda infrarroja cercana} - \text{Banda roja}) / (\text{Banda infrarroja cercana} + \text{Banda roja})$$

Interpretación del NDVI: estima un indicador adimensional entre -1 y 1, que refleja el vigor del cultivo.

Valores entre 0 a 1: planta sana (elevada clorofila y estructuras celulares) absorbe activamente la luz roja y refleja el infrarrojo cercano cuando ocurre la fotosíntesis. Cuanto más intenso es el verde, más vigor existe en la vegetación y la cubierta vegetal. Debe considerarse, presencia de suelo desnudo, vigor de las malezas, estado fenológico etc.

Valores cercanos a 0: corresponden a zonas con muy poca vegetación, primeras fases del cultivo, suelos desnudos o zonas no productivas.

Valores negativos: suele estar asociado a zonas de agua, nieve o nubes.

Sobre los fundamentos y procesamiento de este índice NDVI puede consultarse en:
<https://mappinggis.com/2015/06/ndvi-que-es-y-como-calcularlo-con-saga-desde-qgis/>..
<https://www.auravant.com/blog/agricultura-de-precision/indices-de-vegetacion-y-como-interpretarlos/#quees-ndvi>

NDMI, Índice de Humedad de Diferencia Normalizada (Normalized Difference Moisture Index):

Detecta los *niveles de humedad en la vegetación* utilizando una combinación de bandas espectrales del infrarrojo cercano (NIR) y del infrarrojo de onda corta (SWIR) (bandas 5 y 6 respectivamente del satélite Landsat 8). Es un *buen indicador del estrés hídrico de los cultivos* a fin de supervisar el riego, y en zonas propensas a los incendios, monitorear los niveles de material combustible. El estrés hídrico dado por el índice NDMI puede confirmarse mediante un NDVI.

El **NDMI** se calcula utilizando la reflectancia del infrarrojo cercano (NIR) y del infrarrojo de onda corta (SWIR): $NDMI = (NIR - SWIR) / (NIR + SWIR)$

Interpretación del NDMI: tiene valores entre -1 y 1, existe estrés hídrico cuando los valores negativos se acercan a -1, valor que aumenta con el contenido de humedad hasta 1 que puede indicar *anegamiento*:

- -1 – (-0.8) Suelo desnudo,
- -0.8 – (-0.6) Cobertura del dosel casi inexistente,
- -0.6 – (-0.4) Cobertura del dosel muy baja,
- -0.4 – (-0.2) Cobertura del dosel baja y seca o muy baja y húmeda,
- -0.2 – 0 Cobertura del dosel media-baja y estrés hídrico alto o cobertura del dosel baja y estrés hídrico bajo,
- 0 – 0.2 Cobertura media del dosel y alto estrés hídrico o cobertura media-baja del dosel y bajo estrés hídrico,
- 0.2 – 0.4 Cobertura del dosel media-alta y estrés hídrico alto o cobertura media y estrés hídrico bajo,
- 0.4 – 0.6 Cobertura del dosel alta, sin estrés hídrico,
- 0.6 – 0.8 Cobertura del dosel muy alta, sin estrés hídrico,
- 0.8 – 1 Cobertura total del dosel, sin estrés hídrico/anegamiento.

Sobre este índice **NDMI** puede consultarse en: <https://eos.com/es/make-an-analysis/ndmi/#:~:text=El%20%C3%8Dndice%20de%20Humedad%20de,estr%C3%A9s%20h%C3%A9s%20drico%20en%20los%20cultivos>.

NDWI, Índice Diferencial de Agua Normalizado (Normalized Difference Water Index):

Este índice se calcula utilizando la combinación GREEN-NIR (verde visible e infrarrojo cercano), (bandas 3 y 5 respectivamente del satélite Landsat 8). Las longitudes de onda del verde visible *maximizan la reflectancia habitual de la superficie del agua, detectando cambios sutiles en la cantidad de masas de agua*. Para ello, se reduce la reflectancia del suelo y de la vegetación, permitiendo que el agua se destaque en la imagen (infrarrojo cercano). El inconveniente de este índice es que es sensible a las construcciones, lo que puede llevar a una sobreestimación del tamaño de las masas de agua.

Se obtiene con la siguiente fórmula: $NDWI = (Green - NIR) / (Green + NIR)$

El resultado de la fórmula NDWI son valores positivos para los elementos de agua y negativos (0) para el suelo y la vegetación.

Interpretación de NDWI (<https://eos.com/es/make-an-analysis/ndwi/>):

- 0,2 – 1,0 Superficie del agua,
- 0,0 – 0,2 Inundación, humedad,
- -0,3 – 0,0 Sequía moderada, superficies sin agua,
- -1,0 – (-0,3) Sequía, superficies sin agua

Si bien se suele comparar el NDMI con el índice NDWI, ambos deben considerarse como índices diferentes. Mientras que el NDMI y la versión de Gao del NDWI utilizan la combinación NIR-SWIR para detectar la humedad en las hojas, el NDWI de McFeeters utiliza la combinación VERDE-NIR para resaltar las masas de agua y controlar su turbiedad. Es decir, el índice **NDMI** sirve para medir el *estado hídrico* de un cultivo, mientras que el **NDWI** sirve para detectar variaciones en *cuerpos de agua*, como ríos, arroyos o zonas inundables.

SIG, Sistema de Información Geográfica: Se realizó mediante el programa QGis de uso libre, utilizando la cartografía disponible de suelos, curvas topográficas, imágenes satelitales, apotreramiento, relevamientos de campo y otros puntos de interés (F Carricaburu).

Clima: Se procesó la **precipitación** del establecimiento y localidades vecinas (establecimiento El Amanecer en Vieytes, localidad de Vieytes, y localidades de Arditi, Punta Indio y Chascomús), mediante el **criterio de Anomalías a partir de la moda** (García y Hernández, 1988). Estos autores indican que la precipitación no sigue una distribución normal, siendo la *moda* más representativa que la media, principalmente en sitios con eventos extremos, tal como se produce en la Pampa Deprimida.

El procedimiento consiste en definir si el año tiene una *condición de Muy Seco, Seco, Normal, Lluvioso y Muy Lluvioso*, a partir del siguiente **Cálculo de Anomalías**:

Moda= Media aritmética - (Desviación estándar)² / media aritmética

Anomalías= Valor anual de precipitación-moda / moda.100

El criterio de interpretación es el siguiente: Moda, todo valor de precipitación inferior a la moda (anomalía negativa) representa un déficit de agua para los cultivos (año Seco), y por el contrario, la anomalía positiva significa que la precipitación fue superior a la moda (año Lluvioso). En la Tabla 4.1 se presenta la correspondencia entre valores de anomalías y tipo de año.

Tabla 4.1 Clasificación del tipo año por su anomalía en la precipitación

Anomalía (%)	Tipo de año
0 - 25	Normal
25 - 50	Lluvioso
50 - 100	Muy Lluvioso
>100	Lluvioso al extremo
0 - (-25)	Seco
-25 - (-50)	Muy Seco
>-50	Seco Extremo

Estudios en campo de suelos: Se identifican los suelos mediante calicatas y observaciones entre 2014 y 2022 en sectores bien diferenciados por alturas y uso del terreno: loma, media loma y bajo, Los estudios de mayor detalle, se realizaron próximos a los freatímetros instalados en 2020. Las propiedades morfológicas del suelo se describen según los criterios de Etchevehere (1976), y las determinaciones de laboratorio por procedimientos estándar de medición (Page *et al.*, 1982; SAMLA, 2006). Las propiedades medidas son las necesarias para definir el tipo de suelo según Soil Taxonomy (2014), con hincapié en aquellas que permiten definir el origen de las propiedades y su vinculación con el agua subterránea. Asimismo, se mide en campo y en laboratorio la calidad físico-química del agua freática.

4.2 Clima

En la Tabla 4.2 se presenta el promedio mensual y total de precipitaciones en Don Joaquín entre 2010 y 2022 (período con registro), y en localidades vecinas para igual intervalo de tiempo, y para todo el periodo que se dispone de información en dichas localidades. En la Tabla 4.3 se presenta la precipitación mensual ocurrida en Don Joaquín entre 2010 y 2022.

En la Figura 4.1a se presentan para los establecimientos Don Joaquín y El Amanecer, y en localidades vecinas, una **síntesis sobre las precipitaciones: total anual, promedios para los**

periodos considerados, moda y tipo de año por el criterio de Anomalías. En Figura 4.1b se muestra la representación gráfica de dichas Anomalías en los establecimientos mencionados, y a modo de referencia, en dos de las localidades analizadas: Punta Indio y Ardití en Magdalena. En esta última Figura 4.1b se aprecia más claramente la condición de Anomalía de cada año: *barras amarillas y naranjas* con valores negativos corresponden a periodos Secos, y *barras verdes y celestes* con valores positivos a periodos Lluviosos, siendo los Normales el valor 0 (*sin barra*). En estas figuras se aprecia que si bien hay comportamientos regionales semejantes, existen también condiciones diferentes para igual año según la localidad. Asimismo, se observa que la *ocurrencia de periodos secos es más frecuente que los lluviosos*. Así, por ejemplo, en Ardití, Magdalena, que es próximo al establecimiento Don Joaquín para el periodo que se tiene registro entre 1999 y 2022, se obtuvieron 7 años muy secos, 25 secos, 25 normales, 7 lluviosos, y 8 muy lluviosos (Figura 4.1a y 4.1b). Esto es coincidente con lo indicado por Ameghino (1886) para la provincia de Buenos, respecto a que las secas son más frecuentes que los periodos muy lluviosos, motivo por el cual este autor recomendaba **no realizar drenes y retener el agua donde cae**.

Tabla 4.2 Promedio mensual y total de precipitación (mm) para DJ entre 2010-2022, de igual periodo en localidades vecinas, y para todo el periodo con registro DJ, Don Joaquín; Am, Amanecer; Vi, Vieytes; Mg, Magdalena (Arditi); Pi, Punta Indio; Ch, Chascomús (Manantiales)

Prom.e/años	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
DJ 2010-2022	86,5	101,3	60,5	90,6	90,5	51,5	93,5	43,6	61,4	82,8	59,5	69,4	899,5
Vi- 2011-2020	98,1	104,5	64,3	92,6	81,1	61,9	88,9	69,8	71,9	112,9	98,9	79,8	1018,5
Pi- 1975-2022	92,9	108,1	104,8	86,4	71,3	54,2	76,7	65,9	78,5	91,1	97,4	65,8	992,9
Pi 2010-2022	123,9	115,7	74,2	89,0	75,2	51,4	104,9	45,7	101,1	69,1	73,0	68,8	992,1
Am 1999-2022	94,0	106,4	92,7	79,5	73,4	53,0	75,4	73,9	73,6	85,2	72,0	57,2	936,3
Am 2010-2022	88,2	97,2	64,6	76,4	75,2	42,6	87,8	62,2	79,8	84,3	62,2	62,0	882,5
Mg-1950-2022	100,8	94,6	98,0	81,2	76,1	61,8	69,5	66,0	68,6	93,0	89,5	75,6	974,5
Mg 2010-2022	91,2	73,5	70,5	71,5	67,0	49,2	83,2	59,8	71,3	92,3	78,8	78,0	886,5
Ch-1977-2022	99,7	114,0	104,4	103,9	77,2	59,3	65,4	62,8	64,4	102,6	95,5	87,9	1026,5
Ch-2010-2022	106,6	120,8	80,2	92,3	74,2	43,8	85,9	62,6	82,7	81,1	70,6	63,2	957,7

Tabla 4.3 Precipitación mensual en Don Joaquín entre 2010 y 2022 (mm)

DJ	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
enero	87	175	39	35	215	122	94	94	55	28	49	45	156
febrero	237	22	226	93	170	10	151	94	13	77	55	68	61
marzo	45	47	56	97	95	16	54	49	97	65	85	20	33
abril	125	43	65	160	72	36	164	65	117	30	145	65	45
mayo	155	25	59	106	80	104	75	109	195	82	10	105	30
junio	55	86	9	0	50	68	20	0	10	160	160	0	0
julio	97	75	9	70	126	52	172	124	140	140	107	40	53
agosto	26	25	185	0	57	20	27	216	85	0	93	0	5
septiembre	92	15	35	133	83	0	53	146	130	44	32	115	5
octubre	38	52	169	20	183	35	84	102	5	177	125	60	27
noviembre	38	46	33	80	184	72	94	12	141	20	21	32	0
diciembre	32	30	157	30	42	25	121	0	173	40	182	0	70
Total Anual	1027	641	1042	824	1357	560	1109	1011	1161	863	1064	550	485

Don Joaquin			El Amanecer, OLIDEN			Arditi, MAGDALENA		
Año	Anuales	Tipo de Año	Total, mm	Tipo de Año	Total mm	Tipo de Año		
2010	1027	NORMAL/HUM	1012	NORMAL	769	SECO		
2011	641	SECO	681	SECO	635	MUY SECO		
2012	1042	LLUVIOSO	1076	NORMAL	1015	NORMAL		
2013	824	NORMAL/SECO	804	SECO	728	SECO		
2014	1357	MUY LLUVIOSO	1405	MUY LLUVIOSO	1383	MUY LLUVIOSO/ LL		
2015	560	MUY SECO	734	SECO	753	SECO		
2016	1109	LLUVIOSO	1133	LLUVIOSO	1060	NORMAL		
2017	1011	NORMAL	806	SECO	1067	NORMAL		
2018	1161	LLUVIOSO	1015	NORMAL	1154	LLUVIOSO		
2019	863	NORMAL	762	SECO	976	NORMAL		
2020	1064	LLUVIOSO	845	SECO	675	MUY SECO/SECO		
2021	550	MUY SECO	650	MUY SECO/ SECO	785	SECO		
2022	485	MUY SECO	550	MUY SECO	654	MUY SECO		
Media	899,5		media	936,3	Media, 1950-2022	974,51		
Moda	817,9		moda	871,5	Moda:	907,68		
					Media 2010-2022	914,17		

Manantiales, CHASCOMUS			Vieytes, MAGDALENA			PUNTA INDIO		
Año	Total, mm	Tipo de Año	Total, mm	Tipo de Año	Total, mm	Tipo de Año		
2010	965	NORMAL/SECO	falta	falta	1220	LLUVIOSO		
2011	655	MUY SECO	849	SECO	971	NORMAL		
2012	1159	NORMAL	1076	NORMAL	falta			
2013	753	SECO	930	SECO	857	SECO		
2014	1414,4	LLUVIOSO	1555	MUY LLUVIOSO	1448	MUY LLUVIOSO		
2015	934,1	SECO	869	SECO	falta			
2016	862,9	SECO	1133	NORMAL	853	SECO		
2017	1218	LLUVIOSO/IN	1170	NORMAL	1012	NORMAL		
2018	1183	NORMAL	773	SECO		LLUVIOSO		
2019	957,4	NORMAL	985	NORMAL	992	NORMAL		
2020	768,5	SECO	845	SECO	740	SECO		
2021	757	SECO			760	SECO		
2022	822,5	SECO			698	MUY SECO		
media 1977-2022	1026,46		media	1018,50	media	1008,3		
moda	964,87		moda	966,4	moda	949,3		
media 2010-22	957,68							

Figura 4.1a Resumen de las precipitaciones para establecimientos Don Joaquín y el Amanecer, y en localidades analizadas: total anual, promedios, moda y tipo de Año (criterio de Anomalías)

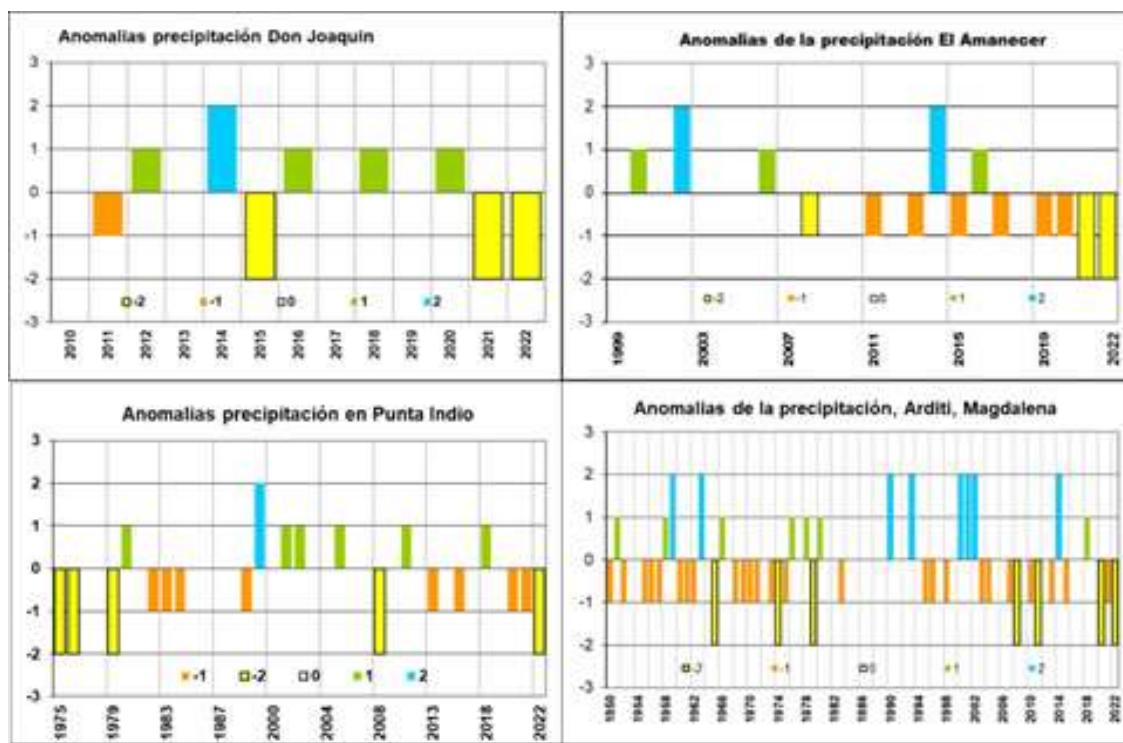


Figura 4.1b Representación gráfica de las Anomalías en los Establecimientos Don Joaquín y El Amanecer, y en localidades de Punta Indio y Ardití. Valores negativos déficit (amarillo y naranja), valores positivos excesos (celeste y verde), y cero normal (sin barra)

En la Figura 4.2 se presenta la condición hídrica a nivel nacional extraída del Servicio Meteorológico Nacional para el periodo 1961-2022. Si bien existe una correspondencia general a *nivel local, regional y nacional*, se producen diferencias en algunos años. Así, por ejemplo, mientras que 2014 fue un año muy lluvioso en todas las localidades presentadas, y a nivel nacional; el año 2020 varió en sus precipitaciones, siendo un año Lluvioso en Don Joaquín y entre Seco a Muy Seco en otras localidades, al igual que a nivel nacional. Esto se analiza con mayor detalle en punto 4.5 sobre Índices espectrales.



Figura 4.2 Anomalías de las precipitaciones a nivel país para el periodo 1961-2022

Barras verdes periodos lluviosos y marrones déficit hídricos, respecto a la precipitación Normal. Adap Servicio Meteorológico Nacional en <https://www.smn.gob.ar/noticias/el-invierno-2022-fue-el-7%C2%B0-m%C3%A1s-seco-en-61-a%C3%B3s>

4.3 Suelos

4.3.1 Síntesis sobre materiales originales y procesos edáficos de la región

En el Capítulo 2 (punto 2.2) se presentaron las ***unidades de paisaje y suelos*** descriptos por Sánchez et al (1976) en los partidos de Magdalena y Brandsen (Figura 2.6), indicándose lo que prevalece en Don Joaquín. En punto 2.3.3 se describen las unidades cartográficas, suelos, paisaje, y materiales originales de los suelos de Don Joaquín, según cartas de INTA, hoja Oliden 1:50000, 3557-20-3.

Sobre los ***materiales originales de los suelos*** de la región, que incluye a Don Joaquín, en punto 2.3 se presentó una descripción detallada realizada por diferentes autores. Para el presente capítulo, y específicamente para el análisis de este punto, ***suelos en Don Joaquín***, se destaca lo señalado por Sánchez et al (1976); Scoppa y Di Giacomo (1998), Morras (2003), respecto al ***origen múltiple*** de los materiales originales de los suelos, con diversos procesos de ***transporte y deposición*** de ***sedimentos loéssicos superficiales***. Estos materiales se depositaron con diferente intensidad, a lo largo de la historia geológica de la región, debido a la ocurrencia de ***sucesos climáticos***.

alternantes, periodos húmedos y secos, cálidos y fríos, que actuaron de manera diferencial según las características y composición de los depósitos, provocando *alteraciones y hasta paleosuelos*. Asimismo, se destaca la **heterogeneidad composicional del material parental** que menciona Morras (2003) y otros autores citados en punto 2.3, que inciden y han incidido en los procesos de **formación y diferenciación pedológica** de la región, al igual que los flujos de agua subterránea que coexisten en el sitio, y del clima.

En el punto 2.3.3 se analizaron los procesos de formación de suelos a partir de la Fm **Pampeana**, sedimento **loéssico** (Scoppa y Di Giacomo, 1998). Sin embargo, estos autores para el sector aproximadamente correspondiente a los campos de la UNLP, describen la presencia de **arcillas** que son derivadas de **sucesivas ingestiones y regresiones marinas cuaternarias**, siendo estos, los sedimentos dominantes. Esto es coincidente con lo señalado por Sánchez et al. (1976) respecto a la presencia de depósitos fluvio-eólicos. Efectivamente, tal como se analiza en punto siguiente, en Don Joaquín se describen materiales muy arcillosos con discontinuidades litológicas de materiales más gruesos. Asimismo, del punto 2.3.1, se reitera lo señalado por Torri (2011), Pereyra y Tobio (2018), respecto a los procesos que se produjeron sobre 2 depósitos sedimentarios principales: **loess y limos**, denominando *loess a los depósitos eólicos y limos a los subácteos*, en una *sucesión rítmica de fases secas y húmedas* de la región pampeana, y de los eventos *climáticos globales*. Durante los momentos más benignos (húmedos) **se edafizó el loess** reconociéndose en la actualidad la presencia de numerosos niveles de **paleosuelos** con **horizontes cárnicos** (Ck), **petrocárnicos** (Ckm), estos últimos correspondientes a calcretas o toscas, y **horizontes argílicos** (Bt) (Argiuidoles). Estos horizontes también se reconocen en el **suelo actual**, indicándose además, la presencia de **horizontes nátricos** (Natracuol-Natracualf), y **álbicos** (Argialbol, Natralbol), ambos vinculados a **superficies freáticas** (flujos de agua subterránea de largo y/o de corto recorrido). Asimismo, en superficie se presenta en el suelo actual, horizontes **mólicos** u **óricos**.

4.3.2 Suelos descriptos en Don Joaquín

En este punto se presenta la descripción de calicatas, en diferentes posiciones topográficas en 2 fechas, y se compara con la cartografía del INTA (1:50000), presentadas en Figuras 2.8 y 2.9 del Capítulo 2 y descriptas detalladamente en punto 2.3.3.

Estudios de suelos, calicatas_ En la Figura 4.3 se muestra la ubicación de las calicatas I, II, y III en las unidades cartográficas del INTA, en una imagen Landsat de Google Earth de septiembre de 2019, y en el esquema actual de apotreramiento de Don Joaquín.



Figura 4.3 Ubicación de calicatas en unidades cartográficas de suelos presentes en el establecimiento Don Joaquín, sobre Imagen satelital Landsat de Google Earth de septiembre de 2019 (sup), y en el esquema actual de apotreramiento de Don Joaquín (inf)

Estas calicatas fueron estudiadas el **21 de noviembre y 18 de diciembre de 2019**, habiendo sido un año por precipitaciones Normal (total 863 mm, Figura 4.1). En octubre, mes anterior al estudio, llovieron 177 mm, y en noviembre 20 mm, el total acumulado entre enero y noviembre fue de 823 mm. En diciembre de 2019, la precipitación fue de sólo 40 mm. Las precipitaciones ocurridas

en los meses comentados, no tuvo el comportamiento promedio del establecimiento ni del regional (Tablas 4.2 y 4.3).

Asimismo, el **14 de septiembre de 2022**, se describen calicatas en iguales posiciones, y se efectúa un análisis de las principales propiedades químicas. Este fue un año Muy Seco, con 485 mm totales (Figura 4.1). Hasta septiembre llovieron 388 mm, en el mes previo de agosto llovieron solo 5 mm, y en septiembre 5 mm (Tabla 4.3). El año precedente fue también Muy Seco.

Posición de bajo, Calicata I (ubicación, Latitud 35°11'21,33'' Longitud 57°50'4,23''), fue realizada el **21 de noviembre de 2019**, en el lote N°.13 (Figura 4.3). El ambiente general puede indicarse como una planicie con leve pendiente (0,14-0,24%) caracterizado por presentar microdepresiones con “lagunas temporales” en algunas fechas. La pendiente es hacia el sudeste donde se encuentra el Arroyo, siendo el *escurrimiento*, bajo a medio, y el *peligro anegamiento* frecuente. Esta calicata se realizó en proximidades del freatómetro 3, instalado con posterioridad.

El uso es ganadero sobre pastizal natural y especies naturalizadas. En la fecha de estudio (19 de noviembre de 2019) la **cobertura del suelo fue del 100%** con predominio de *Festuca sp.* naturalizada, y presencia irregular de trébol criollo (*Lotus tenuis*), trébol blanco (*Trifolium repens*), llantén (*Plantago australis*), cebollín (*Cyperus rotundus*), nabo (*Brassica campestris*), cebadilla (*Bromus unioloides*), capiquí (*Stellaria media*), entre otras menos abundantes. La proporción de estas especies se modifica según los microambientes característicos del sitio. Se correspondería con una **pradera húmeda de mesófitas** según la clasificación de (Burkart et al., 2005) (B. Heguy, com.pers). En la Figura 4.4 se presenta el *ambiente general del sitio*, con diversas vistas y coberturas vegetales. En la Figura 4.5 se observa la irregularidad de la vegetación conforme el microrelieve que caracteriza el ambiente.



Figura 4.4 Ambiente del bajo el 21 de noviembre de 2019 próximo al Arroyo, a aproximadamente 300 m del molino.



Figura 4.5 Irregularidad de la vegetación conforme el microrelieve que caracteriza el ambiente.

En la Figura 4.6a se muestra el perfil del suelo y detalle de horizontes, en la calicata realizada en noviembre de 2019, y en la Figura 4.6b un detalle del suelo en superficie, rico en materia orgánica (4,4%) y el agua freática a 55 cm de profundidad con pH de 7,34 y CE de 1,45 dS.m⁻¹ (medidas en el campo), ubicada en esta fecha dicha agua, en el horizonte 2BC.

Tal como se aprecia en la descripción morfológica y analítica (Tabla 4.4 y Tabla 4.5 respectivamente) se reconoce en el suelo un *epipedón mólico*, un horizonte subsuperficial *nátrico*, con características vérticas (*slickensides*), régimen de humedad ácuico dado el elevado hidromorfismo. El suelo es **alcalino** en todos los horizontes, **no salino a ligeramente salino**. Se lo clasifica taxonómicamente como *Natracuol vértico*.

La descripción realizada el **14 de septiembre de 2022**, se clasificó también como *Natracuol vértico* (Figura 4.7). Sin embargo, no obstante 2022 fue un año Seco, respecto a noviembre de 2019 (Tabla 4.4), el contenido de materia orgánica fue superior, el pH inferior, al igual que el contenido de Na y la RAS. En otras fechas, el suelo se clasifica como *Argiacuol vértico*, debido a cambios en el nivel de sodicidad del horizonte Bt que no llega a cumplir los requisitos para ser horizonte nátrico (Soil Taxonomy, 2014).

Estos cambios se producen por la **forma en que inciden los flujos de agua subterránea**, el sitio es **zona de descarga** con elevación de la superficie freática por presión hidráulica, pero también, tiene **recargas** de agua de lluvia. La presencia de horizontes 2Btss y 2BC con elevada proporción de arcilla expansiva y muy alto contenido de Na, determina una **baja permeabilidad** que posibilita la formación de “*napas colgadas*”, por el agua de lluvia que infiltra o al agua que asciende con mayor facilidad que lo que posteriormente desciende (presión hidráulica vs gravedad). Por lo expuesto el sitio es **pobremente drenado**, y dependiendo del **balance de agua y sales**, varía la alcalinidad y vegetación que se desarrolla.

Sobre los datos analíticos (Tabla 4.4) cabe destacar que se observa una falta de correspondencia entre la suma de cationes y aniones solubles, que si bien podría deberse a un error de laboratorio, no sería el caso, dado que en el suelo ocurren interferencias que modifican los valores medidos (por el método utilizado y concentraciones aniónicas-catiónicas), y que además, dada la presencia de calcáreo, no se mide el Ca⁺² y Mg⁺², y consecuentemente, produce modificaciones en las relaciones iónicas que efectivamente se presentan en el suelo. Consecuentemente, puede indicarse que la tendencia del tipo de sales que prevalece, y su origen, es la comentada.



Figura 4.6a Perfil del suelo en el bajo con detalle del horizonte A y del 2BC, moteados Fe y Mn, y colores gley (noviembre de 2019)



Figura 4.6b Suelo en el bajo en noviembre de 2019: en superficie rico en materia orgánica (izq) y en profundidad (der) con agua freática a 57 cm de profundidad con pH 7,34 y CE 1,45 dS.m⁻¹

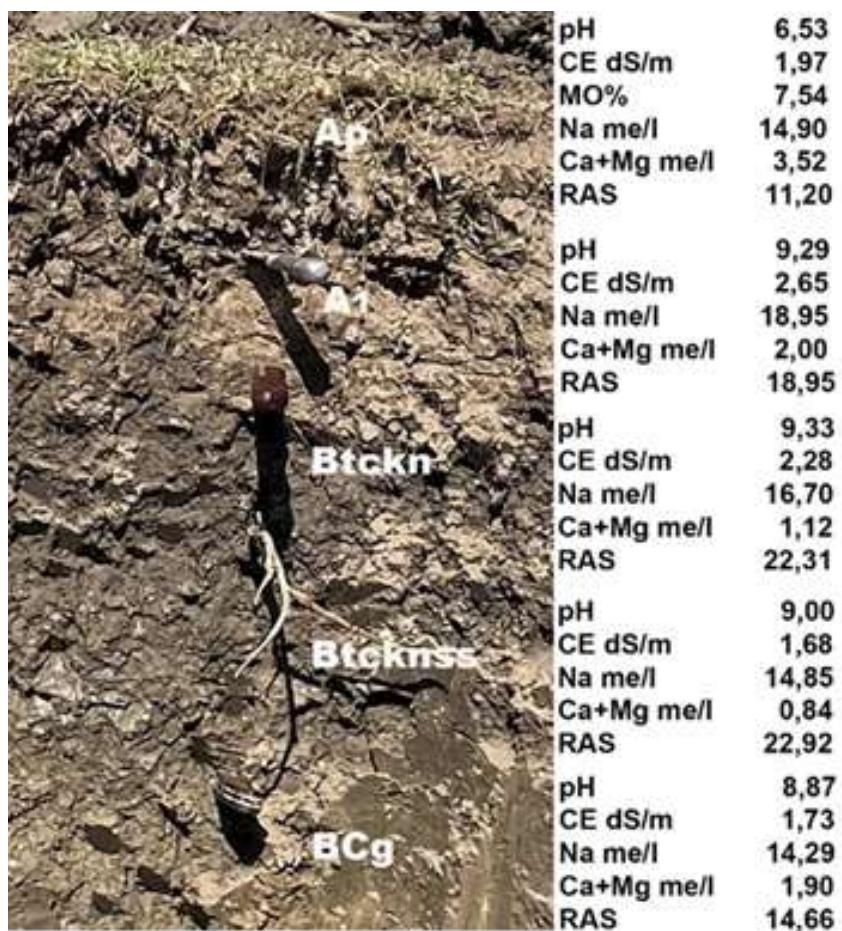


Figura 4.7 *Natracuol* vértico en el bajo, 14 de septiembre de 2022

Sobre la **profundidad de la superficie freática** medida en el freatímetro del bajo, entre noviembre de 2020 y marzo de 2023, varió entre 0,52 m y 1,62 m (Tabla 4.10). En años previos, se encontró en algunas oportunidades, muy próxima a la superficie e incluso sobre la superficie, tal como se analiza en punto 4.4 y 4.5 (Figura 4.29 y 4.53).

No obstante, lo comentado respecto al drenaje, es de destacar que la **infiltración básica** en el **bajo**, en marzo de 2022 resultó elevada (160 mm/h) y baja la **densidad aparente** (1.1 g/cm³), dado que, si bien la cobertura vegetal viva disminuyó respecto a 2019, se mantiene el suelo con broza, y conservando un elevado contenido de materia orgánica (4,44%) (Figura 4.27) (Svärd, 2023). Como se indicó, en septiembre de 2022 se midió 7,54% de materia orgánica (Figura 4.7). Consecuentemente, los aportes de agua subterránea modifican el contenido de agua y la respuesta en la vegetación, con cambios en el contenido de materia orgánica edáfica. En Figura 4.8 se compara la cobertura vegetal en noviembre de 2019 respecto a la de marzo de 2022, y en la Figura 4.9 se muestra la baja cobertura del 21 de abril de 2022, en el sector del freatímetro del bajo.

Si se comparan los **suelos aquí descriptos en el bajo, con** los que se describen en la **carta del INTA** a escala 1: 50.000 (Figura 4.3), se aprecia una buena correspondencia. El sitio se ubica en la unidad cartográfica **CoAIAAb**, un Complejo no diferenciado de suelos alcalinos del Arroyo Abascay en una posición de bajo, en un paisaje de planos cóncavos, con baja capacidad de uso VIIws e Índice de productividad (punto 2.2.3).



Figura 4.8 Detalle de la vegetación en el sector del bajo el 21 de diciembre de 2019 (izq) y 21 de marzo de 2022 (der)



Figura 4.9 Freatímetro 3, instalado próximo a la Calicata I del bajo. Imagen de dron del 21 abril de 2022 (Vitale, Germán, y Waldman, INTA)

Tabla 4.4 Características morfológicas del perfil del bajo en noviembre de 2019

A	0-27 cm; Negro pardo (10YR 2/2) en húmedo; gris pardo (10YR 4/1) en seco; franco limoso; bloques subangulares, finos, medios; duro; firme; plástico a muy plástico, no adhesivo; abundantes raíces; límite abrupto.
2Btss	27-57+ cm; gris pardo (7,5YR 4/1) en húmedo; gris pardo (10YR 5/1) en seco; arcilloso; prismas, grueso, rompen a bloques medios, fuerte; muy duro; firme; muy plástico, muy adhesivo; concreciones de hierro manganeso escasas; slickensides abundantes; moteados abundantes; raíces moderadas (presencia de freática)
2BC	57+ cm; marrón grisáceo (10YR 5/2) en húmedo; gris pardo (7,5YR 4/1) en seco; arcillo limoso; bloques subangulares, medios, moderados; duro; firme; ligeramente plástico, ligeramente adhesivo;

Tabla 4.5 Propiedades analíticas del perfil en el bajo en noviembre de 2019 Horizontes	A	2Btss	2BC	Freática
Profundidad (cm)	0 - 27	27- 57	57+	
Mat orgánica (%)	4,44	-	-	
Carbono total (%)	2,58	-	-	
Nitrógeno (%)	0,298	-	-	
Relación C/N	8,66	-	-	
Arena (%)	21,90	15,82	15,63	
Limo (%)	58,44	30,74	40,56	
Arcilla (%)	19,65	53,44	43,81	
Calcáreo (%)	Vestigios	Vestigios	Vestigios	
CE dS.m ⁻¹	2,13	1,31	1,11	1,41
pH	8,54	8,37	8,52	
Cationes Solubles me.l ⁻¹				
Ca ⁺²	2,1	3,15	1,8	1
Mg ⁺²	1	0,9	0,35	0,6
Na ⁺	18,3	10,1	10,15	14,1
K ⁺	0,5	0,25	0,4	0,4
Suma cationes	21,9	14,4	12,7	16,1
RAS	14,7	7,1	9,8	15,8
Aniones Solubles me.l ⁻¹				
CO ₃	0,67	1,33	1,73	
HCO ₃	1,00	1,00	1,00	
Cl	5,30	9,24	13,50	
SO ₄	13,00	3,60	3,60	
Suma aniones	19,97	15,17	19,83	
Cationes de intercambio cmol.kg ⁻¹				
Ca ⁺²	S/D	S/D	S/D	
Mg ⁺²	S/D	S/D	S/D	
Na ⁺	6,24	3,69	4,50	
K ⁺	1,97	1,24	1,76	
PSI	30	14	18	
CIC me/100gr	20,90	27,14	25,59	
Sat. bases (%)	100	100	100	

En base a lo comentado, puede **sintetizarse** lo siguiente para el ámbito de **bajo**:

- Este ambiente funciona principalmente como **zona de descarga de flujos de agua subterránea de largo recorrido**, con la **coexistencia de flujos locales** (recargas y descargas) que se producen en épocas de lluvias locales. Así, la *profundidad de la superficie freática y su calidad*, depende del flujo de agua subterránea que se ha originado por lluvias ocurridas a grandes distancias, donde recarga (zona de recarga), transita grandes distancias (zona de tránsito), enriqueciéndose de sales en su recorrido, y descarga como flujo ascendente en esta zona (Capítulo 1, Figura 1.2 y 1.3).

- La **sodicidad** que se presenta **en todo el perfil** (prevalece el catión Na^+), como así también, el elevado **pH**, y contenido de Cl^- y/o SO_4^{2-} , confirma que la calidad del agua que incide se corresponde con un **flujo de largo recorrido**.

- Los **flujos locales**, pueden tener su *zona de recarga dentro del propio establecimiento* o sitios próximos, recorrer cortas distancias, y *descargar* en sectores más bajos. Esto junto con las lluvias que también *recargan* en el sitio, la que recibe por escurrimiento, y las “napas colgadas” que pueden formarse sobre el horizonte Bt (agua de superficie), determina cambios en la composición del agua principalmente que anega, y puede modificar el suelo taxonómicamente **Natracuol vertical o Argiacuol vertical**, así como, la comunidad vegetal que prevalece, con especies **hidromórficas y/o halomórficas**.

- La forma en que **coexisten en el sitio los flujos de agua de diferente origen, diluciones o EVP**, generan diferentes **balances de sales**, y grado de sodicidad.

- En zonas de descarga como las del bajo del presente sitio, es frecuente un **elevado contenido de materia orgánica**. Sin embargo, es posible que se produzcan cambios si es que se modifica la composición del pastizal, o se modifica el grado de cobertura, asociado al contenido y calidad del agua incidente. Así por ejemplo, es frecuente que un pastizal con abundancia de especies hidromórficas provea una mayor cobertura y broza que uno alcalino, por ejemplo con *Distichlis sp.* En los suelos estudiados, se aprecian variaciones entre 4,44 y 7,54 % (Tabla 4.5, Figura 4.7)

Posición de media loma alta, Calicata II (ubicación, Latitud 35°11'8,07''S Longitud 57°50'12,32''O), se realizó el **21 de noviembre de 2019**, vecino al sitio donde se instaló posteriormente el freatímetro 2 de media loma, en la misma pendiente que se inicia en el casco del establecimiento hacia el bajo (calicata I) (Figura 4.3). La pendiente general es de 0,5-1%, con un escurrimiento medio y presencia de microrelieves, no obstante, se aprecia una muy **elevada erosión** en algunas imágenes satelitales, tal como en la imagen con el apotreramiento de la Figura 4.3. En igual imagen, se muestra en detalle en la Figura 4.10, la erosión en la *media loma y en el bajo*. La presencia de **microrelieves**, conduce a variaciones en el *tipo de suelo, patrones diferenciales en el contenido de agua, y de la erosión* que se produce. En el bajo es algo menor la erosión, atribuible a la mayor humedad y cobertura vegetal respecto a la media loma.

Dentro del apotreramiento actual del campo, la calicata II se ubicó en el lote 17 en el límite con el lote 16 (Figura 4.3). En la Figura 4.11 se presentan el ambiente de **media loma alta**, con el detalle

de la vegetación (100% de cobertura), y del suelo **Argiudol** **vértico** reconocido en noviembre de 2019, y en la Figura 4.12a el perfil completo con el detalle de horizontes de dicho suelo.

En la descripción de suelo realizada el 14 de **septiembre de 2022**, en el ambiente de **media loma alta**, se reconoce un suelo **Hapludol** **tapto árgico**. En la Figura 4.12b se presenta el perfil de este último suelo con sus propiedades químicas principales. Asimismo, en esta última fecha se realizó una descripción del suelo en proximidades del molino, en posición de **media loma baja** (entre la Calicata II y Calicata I), clasificándose como **Argiudol**, pero con un elevado contenido de Na, que podría incrementarse y ser entonces **Natracuol**. En Figura 4.12c se presenta este último suelo, y propiedades químicas principales.

El **uso** del sector de **media loma alta** es agrícola ganadero, se alternan cultivos anuales como **maíz y soja**, con **pastura perennes**. En la fecha de estudio de noviembre de 2019, se desarrollaba una pradera de festuca (*Festuca sp*), rye grass (*Lolium sp*) y trébol blanco (*Trifolium repens*) como especies predominantes, también *Lotus sp*, pasto de invierno (*Poa annua*), juncos, Cebollín (*Cyperus sp.*), cardo Negro (*Cirsium Vulgare*) y cardo de castilla (*Cynara cardunculus*), como vegetación secundaria. Al igual que lo comentado para el bajo, esta vegetación presenta un patrón irregular en su distribución, debido al *microrelieve*, modificando principalmente la proporción de especies, tal como se aprecia en Figura 4.13. En marzo y abril de 2022, periodo muy seco, en la media loma disminuyó la cobertura vegetal y aumentó la erosión (Figura 4.14). En esta última figura, la foto de la media loma fue obtenida con un dron, y se toma desde el lote 10 hacia el lote 9 y piquetes (Figura 4.3). Se indica en rojo el sector de la foto en la imagen satelital de la Figura 4.14.



Figura 4.10 Detalle de la imagen satelital de septiembre de 2019, en calicatas del bajo y la media loma



Figura 4.11 Ambiente de media loma alta, Calicata II, 21 de noviembre de 2019. Detalle de la vegetación y del suelo *Argiudol véricto*



Figura 4.12a Perfil de media loma alta, *Argiudol véricto* (izq), con detalle de horizontes Bt (der), calicata II en noviembre de 2019

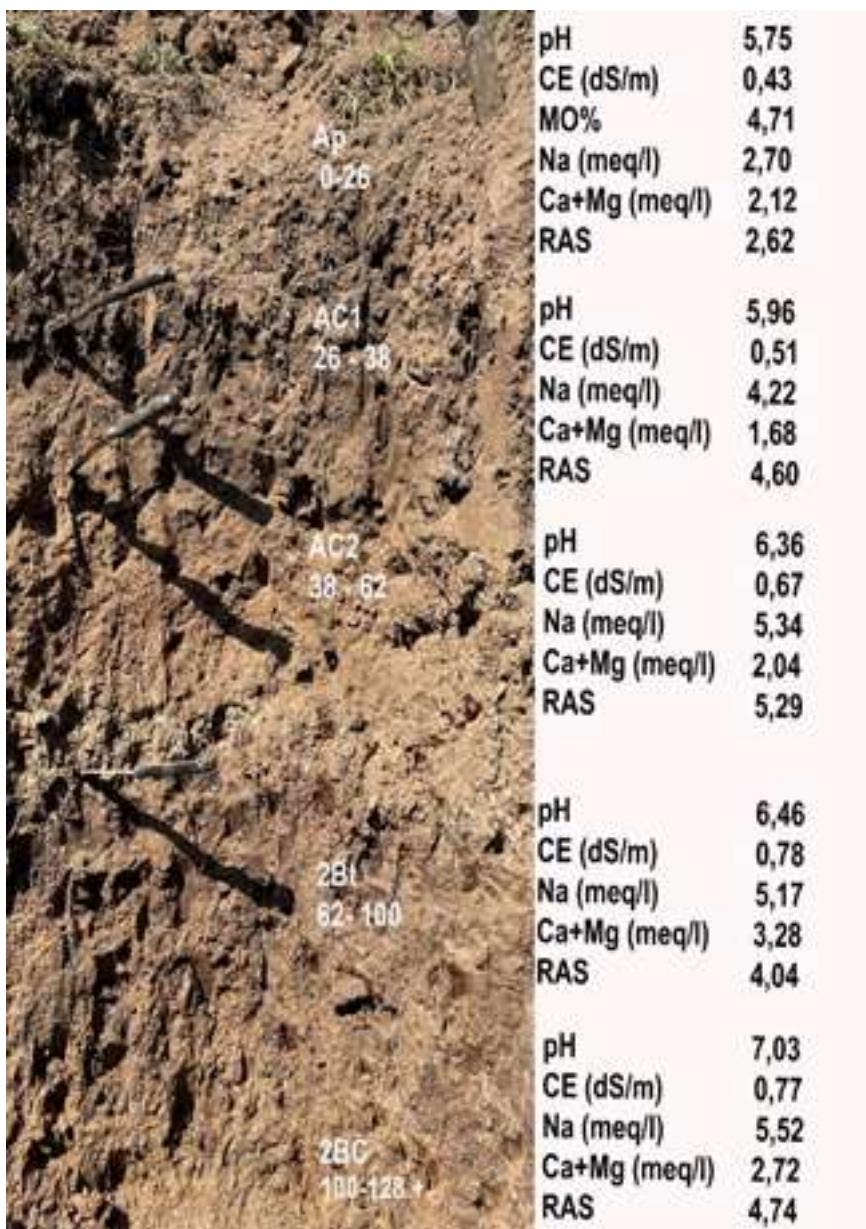


Figura 4.12b Perfil de media loma alta, *Hapludol tapto árgico*, con propiedades químicas principales, en septiembre de 2022

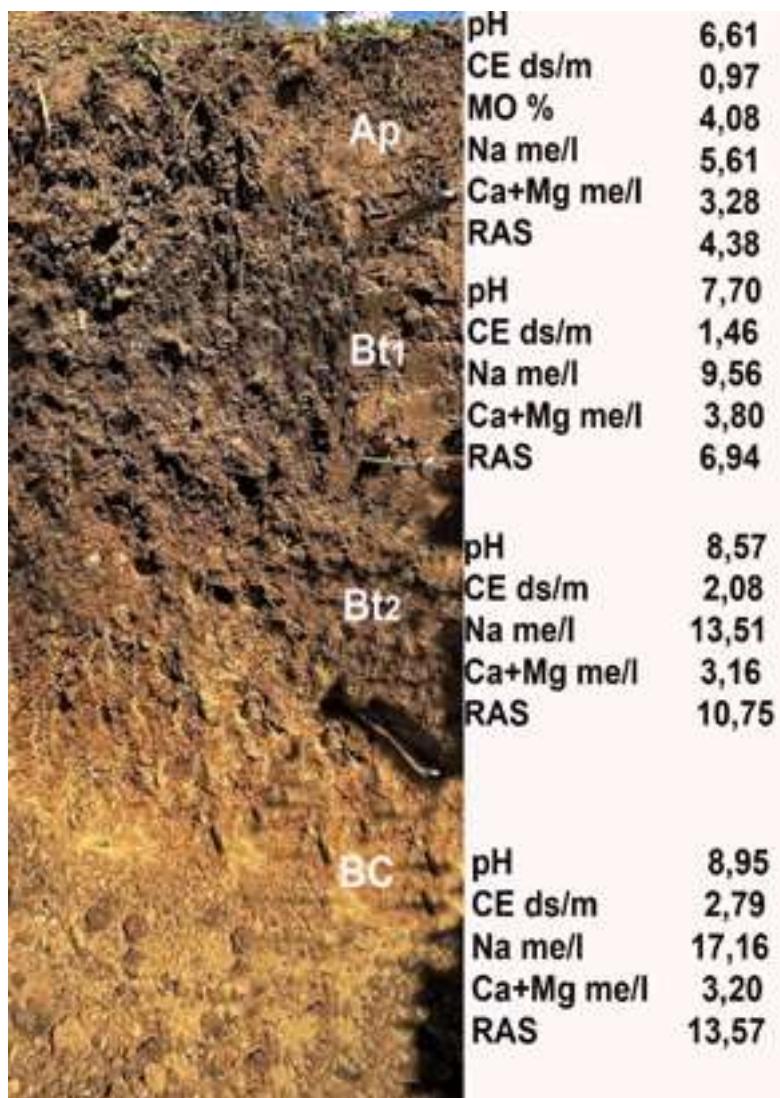


Figura 4.12c Perfil de media loma baja, *Argiudol – Natracuol* con propiedades químicas principales, en septiembre de 2022



Figura 4.13 Media loma, calicata II, 21 de noviembre de 2019, vegetación presenta un patrón irregular en su distribución, debido al microrelieve



Figura 4.14 Ubicación de calicatas en Imagen satelital del 16 de marzo de 2022 (año Muy Seco). Se indica en rojo el sector de la foto sacada por un dron en media loma

En la Tabla 4.6 se presenta la descripción morfológica, y en Tabla 4.7 la descripción analítica del suelo en la **media loma alta** efectuada el **21 de noviembre de 2019**. Se reconoce un **epipedón mólico**, y un **horizonte argílico**, con características verticales (*slickensides*), **régimen de humedad údico**, dado que la **superficie freática** no se encontró hasta la profundidad de estudio del suelo (1,4 m), y no se reconocen rasgos hidromórficos. Asimismo, al instalar el freatímetro, el 7 de noviembre de 2020, la freática se ubicaba a 2,5 m de profundidad. No obstante, en otras fechas estuvo próxima a la superficie (punto 4.4.2) y podría indicarse entonces, que el régimen de humedad es **ácuico**. El aumento de **pH** en profundidad puede atribuirse a la presencia de calcáreo y cierta sodicidad proveniente de flujos de agua subterránea. El **Na⁺ soluble** es moderado en todo el perfil, así como el **PSI**, elevando hasta 4-5 en los horizontes 3BC y 3C. Se destaca un alto contenido de **materia orgánica** (4,95%). La **permeabilidad** es moderada a moderadamente lenta, por la presencia de un horizonte Bt espeso y muy arcilloso (Figura 4.27) (Svärd, 2023). El **drenaje**, si bien por permeabilidad y escurrimiento, podría definirse como moderadamente bien drenado, como se indicó, el comportamiento de la superficie freática es variable (punto 4.4.2), por lo cual podría indicarse como imperfectamente drenado. Se clasifica taxonómicamente como **Argiudol vértico** (Figura 4.12a). La **limitante** principal de uso es el drenaje y la erosión hídrica.

En el estudio efectuado el **14 de septiembre de 2022**, se aprecia una discontinuidad litológica que se presenta en las microlamas, y como se indicó, se clasificó como **Hapludol tapto árgico** (Figura 4.24b). Se aprecia en este último suelo, una **mayor permeabilidad** de los horizontes A y AC, un bajo pH en todos los horizontes, y un aumento del contenido de Na soluble, al igual que el RAS, siendo estas dos últimas variables superiores a las medidas en el *Argiudol vértico* (Figura 4.12a). Respecto a la **materia orgánica**, también fue elevada. Los cambios en el contenido de **Na⁺, RAS, y pH**, se deben a la forma en que incide el agua que infiltra y que asciende desde la superficie freática.

En el suelo de la **media loma baja** (Figura 4.12c), el pH es elevado a partir del Bt1 y se incrementa en profundidad hasta un valor de 8,95 en el BC. Asimismo, aumenta la salinidad ($2,79 \text{ dS.m}^{-1}$) y la RAS a alcanza un valor próximo a 14. En este suelo, la discontinuidad litológica no está presente, posiblemente por erosión.

Este ambiente de **media loma** se ubica por su posición en la unidad cartográfica **CoLM** de la hoja Oliden a escala 1: 50.000 del INTA, en el límite de la UC **Etch** (Figura 4.3). Tal como se indicó en Capítulo 2 (Figura 2.8 y 2.9, punto 2.3.3), la UC **CoLM** es un Complejo no diferenciado hidromórfico denominado Los Mochos (*Natracualf típico*), en una posición de bajo, en un paisaje de planicies muy anegables e inundables con baja capacidad de uso VIIws e Índice de productividad de tan solo 4. Consecuentemente, *no se corresponde con lo observado en el campo*, dado que como se indicó, se reconoció en la media loma alta suelos agrícola-ganaderos, **Argiudol vértico** y **Hapludol tapto árgico**. En la media loma baja, si habría mayor correspondencia dado el mayor contenido de **Na⁺**, y su proximidad con el bajo.

El suelo Argiudol vértico (Calicata II) si bien podría corresponderse con la **Serie Etcheverry, Paleudol vértico**, que integra la UC Etc, no cumple el requisito para ser **Paleo** (Soil Taxonomy, 2014).

Tabla 4.6 Características morfológicas del perfil en la media loma alta en noviembre de 2019

A	0-25 cm; negro pardo (10YR 2/2) en húmedo; gris pardo (10YR 5/1) en seco; franco limosa; bloques subangulares medios, fuerte; duro; firme; ligeramente plástico, no adhesivo; raíces moderadas; límite inferior claro, ondulado.
2Btss1	25-43 cm; negro pardo (7,5YR3/1) en húmedo; gris pardo (7,5YR 4/2) en seco; arcillosa; bloques subangulares, grueso; muy duro; muy firme; muy plástico, muy adhesivo; barnices abundantes; slickensides moderados; moteados escasos; raíces escasas; límite inferior claro, ondula.
2Btss2	43-62 cm; Marrón Oscuro (7,5YR 3/3) en húmedo; marrón grisáceo (7,5YR 4/2) en seco; arcillosa; prismas gruesos, fuertes, que rompe a prismas finos y bloques finos; muy duro; muy firme; barnices abundantes; chorreadura de materia orgánica; raíces escasas; límite inferior claro ondulado.
2Btss3	62-83 cm; marrón Opaco (7,5YR 5/3) en húmedo; marrón opaco (7,5YR 5/4) en seco; franco arcillo limosa; prismas, medios, fuerte, ligeramente duro; firme; plástico; ligeramente adhesivo; barnices moderados; chorreadura de materia orgánica, límite inferior claro.
3BC	83-120 cm; marrón (7,5YR 4/3) en húmedo; marrón opaco (7,5YR 7/3) en seco; franco limosa; masivo; duro; friable; ligeramente plástico; no adhesivo; presencia de calcáreo, límite inferior claro.
3C	120-140+ cm; negro pardusco (7,5YR 3/1) en húmedo; naranja opaco (7,5YR 7/3) en seco; franco limoso; masivo, duro; friable; ligeramente plástico; ligeramente adhesivo.

Tabla 4.7 Propiedades analíticas del perfil en la media loma alta en noviembre de 2019

Horizontes	A	2Btss ¹	2Btss ²	2Btss ³	3BC	3C
Profundidad (cm)	0-25	25-43	43-62	62-83	83-120	120-140+
Mat. orgánica (%)	4,95					
Carbono total (%)	2,87					
Nitrógeno (%)	0,357					
Relación C/N	8,04					
Arena (%)	20,00	19,49	26,43	15,20	19,40	20,00
Limo (%)	69,86	38,05	31,75	53,15	65,55	65,25
Arcilla (%)	10,14	42,45	41,83	31,65	15,05	14,75
Calcáreo (%)					Vestigios	Vestigios
CE dS.m ⁻¹	0,48	0,48	0,39	0,42	0,50	0,48
pH pasta	5,78	6,71	6,82	6,96	7,90	7,90
Cationes solubles me/l						
Ca ⁺²	2,00	2,45	2,10	1,35	1,80	1,90
Mg ⁺²	0,60	1,05	1,00	0,35	0,70	0,40
Na ⁺	2,21	2,90	2,55	2,05	2,75	2,40
K ⁺	0,50	0,45	0,40	0,35	0,25	0,25
Suma cationes	5,31	6,85	6,05	4,10	5,50	4,95

RAS	1,94	2,19	2,05	2,22	2,46	2,24
Aniones solubles me/l						
CO ₃ ⁻²	0	0	0	0	0	0
HCO ₃ ⁻	4,00	2,00	1,00	2,00	4,00	3,00
Cl ⁻	2,45	1,30	1,15	0,39	1,40	2,30
SO ₄ ⁻²	1,60	3,00	3,20	1,80	1,80	1,80
Suma aniones	8,05	6,30	5,35	4,19	7,20	7,10
Cationes intercambiables cmol.kg ⁻¹						
Ca ⁺²	10,90	19,45	20,60	19,10	S/D	S/D
Mg ⁺²	3,50	5,05	6,80	4,15	S/D	S/D
Na ⁺	0,33	0,91	0,71	0,74	0,59	0,50
K ⁺	0,09	0,26	0,20	0,21	0,16	0,14
Suma Bases	14,82	25,67	28,31	24,20	S/D	S/D
CIC	17,33	25,82	28,71	26,58	12,4	11,8
CIC Estimada	14,97	33,96	33,46	25,32	12,04	11,8
PSI	2	4	2	3	5	4
Sat. bases (%)	86	99	99	91	100	100

En base a lo comentado, puede **sintetizarse** lo siguiente para el ámbito de **media loma**:

- Se identificaron en la **media loma alta** suelos **Argiudol** **vértico** y **Hapludo tapto árgico**, con bajo contenido de Na⁺, RAS, y pH. Sin embargo, aumenta en profundidad y en otras fechas se ha identificado en estos suelos la presencia de la **superficie freática a poca profundidad** (Punto 4.4.2).
- En la **media loma baja**, si bien en la fecha de estudio (septiembre de 2022) se clasifica también como **Argiudol**, el elevado incremento del pH, Na⁺ y RAS indica que en otros periodos podría ser clasificado como **Natracuol**, al igual que en el bajo. Sin embargo, en este último, dada su posición, los aportes de agua son superiores, tanto por escurrimiento como subsuperficialmente, por lo cual es de prever mayores cambios en el contenido de sales, pH, y alcalinidad.
- El ambiente de **media loma**, presenta una **topografía irregular**, con microdepresiones y microlomas, la **discontinuidad litológica** que se presenta en estas últimas posibilita una mayor permeabilidad y mejores condiciones productivas del suelo. El espesor de dicha discontinuidad (horizonte A y AC) varía con la **erosión** que han tenido este ambiente, situación que actualmente continua. Esto se manifiesta en la **irregularidad de la vegetación**, y **anegamientos temporales** en microdepresiones con menor permeabilidad.
- El sitio recibe **flujos de agua subterránea de largo recorrido** que se evidencian en periodos de mayores lluvias regionales, y **flujos locales** por lluvias del sitio. Las recargas de lluvia local, son efectivas en los sectores con discontinuidad litológica y con cobertura vegetal.
- Las **principales limitantes** de este ámbito es la **irregular permeabilidad**, entre baja a media, la **erosión**, y elevación de la **superficie freática** con sodificación.

- El **manejo** debe procurar la cobertura vegetal, siendo un ámbito más ganadero con pasturas que agrícola. En las imágenes satelitales, es el ámbito que se observa con **mayor erosión**, por lo cual, el suelo debe mantenerse cubierto todo el año.

- Es posible, que el agua en superficie se asocie, además de lo comentado, a la presencia de **canales** (Figura 4.22). Esto posiblemente también explique la erosión hídrica observada.

Posición de Loma, Calicata III (Ubicación, Latitud 35°10'48.21"S Longitud 57°50'21.91"O), se realizó el 18 de diciembre 2019, en el lote 5 próximo al lote 7, ambos de uso *agrícola-ganadero* (Figura 4.3), en proximidades del freatímetro 1 instalado con posterioridad. El ambiente es *plano con suaves pendientes, muy ligeramente ondulado con microdepresiones* algo menos marcadas que en el resto del establecimiento. Estas microdepresiones se observan en el campo, y especialmente en imágenes satelitales, por las “*siluetas*” de “*lagunas temporales*”, con disminución de la infiltración en algunos sectores, diferente contenido hídrico y elevada **erosión hídrica** (Figura 4.15). Asimismo, es posible que se produzca **erosión eólica** cuando el suelo se denuda y/o dispersa, con un aumento de limo en superficie (colores blanquecinos), tal como se apreció con el cultivo de alfalfa en un año muy seco en septiembre de 2022 (Figura 4.20).

El **escorrimiento** es medio, y el peligro **anegamiento** se presenta por acumulaciones temporales de agua de lluvia debido a la **permeabilidad** moderadamente lenta (9mm/h) (Figura 4.27) (Svärd, 2023). El **drenaje** resulta entre moderadamente bien drenado a algo pobemente drenado.

El lote 5 en diciembre de 2019 se encontraba con cultivo de soja de segunda (*Glycine max*), con crecimiento irregular y sectores con vegetación seca (Figura 4.16), y en el lote 7 con una pastura de alfalfa (*Medicago sativa*) con sectores con menor crecimiento y erosionados. Como vegetación espontánea, en los bordes entre ambos lotes se identificó: cicuta (*Conium maculatum*), gramilla (*Cynodon dactylon*), *Festuca sp*; cardo negro (*Cirsium vulgare*), pasto miel (*Paspalum dilatatum*), tala (*Celtis tala*), con 100% de cobertura.

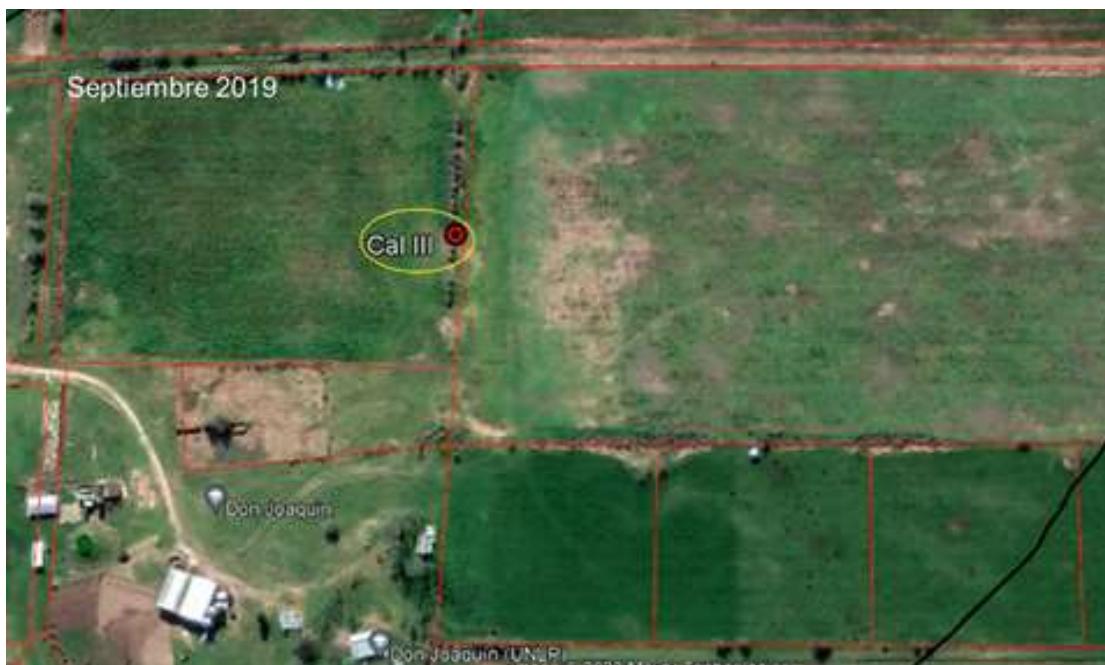


Figura 4.15 Imagen satelital Landsat extraída de Google Earth de septiembre de 2019 con evidencia del microrelieve por diferente contenido hídrico, sectores con anegamiento temporal, y patrón de erosión. A la derecha de la calicata se encuentra el lote 7 con alfalfa, y a la izquierda el lote 5 con soja.



Figura 4.16 Efecto de la irregularidad del lote en el cultivo de soja (crecimiento irregular, y vegetación seca)

En la Figura 4.17 se presenta el ambiente de loma con crecimiento irregular del cultivo de soja, y el perfil edáfico. En la Figura 4.18 se muestra dicho perfil con el detalle de horizontes. Se estudió hasta 1,65 m de profundidad (con pala y barreno), no encontrándose la superficie freática. Al instalar el freatímetro en este sitio, el 7 de noviembre de 2020, la superficie freática se ubicaba a 3,3 m de profundidad. En las Tablas 4.8 y 4.9 se presenta la descripción morfológica y analítica del suelo en la loma en diciembre de 2019.

Tablas 4.8 Características morfológicas del perfil del suelo en la loma en diciembre de 2019

A	0-18 cm; pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3/2) en húmedo; pardo grisáceo (10YR 5/2) en seco; franco limoso; bloques subangulares, finos, medios, que rompen a granular; fuerte, duro, firme; ligeramente plástico, ligeramente adhesivo; abundantes raíces; límite abrupto, suave.
2Btss1	18-46 cm; negro pardo (7,5YR 3/2) en húmedo; negro pardo (10YR 3/2) en seco; arcillosa; prismas finos que rompen a bloques cuneiformes, medios, fuerte; muy duro; muy firme; muy plástico, muy adhesivo; raíces escasas; barnices abundantes; slickensides abundantes; límite claro, suave.
2Btss2	46-69 cm; negro pardusco (7,5YR 3/2) en húmedo; marrón (7,5YR 4/3) en seco; arcillosas; prismas grandes rompen a bloques cuneiformes, medios, fuerte; muy duro; firme; plástico, muy adhesivo; raíces escasas; barnices abundantes; slickensides abundantes; moteados escasos (7,5YR 6/6), límite abrupto, suave.
3BCk	69-90 cm; marrón opaco (7,5YR 5/4) en húmedo; naranja opaco (7,5YR 7/4) en seco; arcillo limoso; bloques, medio, fuertes; duro; ligeramente firme; no plástico, ligeramente adhesivo; barnices comunes; moteados abundantes, concreciones manganeso escasos; calcáreo abundante; raíces escasas a ausentes; límite claro, suave.
3Ck1	90-110 cm; marrón opaco (7,5YR 5/3) en húmedo; naranja opaco (7,5YR 7/3) en seco; franco arcillo limoso; masivo; friable; no plástico y ligeramente adhesivo; concreciones de carbonato abundantes.

Tabla 4.9 Características analíticas del perfil del suelo en la loma en diciembre de 2019

horizonte	A	2Btss1	2Btss2	3BCk	3Ck1
Profundidad (cm)	0 - 18	18 - 46	46 - 69	69 - 90	90+
Mat. orgánica (%)	4,04				
Carbono total (%)	2,34				
Nitrógeno (%)	0,276				
Relación C/N	8,48				
Fosforo Bray					
Arcilla (%)	24,32	54,23	55,88	41,18	33,17
Limo (%)	59,55	32,34	29,41	41,67	50,48
Arena (%)	16,13	13,43	14,71	17,16	16,35
Calcáreo	Leve	Leve	Leve	Fuerte	Fuerte
Humedad (%)					24,2
CE dS.m ⁻¹	0,92	0,962	1,1615	1,2045	1,1205
pH pasta	7,22	8,17	8,48	8,66	8,76

Cationes Solubles me.l ⁻¹					
Ca ⁺²	2,55	1,7	1,1	0,95	0,75
Mg ⁺²	2,2	1,3	0,7	0,8	0,75
Na ⁺	2,35	4	4,4	5,5	6
K	3,3	2,65	2,2	0,95	0,65
Suma cationes	10,4	9,65	8,4	8,2	8,15
RAS	1,52	3,27	4,64	5,88	6,93
Aniones solubles dS.m ⁻¹					
CO ₃	0	1,07	1,20	1,07	0,93
HCO ₃	8	2	1	1	2
Cl	16,3	9,2	6,3	9,2	2,8
SO ₄	2	3	3,8	3	2
Suma aniones	26,3	15,27	12,30	14,27	7,73
Bases de Cambio					
Ca ⁺² me.100 ⁻¹	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
Mg ⁺² me.100 ⁻¹	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
Na ⁺ me.100 ⁻¹	3,78	5,57	7,60	8,50	8,42
K ⁺ me.100 ⁻¹	3,47	7,07	6,14	4,43	2,97
CIC estimada	20,24	43,38	44,7	32,94	26,53
PSI estimado	18,67	12,84	17,00	25,8	31,73
Sat. bases (%)	100	100	100	100	100

En este suelo se reconoce un **epipedón mólico**, un **horizonte nátrico, características vérticas (slickensides), y régimen de humedad ácuico**. Sobre este régimen se indica, que si bien no presenta elevados rasgos redoximórficos, el Na es muy elevado desde superficie y presenta cromas de 2 en los horizontes Bt (Soil Taxonomy, 2014). En esta clasificación, el régimen ácuico se satisface cuando se dan una o más de las siguientes condiciones: “*un porcentaje de Na intercambiable de 15 o más en superficie o 13 de RAS, y una disminución en profundidad, o si el Croma es 2 con diferentes Values, en general claros, que revelan que hay empobrecimientos rédox, o reacción positiva a la dipiridil-alfa a una profundidad de 40-50 cm por suficiente hierro-ferroso activo*” (Soil Taxonomy, 2014).

Se lo clasifica como **Natracuol vértico**, siendo la principal **limitante de uso** el **drenaje** por la presencia de un horizonte Bt fuertemente textural, características **vérticas (slickensides y estructuras cuneiformes)**, consistencia en seco dura, y tendencia a la compactación. Es **alcalino** con pH mayor a 8 a partir de los 18 cm, con ligera salinidad en algunos horizontes. La **superficie freática** en esta y otras fechas, no se encontró próxima a la superficie. Sin embargo, la presencia de una alta proporción de arcillas expansivas y de Na, revela que en algún momento de su evolución pudo haber tenido influencia de la superficie freática. En el Capítulo 2, punto 2.3, se describen los períodos secos-húmedos que caracterizaron a la región, y como estos incidieron en los materiales originales que se depositaron y en la pedogénesis.

Entre sus limitantes se destaca también, que es un ambiente y suelo propenso a la **erosión hídrica**, que no sólo se evidencia por lo comentado precedentemente (Figura 4.15), sino también,

por el **escaso espesor del horizonte A** (18 cm). Los suelos descriptos en 1969 en ámbitos semejantes, presentaban un espesor de **45 cm** entre el horizonte A y AB (*Paleudol* vértico Serie Etcheverry). (Figura 2.9).



Figura 4.17 Vista del sector de loma de Calicata III con cultivo de soja irregular, sectores con vegetación seca, y perfil edáfico del *Natracuol* vértico



Figura 4.18 Perfil de loma, Calicata III con detalle de horizontes A, 2Btss y 3BCk

En el estudio del suelo realizado el **14 de septiembre de 2022**, en el **lote 7, con cultivo de alfalfa**, se identificó, un suelo ***Argiudol* vertical**. En la Figura 4.19 se presenta el perfil de este suelo con sus principales características químicas, y en la Figura 4.20 el ambiente en diferentes sectores (presentados parcialmente en la Figura 2.14). Se observa la heterogeneidad del cultivo que se atribuye a la variabilidad del suelo, tal como se comentó precedentemente (microdepresiones, infiltración, contenido hídrico, erosión, diferente espesor del horizonte A).

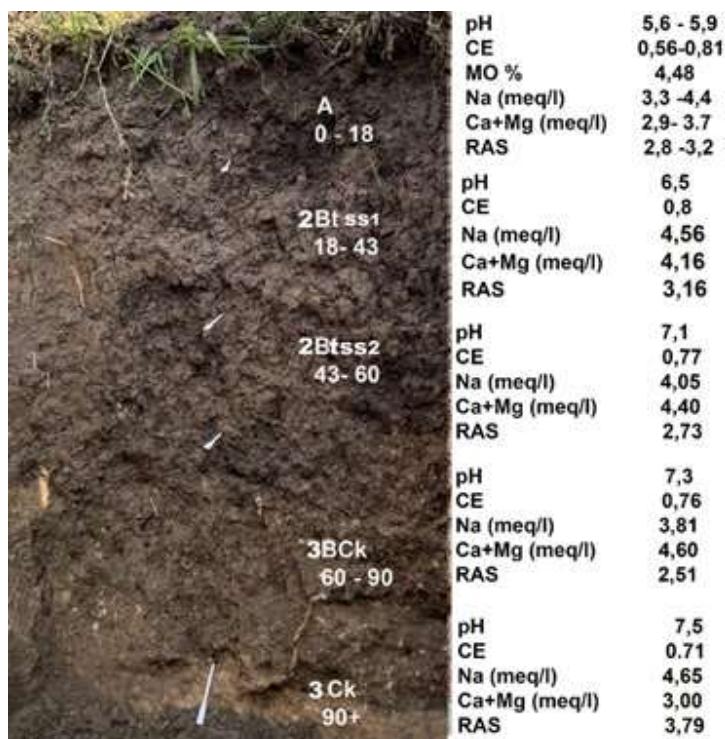


Figura 4.19 Perfil edáfico y principales características químicas de suelo *Argiudol* *vertico* en lote 7. Identificado en septiembre de 2022



Figura 4.20 Ambiente del lote 7 con alfalfa en septiembre de 2022: área con buena cobertura (izq.) y con baja cobertura por sectores debido a la erosión (der)

Los dos suelos descriptos, en lotes 5 y 7, próximos entre sí (*Natracuol* vértico y *Argiudol* vértico respectivamente), se ubican en la Carta de suelos a escala 1: 50000 del INTA, hoja Oliden (Figura 2.9), en la **UC Etch**. Como se indicó en Capítulo 2 (punto 2.3.3), es una Asociación 80% Serie Etcheverry (**Paleudol** vértico en lomas) y 20% Poblet (**Natracualf** típico-vértico, en microdepresiones), en un paisaje de planicie suavemente ondulada con microdepresiones con baja capacidad de uso IVws e Índice de productividad 46,1 A. No obstante, la diferencia de escala, existe una correspondencia entre los tipos de suelo aquí descriptos con los de las Cartas de INTA 1:50.000. En base a lo comentado, puede **sintetizarse** lo siguiente para el ámbito de *loma*:

- En el sector de loma se reconoció en diciembre de 2019, un suelo **Natracuol** vértico (Calicata III, Figura 4.18), y en estudios de septiembre de 2022, en sus proximidades, un suelo **Argiudol** vértico (Figura 4.19). Siendo ambos suelos parcialmente semejantes a los descriptos en la Unidad Cartográfica **Asociación Etch** constituida por las Series Etcheverry y Poblet (Figura 2.9, punto 2.3.3).

- Respecto al **Natracuol** vértico podría asociarse por semejanza a la Serie Poblet (**Natracualf** típico-vértico), pero difiere en su posición, dado que esta última Serie se ubica en microdepresiones, y la Calicata III en la loma.

- Si se compara el **Natracuol** vértico (Calicata III) con otras Series descriptas en la región, presenta correspondencia por posición y características con la Serie Vieytes (**Natracuert** típico).

- Sobre los **suelos asociados** con la Serie Etcheverry en la región, se destaca que en general, se encuentra integrando unidades cartográficas con la Serie Ignacio Correa (**Natracuol** vértico/**Paleudol** ácuico) en microdepresiones aisladas; con la Serie Poblet (**Natracualf** típico/**Natracualf** vértico) en posición de bajo; y con la Serie Vieytes (**Natracuert** Típico/**Cromudert** acuérico) en planos llanos. Las dos taxonomías indicadas corresponden a 2010-1975 respectivamente. La **familia** de todas estas series varía entre *fina*, *mixta*, *térmica* hasta *muy fina-fina*, *illitica*, *térmica*, prevaleciendo esta última. Consecuentemente, el suelo descripto en la Calicata III, se corresponde a los suelos asociados de la serie Etcheverry, y como se indicó, más específicamente con la Serie Vieytes.

- El perfil **Argiudol** vértico descripto también en la loma del lote 7, en septiembre de 2022, tiene mayor similitud con la Serie Etcheverry (**Paleudol** vértico). Sin embargo, esta última, posee un contenido de arcilla que no difiere en más de 20% entre horizontes, por lo cual se define como **Paleo** (**Paleudol** vértico), presenta un horizonte superficial más espeso, alcalinidad en profundidad e hidromorfismo, revelando incidencia de **flujos de largo recorrido** en algún momento de su evolución. Esto último se confirma por la presencia a corta distancia del suelo **Natracuol** vértico.

- Respecto a la **alcalinidad**, en la Serie Etcheverry, se presenta a partir de los 45 cm en el Bt, el PSI es de 4% y aumenta a mayor profundidad a 6%. Consecuentemente, **todas las series revelan incidencia de un agua subterránea con alcalinidad a diferente profundidad, muy posiblemente de momentos geológicos diferentes** (punto 2.3.1). No obstante, en microdepresiones podría existir

una influencia actual del ascenso de freáticas. El patrón irregular de la vegetación se asocia a lo comentado, respecto al tipo de suelo, y condiciones de permeabilidad y erosión diferente.

- Por su posición, los suelos en la loma actúan como **recargas de flujos locales**, sin embargo, la infiltración en algunos sitios es extremadamente baja, principalmente en los sectores con mayor alcalinidad en superficie, por lo cual mantener la cobertura vegetal resulta imprescindible a fin de **evitar la erosión hídrica**. No obstante, esta última también resultó muy elevada en sectores de mayor infiltración, consecuentemente el manejo debe ser mejorado.

4.4 Agua superficial y subterránea, incidencia sobre los suelos y el manejo

4.4.1 Agua superficial: Hidrografía, Topografía y Escurrimientos

En este punto se analiza lo relativo al escurrimiento resultante de la geomorfología e hidrología regional y local, algunos de los temas fueron parcialmente comentados en punto 2.1 de este libro.

En Figura 4.21 se presentan los cursos de agua de la región, obtenidos a partir de una capa SIG del sitio web del Instituto Geográfico Nacional (IGN), y combinada sobre una imagen Landsat de Google Earth (Rowan, inédito). Se aprecia la presencia de la divisoria de agua descripta por Sánchez *et al* (1976), aproximadamente en la ruta 36, con drenaje hacia el Río de la Plata y hacia el Río Samborombón, y se indica la ubicación de Don Joaquín. La **Cañada Grande** atraviesa el campo al SE, siendo tributario del Río Samborombón, que desemboca en la Bahía de igual nombre, por lo cual pertenece a su cuenca (Figura 2.4 y Figura 2.5). En la Figura 4.21 se indican también, **los cursos de aguas permanentes (color celeste)**. Se distinguen al SO, casi paralelo a la línea divisoria de agua el **Río Samborombón**, la presencia de “**lagunas permanentes**”, y los **canales artificiales** que se han realizado con la **finalidad de “drenar” la región (color azul)**. Se aprecia que estos canales *modifican el escurrimiento natural* del área, siendo muy posiblemente los que determinan algunos de los anegamientos y excesos hídricos observados en Don Joaquín, tema que se analiza Capítulo 7 sobre Ambientes. En la Figura 4.22 se muestran los **canales realizados en el establecimiento** en una imagen de 2012, se destaca que en imágenes de 2003 ya se identifica su construcción.



Figura 4.21 Cursos de agua permanentes (color celeste), lagunas permanentes y drenes (azul). La línea roja indica la divisoria de aguas, al NE hacia el Río de la Plata, y hacia el SO al Río Samborombón (Adaptada de capa SIG del IGM en Google Earth)



Figura 4.22 Canales realizados en el establecimiento DJ en una imagen Landsat de Google Earth de 2012. Sector indicado en amarillo esquema cometo de canales, y en rojo primer tramo de canales

Los **cursos de agua principales** siguen las pendientes regionales, tal como se aprecia en la Cuenca del Río Samborombón presentada en la Figura 2.4, y en el área próxima al establecimiento Don Joaquín en la Figura 4.23. En esta última figura, se muestra la topografía obtenida a partir de imágenes satelitales del sitio web “topographic-map.com” (Rowan inédito). Regionalmente, el establecimiento DJ, se ubica en un sector donde finalizan los ambientes más elevados ($> 17-20$ m snm). En la Figura 4.23 se aprecia que hacia el S-SE de Don Joaquín, hacia la desembocadura del Río Samborombón, las alturas bajan significativamente a 13 m snm y hasta 4 m snm, tal como lo describen Sánchez *et al.* (1976). Se observa una zona color rojiza, de norte a sur, casi coincidente con la ruta provincial N°36 (altas cotas), donde se produce la divisoria de agua.

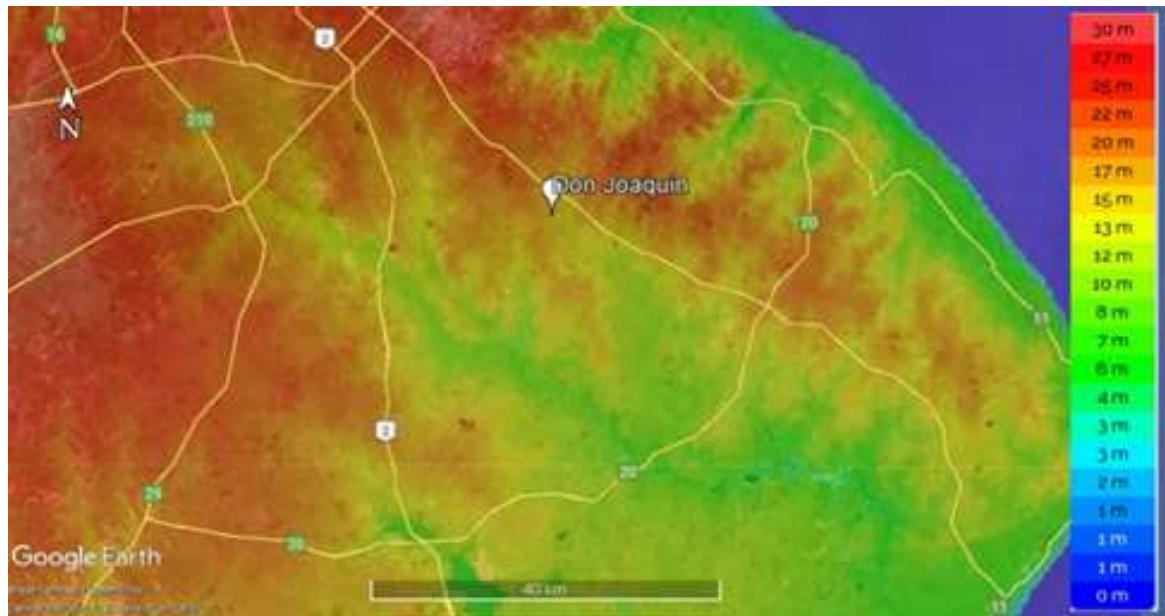


Figura 4.23 Topografía regional con ubicación de Don Joaquín (imágenes topographic-map.com)

En la Figura 4.24 se presentan las curvas de nivel según plancheta 1:50000 IGM, y las zonas que abarcan en altura mediante colores, según surgen de las imágenes satelitales (“topographic-map.com” (Rowan inédito). La calicata III (loma) se corresponde con el sector del campo ubicado en curvas de nivel entre **17,5 y 18,75 m snm**; la calicata II (media loma alta) en cotas entre **16,25 y 17,5 m snm**; y la calicata I (bajo-media loma baja) entre cotas **15,0 y 16,25 m snm**. Consecuentemente, las calicatas III y II se ubican en las cotas más elevadas del establecimiento, y la Calicata I próxima a la cota más baja.

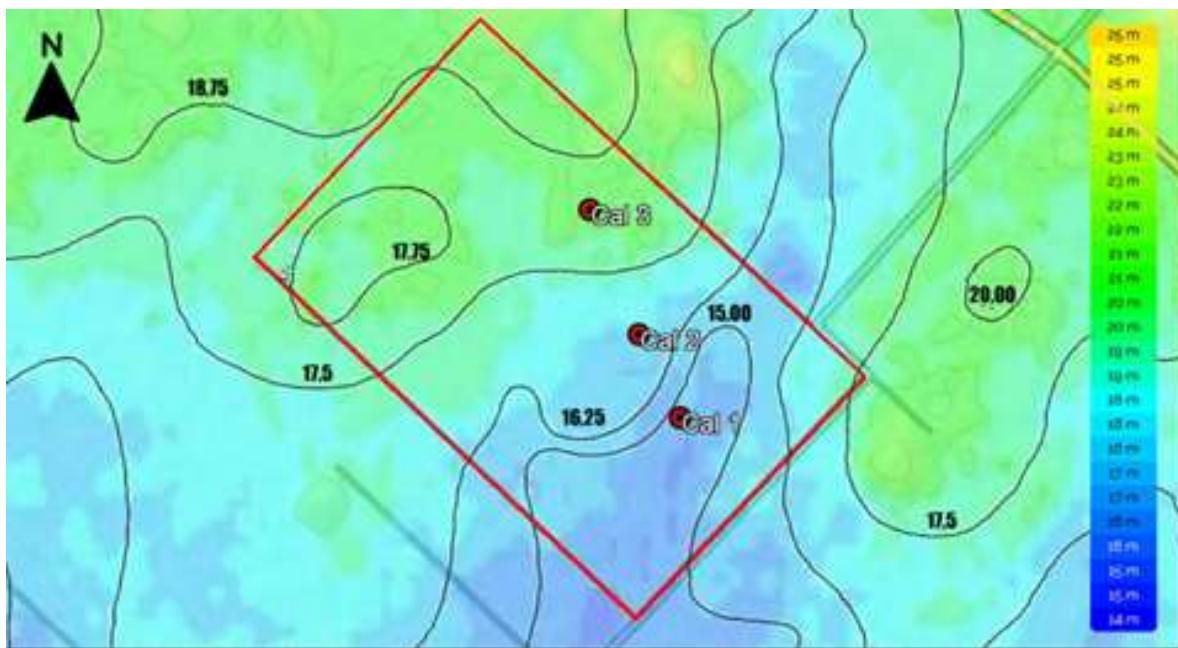


Figura 4.24 Superposición del Establecimiento Don Joaquín en curvas de nivel de plancheta 1:50000 y e imágenes topographic-map.com

Se destaca de este punto:

- Las alturas **regionales** (Figura 4.23) y **locales** (Figura 4.24) tienen correlato con los **escurrimientos del agua en superficie**. Sin embargo, el paisaje de planicie suavemente ondulada con microdepresiones, y canales, modifica dicho escurrimiento.
- .- El establecimiento **DJ se ubica al finalizar el área de cotas más elevadas**, por lo cual recibe agua de escurrimiento desde el norte hacia el Arroyo que atraviesa el establecimiento al sur, perteneciente a la Cañada Grande.
- Los **canales** construidos en el establecimiento para “controlar” excesos hídricos, modifican su caudal por el **agua de superficie** y el **agua subterránea**. Consecuentemente, deben ser consideradas en forma conjunta al definir **manejos de agua y ambientes**.
- Como se analizó en punto anterior, los **flujos de agua subterránea** son de largo recorrido (intermedios o regionales), y de corto recorrido (locales) (Figura 1.3 y 1.4). El origen de estos flujos se define por la calidad del agua y evolución de la superficie freática (punto siguiente 4.4.2), y por la concentración y composición iónica, principalmente de Na, concentración aniónica, y pH de los suelos (punto 4.3). No obstante, como se analizó en este último punto, algunos suelos (Calicata III) presentan alto contenido de Na desde superficie atribuible a otros momentos geológicos con superficies freáticas más superficiales.
- Los **canales** alteran el agua que naturalmente **anega, inunda y escurre**, debiendo revisarse la pertinencia de su construcción para el fin propuesto, especialmente en el efecto que tienen sobre la

aptitud productiva de los lotes ubicados hacia el sur de la casa de Don Joaquín. La **erosión** observada es posible que se asocie, al menos en parte, a dichos canales.

- Los **cambios** naturales de los **flujos de agua subterránea**, así como, de los **escurreimientos** (naturales e inducidos), definen el **contenido de agua, el balance de sales, y manejo posible**.

4.4.2 Agua subterránea

En el punto 4.3 se describieron en detalle los suelos presentes en posiciones de loma, media loma y bajo. En este punto, se presenta la evolución de la superficie freática entre 2014 a 2022 en dichas posiciones, su posible origen, y como esto modifica el tipo de suelo y consecuentemente, las estrategias de manejo.

4.4.2.1 Evolución de la superficie freática

Evolución de la superficie freática en freatímetros y su relación con suelos

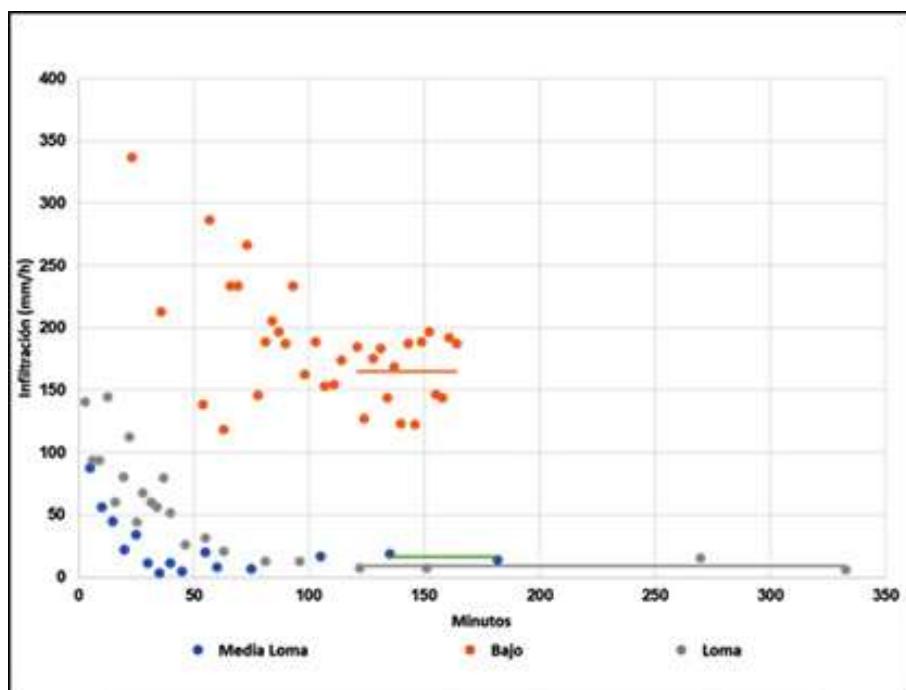
Los freatímetros se instalaron en noviembre de 2019 y febrero de 2020, en iguales sitios que se realizaron las calicatas descriptas en punto 4.3.2 (Figura 4.3). Se buscó definir la evolución de la superficie freática (profundidad y calidad), en la loma, media loma y bajo (Figura 4.25). En la Figura 4.26 se presenta la forma en que se midió la profundidad de la superficie freática, y la infiltración en el campo. Esta última permite explicar el ingreso del agua de la lluvia local. Las curvas de infiltración, la infiltración básica, densidad aparente y contenido de materia orgánica, en las tres posiciones, se muestran en la Figura 4.27. Estas variables se midieron en abril de 2022, siendo un año Muy Seco, al igual que 2021. Las calicatas fueron estudiadas en 2019, un año Normal precedido por un año Lluvioso.



Figura 4.25 Freatímetros del bajo (izq.), media loma (medio) y loma (der)



Figura 4.26 Medición de la superficie freática (izq) y de la infiltración (der. Linnea Svärd, 2023)



	Bajo	Media loma	Loma
Densidad aparente g.cm. ⁻³	1.1	1.1	
Infiltración básica mm.h ⁻¹	160	16	9
Materia orgánica %	4,44	4,95	4,04
Arcilla en A %	19,65	10,14	24,32
Arcilla en Bt %	53,44	42,45	54,23
Textura en A %	FL	FL	FL
Textura en Bt %	a	a	a
PSI en A	30	2	19
PSI en Bt	14	4	13

Figura 4.27 Infiltración en el bajo, media loma y alto (Svärd, 2023)) y variables del suelo que inciden en la infiltración

En todas las posiciones el contenido de **materia orgánica es muy elevado**, en la **loma** se asocia principalmente al manejo, con cultivos que aportan materia orgánica y una textura que la preserva. Sin embargo, la infiltración en dicho sitio (Calicata III en lote 5), fue muy baja y se explica por el elevado contenido de Na desde superficie, un escaso horizonte A y un profundo horizonte Bt arcilloso con alta proporción de arcillas expansivas. En el **bajo**, la infiltración resultó muy elevada, difiriendo significativamente de la loma, lo cual puede atribuirse a una menor proporción de arcillas expansivas, mayor espesor del horizonte A, y a la incidencia de los flujos de agua subterránea y agua de superficie (escurrimiento y lluvia), que mantiene más húmedo el suelo en períodos con déficit hídrico por lluvias. En la **media loma**, el contenido de arcilla disminuye significativamente en los sitios con discontinuidad litológica, sin embargo, la infiltración fue moderada. Esto puede ser explicado por el manejo, y tipo de vegetación que se desarrolla, asociado también, a las precipitaciones (Tabla 4.3).

Como se indicó, todos los **ambientes son muy heterogéneos**, incluso en cortas distancias, debido a la variabilidad de *suelos, agua incidente, y el manejo*, tal como se mostró en las Figuras 4.5, 4.13, 4.16 y 4.20. Respecto al **manejo**, si bien en todos los casos varía con el tipo de suelo, en el bajo y media loma, depende también de la fluctuación de la superficie freática. En la loma, dada su posición en el paisaje y presencia de la superficie freática profunda, el manejo debería enfocarse al tipo de suelo, con Na muy variable (punto 4.3.2), y así evitar la manifiesta erosión.

En la Tabla 4.10a y 4.10b se presentan las **profundidades registradas de la superficie freática**, y la profundidad de la columna de agua debajo del inicio de su presencia.

Tabla 4.10a Evolución de la profundidad de la superficie freática en freatrímetros de loma, media loma y bajo, 2020 a 2021. Precipitaciones en periodo previo y en el mes de medición (mm) profundidad de freática (m) y columna de agua (m). S, seco

Precipitación Mm	2020 año lluvioso 1064 mm			2021 año muy seco 550 mm			
	7/11	17/12	27/4	27/5	16/9	23/9	14/10
Periodo previo	E a O, 861	E a N, 882	E a M, 133	E a A, 198	E a A, 343	E a S, 403	
Mes de medición	N, 21	D, 182	A, 65	M, 105	S, 115	O, 60	
BAJO							
Prof napa, m	0,52	0,95		1,3	0,82	0,86	0,97
Col. Agua, m				0,1		0,68	0,73
MEDIA LOMA							
Prof napa, m	2,50		3,87	4,16	3,20	3,21	3,30
Col.agua ,m						1,12	1,05
ALTO							
Prof napa, m	3,30		S	4,40	4,10	4,10	S
Col. Agua, m						0,06	

Tabla 4.10b Evolución de la profundidad de la superficie freática en freatrímetros de loma, media loma y bajo, 2022 – 2023. Precipitaciones en periodo previo y en el mes de medición (mm) profundidad de freática (m). No hubo columna de agua. S, seco

Precipitación	2022									2023	
	Muy Seco 485 mm									Muy Seco	
Fecha medida	18/1	19/2	15/3	5/5	16/6	9/8	15/9	20/10	22/11	25/2	25/4
Periodo previo	2021, 550	E, 156	E a F, 217	E a A, 295	E a M, 325	E a J, 378	E a A, 383	E a S, 392	E a O, 410		
Mes medición	E 156	F, 61	M, 33	M, 30	J, 0	A, 5	S, 5	O, 27	N, 0		
BAJO											
Prof napa	S	S	S	S	S	S	1,60	S	S	S	1,62
MEDIA LOMA											
Prof napa	S	S	S	S	S	S	4,24	S	S	S	4,26
ALTO											
Prof napa	S	S	S	S	S	S	4,36	S	S	S	4,40

En el **bajo**, en el año **2020** la superficie freática al inicio de noviembre se ubicaba a 0.52 cm de profundidad, y en diciembre a 0,95 cm, a pesar de que las precipitaciones que se produjeron fueron superiores a los promedios mensuales del periodo 2010-2022 en Don Joaquín. Así la precipitación promedio del mes de octubre es de 82,8 mm y la de diciembre de 69,4 mm (Tabla 4.2), habiendo llovido en DJ 125 mm en octubre de 2020, y 182 mm en diciembre de igual año (Tabla 4.3). Este fue un comportamiento de precipitaciones diferente al de otras localidades vecinas, dado que en DJ 2020 fue un año Húmedo, y en las restantes fue Seco a Muy seco (Figura 4.1).

Durante **2021**, en DJ las precipitaciones disminuyen al igual que en las otras localidades, no obstante, en mayo de dicho año, a pesar de que la precipitación en DJ fue de 105 mm (mayores al promedio 2010-2022 de 98.5 mm), se profundiza la freática a 1,3 m. En septiembre se producen también elevadas precipitaciones (115 mm), mayores al promedio 2010-2022 de este mes (61,4 mm), y la superficie freática se eleva a 0,86 m, a pesar de que el total de lluvias entre enero y septiembre fueron bajas (458 mm, siendo el promedio 2010-2022 para dicho periodo de 679,4 mm). En octubre la precipitación fue de 60 mm (promedio de octubre 2010-2022, 82,8 mm) y la freática se ubica próxima a 1 m.

Durante **2022** las lluvias disminuyen significativamente, transitándose un año Muy Seco, no obstante, en enero de dicho año la lluvia acaecida fue superior al promedio (156 mm vs 86,5 mm), y la freática en esta y resto de las fechas de 2022, se mantuvo profunda (seca), con una medición en septiembre de 1,6 m. Consecuentemente, se elevó respecto a meses previos sin que pueda explicarse por las lluvias acaecidas (total enero a septiembre: 389 mm).

En la **media loma**, la superficie freática se midió a una profundidad entre 2,50 y 4.16 m. En 2021 se ubicó en valores próximos a 3 m, y en 2022 a 4,26 m o más profunda dado que no se detectó su presencia (se indica seco en Tabla 4.10.b).

En la **loma**, la profundidad de la superficie freática se midió entre 3,3 y mayor a 4 m, y en algunas oportunidades no se registró su presencia (seco). Al igual que en el bajo y media loma, no se aprecia una clara correspondencia con las precipitaciones locales en todas las fechas. Como se comentó precedentemente, esto se explica por los **flujos de agua de largo recorrido** que dependen de las lluvias ocurridas en otros sitios y por lo tanto pueden estar presentes aún sin recargas locales.

En la Tabla 4.11 se presenta la **calidad del agua** en la única fecha (23 de septiembre de 2021) que hubo cantidad de agua suficiente para su extracción, en general se detecta su presencia, pero en forma de barro. En las Tablas 10a y 10b, se indica que la profundidad del agua para dicha fecha, en el *bajo* fue de 0,86 m, con una columna de agua de 0,68 m; en la *media loma* de 3,21 m y 1,12 m; y en la *loma* 4,1 m y 0,06 m respectivamente. Estas alturas de agua se produjeron no obstante el año fue Muy Seco en DJ y en las localidades vecinas. Respecto a septiembre de 2021 llovió en DJ, 115 mm, siendo superior al promedio de dicho mes para el periodo 2010-2022 (61,4 mm). Sin embargo, para el periodo enero a agosto inclusive las precipitaciones promedio son de 618 mm (Tabla 4.2), y en el año 2021 de sólo 343 mm, no habiendo llovido en agosto (Tabla 4.3).

Tabla 4.11 Calidad del agua freática el 23 de septiembre de 2021. Cationes y aniones en me.l⁻¹, CE en dS.l⁻¹

Freat.	CE	pH	Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	RAS	HCO ₃ ⁻²	Cl ⁻	SO ₄ ⁻²	
Bajo	0,60	7,51	4,10	0,24	1,60	1,00	3,6	7,20	1,76		No detectados con método utilizado
Media loma	0,40	7,35	0,80	0,16	1,68	1,36	0,65	5,80	1,10		
Loma	1,10	8,25	6,92	0,42	1,40	1,30	5,96	13,28	2,03		

El agua freática en la posición de bajo en septiembre de 2021, estando como se indicó, a una profundidad de 0,86 m, en un año seco pero un mes muy lluvioso, se califica como *ligeramente alcalina por pH, baja salinidad, elevado contenido de Na, de RAS, y de HCO₃⁻²*, siendo en todas estas variables físico-químicas menores a las medidas en el agua de la loma. El tipo hidrogeoquímico del agua del bajo es **bicarbonatado clorurado sódica cálcica** (621-271) (significado se comenta al final de este punto). Los suelos descriptos en este ambiente, con elevado contenido de Na desde superficie (Tabla 4.4 y 4.5) fueron **Natracuol** y **Argiudol**, con una variabilidad importante en la vegetación que se desarrolla (tipo de comunidad y/o abundancia), conforme se modifica la profundidad y calidad del agua freática, y/o agua de escurrimiento. Tal como se aprecia en Figura 4.7, y en otras que son presentadas en punto siguiente (Figuras 4.42, 4.52, 4.53), el agua en el bajo tuvo calidades diferentes, entre *ligeramente alcalinas a muy alcalinas*. Este sitio se corresponde con

una **zona de descarga de flujos de largo recorrido, y de flujos locales**, existiendo también aportes de **agua de recarga y agua de escurrimiento por lluvias**, esto es particularmente importante por su posición en el establecimiento (cotas de 15 y 16,25 m snm) (Figura 4.24). Consecuentemente, la **coexistencia de flujos de diferente origen** es lo que determina el tipo de suelo, y vegetación que se desarrolla.

Esta coexistencia de flujos se aprecia claramente si se analiza la **correspondencia entre el suelo descripto y la calidad de agua freática**. En el **bajo** la calidad del agua medida en septiembre de 2021 (Tabla 4.11) fue significativamente menos alcalina que lo que presentó el suelo en la descripción realizada en noviembre de 2020 (Tabla 4.4 y 4.5). Así, en el suelo el **Na** soluble fue superior a 10 me.l⁻¹ en todos los horizontes y en el agua de 4,10 me.l⁻¹, el **RAS** también fue significativamente mayor en el suelo que en el agua (mayor a 7 vs 3,6 respectivamente). Esto se vincula al **pH**, que en el suelo es mayor a 8,5, y el agua de 7,5. En cuanto a la **composición aniónica**, en el suelo se midió una mayor proporción de **Cl⁻**, y en el agua prevalecen los **HCO₃⁻²**. Esto es debido al **balance de sales** que resulta en el suelo por el **ingreso de agua** proveniente de la **mezcla de flujos** de agua subterránea de diferente origen que descargan, recargas de lluvias locales, y agua de escurrimiento; y la **perdida de agua** por evaporación, concentrándose las sales en épocas secas. Los flujos locales y el agua de escurrimiento **diluyen** los flujos de largo recorrido ricos en **Na⁺** y **Cl⁻** hacia la descarga. Las lluvias locales y la actividad biológica aumentan la concentración de **HCO₃⁻²**. Particularmente, en la fecha medida en el agua, las precipitaciones acaecidas explican la dilución observada. Este tema también se comentó en punto 4.3.2, y en punto siguiente (Figuras 4.42, 4.52, 4.53).

En la media loma, el agua de la superficie freática, que se ubicaba a una profundidad de 3,2 m en septiembre de 2021, es *ligeramente alcalina, baja salinidad, bajo nivel de Na, con mayor contenido de Ca y Mg, y consecuentemente bajo RAS. El contenido de HCO₃⁻² es moderado a elevado respecto al contenido de Cl⁻, aunque menor que en el bajo y la loma*. El tipo hidrogeoquímico es **bicarbonatada cálcico magnésica sódica** (244-181). El agua se corresponde con una **zona de recarga de flujos locales**. Cabe destacar lo comentado en suelos, respecto a que si bien, como se analizó precedentemente, en algunos sectores de este ambiente se reconocen suelos **Argiudol** **vértico**, con menor permeabilidad, también se identifican **Hapludol** **tapto árgico** con mayor infiltración por lo cual se favorece la recarga con agua de lluvia local, habiendo sido elevada la lluvia del mes de septiembre.

Al analizar la **composición del suelo** (Tabla 4.6 y 4.7) respecto al **agua freática** (Tabla 4.11), se aprecia que los contenidos de **Na** soluble en el suelo son mayores que en el agua (suelo entre 2,05 y 2,75 me.l⁻¹ y agua 0,8); el **RAS** fue inferior a 2 en todos los horizontes y en el agua de 0,65. Respecto al **pH** fue ligeramente ácido en superficie y aumenta en profundidad hasta 7,9 en el suelo, y en el agua fue de 7,35. La **composición aniónica** varía con los horizontes, sin embargo, puede indicarse que no existe una predominancia marcada de uno de los aniones en el suelo. Así el contenido de **HCO₃⁻²** varía entre 1,0 y 4,0 me.l⁻¹, los **Cl⁻** entre 0,39 y 2,45 me.l⁻¹ y los **SO₄⁻²** entre 1,6

y $3,2 \text{ me.l}^{-1}$. En el agua, los contenidos de HCO_3^{-2} y Cl^- tienen correspondencia con lo medido en el suelo, considerando los procesos de dilución que se producen debido a los flujos de agua que coexisten en el sitio. Especialmente, los **flujos locales** se hacen más evidentes cuando es mayor el espesor del material proveniente de *discontinuidades litológicas*, con textura más gruesa y mayor permeabilidad. En este sentido, se destaca que si bien, en el perfil estudiado (calicata II) el material en discontinuidad litológica es de escaso espesor, en otros sitios de igual ambiente, estos depósitos son más espesos e inciden más marcadamente en la mezcla de flujo. La infiltración aumenta y disminuye la capilaridad, y el ascenso de la superficie freática es debido a la presión hidráulica en zonas de descarga. La discontinuidad en la calicata II se aprecia claramente por el cambio textural, en el A el contenido de arcilla es de 10,14% y en el 2Btss es de 42,45 % (Tabla 4.6 y 4.7). El espesor del A en discontinuidad litológica determina que el suelo sea clasificado como se indicó, como **Argiudol vertical**, o **Hapludol tapto árgico**.

La **calidad del agua en la superficie freática de la loma**, ubicada a una profundidad de 4,1 m en septiembre de 2021, es de peor calidad que en los otros ambientes dado que presenta, *pH más alcalino* (8,25), *más elevado contenido de Na* ($6,92 \text{ me.l}^{-1}$), y *más elevado RAS* (5,96). El agua se define por su tipo hidrogeoquímico como **bicarbonatada sódica** (811-191), consecuentemente se corresponde con un flujo de largo recorrido. Tal como se comentó al analizar la calicata III de la loma, se presentan suelos **Natracuol vertical** (alto Na desde superficie), que alternan con suelos **Argiudol vertical** (aumento de Na en profundidad) (punto 4.3.2). En la actualidad este ambiente es mayoritariamente agrícola. A nivel local, se ubica en uno de los sectores más elevados del establecimiento, entre cotas 17,5 y 18,5 m snm (Figura 4.24).

Respecto a la **composición del suelo** (Tabla 4.8 y 4.9) y la **calidad del agua** en la loma (Tabla 4.11) existe correspondencia. Así, en ambos la concentración de Na^+ es elevado, siendo en el suelo entre 2,35 y 6,00 me.l^{-1} , y en el agua de $6,92 \text{ me.l}^{-1}$; el *pH* del suelo entre 7,22 y 8,76, y del agua 8,25; y el *RAS* en el suelo entre 1,52 y 6,93 y en el agua 5,96. Esto se corresponde con un *PSI* en el suelo entre 12,84 y 31,73.

Es evidente entonces, que en función del nivel de Na, la ubicación profunda de la superficie freática, y las características verticales, los suelos responden a procesos geológicos pasados, tal como se describe por diferentes autores en Punto 4.3.1. Consecuentemente en la actualidad, si bien en profundidad el **agua freática es un flujo de largo recorrido**, este no incide de manera directa en el suelo actual. Por su posición en el paisaje la zona se corresponde también con **recarga de flujos locales**, sin embargo, como se indicó, los suelos difieren significativamente en cortas distancias. En aquellos sitios donde la **alcalinidad del suelo es muy elevada**, dada su baja permeabilidad, el agua de lluvia no modifica su composición, aunque explica que se enriquezcan en bicarbonatos. En sectores con **menor alcalinidad en el suelo**, si bien puede también deberse su formación a procesos geológicos pasados, en la actualidad la secuencia de horizontes con mejor infiltración posibilita una efectiva incidencia de las recargas de agua de lluvia. Al igual que lo comentado en el

bajo y en la media loma, se observa una **coexistencia de flujos de agua subterránea**. Sin embargo, en este ambiente la prevalencia de uno u otro flujo difiere en el perfil actual edáfico.

Lo comentado alerta sobre **la forma en que este ambiente debe ser manejado**. Así, por ejemplo, la incorporación de riego podría conducir a una pérdida de su productividad actual dado que podría modificar la profundidad de la superficie freática. Asimismo, una plantación forestal de alto consumo de agua, en función de su ubicación, podría favorecer una alcalinización en superficie y/o consumir el agua de lluvia que recarga y aprovechan otros cultivos.

Tipo hidrogeoquímico del agua, su significado: A fin de interpretar el comportamiento hidroquímico del agua se definen las facies hidroquímicas siguiendo el criterio de clasificación de Kurlov, en el cual se definen patrones hidrogeoquímicos que clasifican el **tipo de agua** (Fagundo, 1998). **Los patrones hidrogeoquímicos** consisten en relaciones estequiométricas del tipo **Na+K: Ca: Mg: Cl: HCO₃: SO₄**, que en este orden, se le asignan **números enteros entre 0 y 9**, resultando en una combinación numérica entre aniones y cationes. Se definen así, un número determinado de patrones y tipos de agua. Así por ejemplo, el patrón 361-316 representa la composición aproximada: 30% de Na⁺+K⁺, 60% de Ca²⁺, 10% de Mg²⁺; 30% de Cl⁻, 10% de HCO₃⁻ y 60% de SO₄²⁻, patrón que correspondería con un agua de *tipo sulfatada clorurada cárquica sódica*, ya que en la denominación del tipo de agua por el método de Kurlov sólo se consideran los iones con más de un 20% en me.l⁻¹ para nombrar el tipo de agua (Fagundo, 1998 en Alconada Magliano *et al.*, 2011).

Sobre las **calidades del agua reportadas para la región**, en relevamientos de pequeña escala del Consejo Federal de Inversiones (Figura 4.28), se indica que la zona de estudio se corresponde con contenidos de sales en entre **0-1000 ppm de sales** (0-1.56 dS.m⁻¹) y **0-350 ppm de Cl⁻** (0-10 me.l⁻¹) Estos valores se incrementan significativamente en la zona costera. Es de destacar la geología compleja que describen Sánchez *et al.* (1976), que explica la presencia de materiales diversos que dieron origen a los suelos y flujos de agua con diferentes calidades de agua, tal como se observó en los estudios de mayor escala en Don Joaquín (Tabla 4.11).

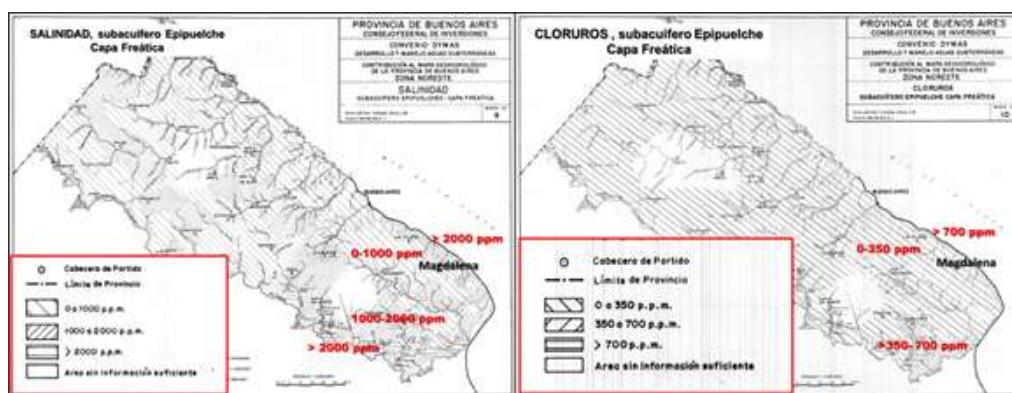


Figura 4.28 Salinidad (izq) y contenido de Cl⁻ (der) reportado en el agua freática para la región según estudios Consejo Federal de Inversiones (imágenes adap CFI)

Evolución de la superficie freática en estudios de suelo entre 2014 y 2022

En este punto se presenta una síntesis de la evolución de la freática entre 2014 y 2022, que se analiza con mayor detalle en punto 4.5, considerando los índices espectrales y las precipitaciones.

En la Figura 4.29 se presenta la **evolución de la superficie freática en el bajo**. En este ambiente si bien se produjo una significativa variación de la profundidad, siempre estuvo a menos o próximo a 1,0 m. Dicha profundidad no se asoció en todos los casos a las lluvias locales. Así se aprecia en 2014 (año Lluvioso) una mayor profundidad de la superficie freática que en 2015, un año Seco. Asimismo, en 2017, siendo un año Normal, la profundidad fue semejante a la de 2015. En 2018 se presenta la superficie freática relativamente superficial, incluso más superficial que en 2014 (ambos años Lluviosos), asimismo hubo agua en superficie con diferentes calidades, principalmente en algunos sectores hacia el arroyo (Figura 4.53). Se observaron también, diferentes comunidades vegetales (hidrófitas, hidrohalomórficas y/o halomórficas), y tipos de suelos, según grado de alcalinidad (*Argiudol vertico* o *Natracuol vértico*) (punto 4.3.2). En la Figura 4.30 se compara el suelo en el bajo en 2014 respecto a 2022 con las imágenes satelitales para dichos años.



Figura 4.29 Evolución en el bajo entre los años 2014 y 2022

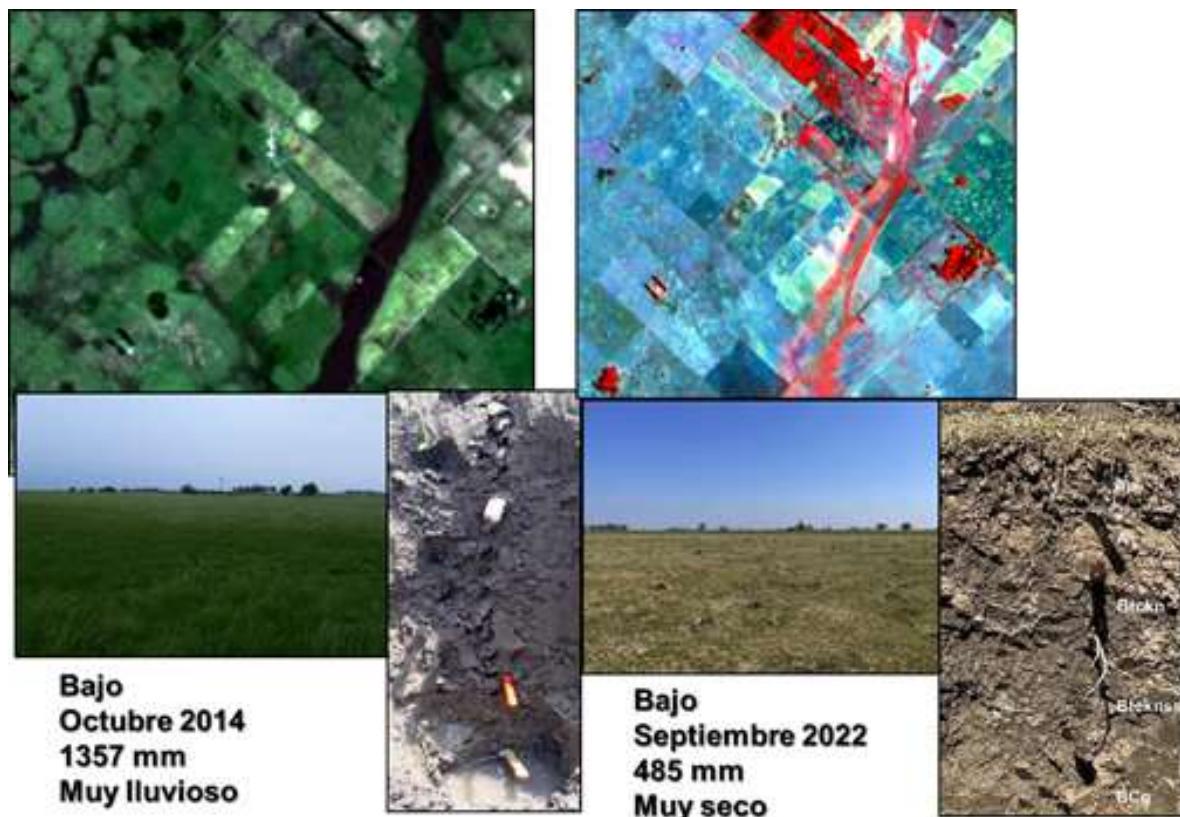


Figura 4.30 Comparación entre suelo, ambiente e imagen de junio de 2014, con suelo y ambiente de septiembre de 2022 e imagen de enero de 2022

En la Figura 4.31 se presenta la evolución del agua freática en la **media loma para el periodo 2014-2022**. En este periodo, en los sectores más elevados (loma) no se encontró la superficie freática hasta la profundidad de estudio.

La secuencia de suelos identificada en **septiembre de 2022 en el bajo, media loma y loma**, se muestra en la Figura 4.32. Se indica el Gran Grupo y/o Subgrupo de cada suelo y vista general de los ambientes. Se aprecia la profundización de la freática, aunque se mantiene elevada la alcalinidad en el suelo en el bajo y en la media loma baja (Figuras 4.7 y 4.12c).



Figura 4.31 Evolución de la superficie freática en la media loma entre 2014 y 2022

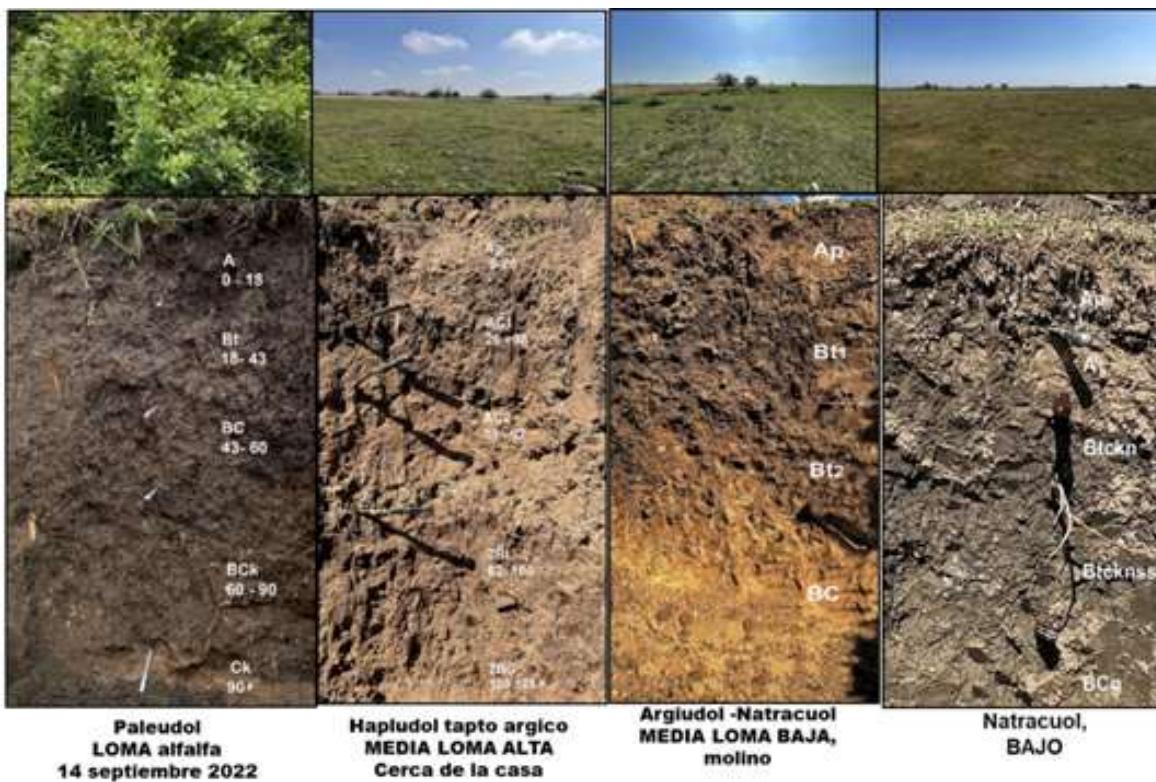


Figura 4.32 Secuencia de suelos y ambientes en Don Joaquín, el 14 de septiembre de 2022 año Muy seco con 483 mm, hasta septiembre 393 mm

4.5 Índices espectrales, suelos y ambientes

4.5.1 Índices espectrales con observaciones en el campo entre 2014 y 2022

En este punto se presentan 3 índices: Índice de **Vegetación Diferencial Normalizado (NDVI)**, **Índice de Humedad de Diferencia Normalizada (NDMI)** e **Índice de Agua de Diferencia Normalizada (NDWI)**. Estos se realizaron a partir de imágenes multiespectrales del satélite Landsat 8, obtenidas del sitio web del Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS) para el mes de **diciembre de cada año**, entre los años **2014 y 2022**, con diferentes condiciones climáticas, y se efectúan observaciones visuales (Rowan, inédito). Asimismo, en **tres fechas seleccionadas** por condiciones climáticas diferentes, **Muy Lluviosa 2014, Normal 2017, y Muy Seco 2022**, se realizan también estos tres índices, midiendo las superficies que ocupan las clases definidas para cada uno de dichos índices (Imágenes Landsat, Vitale, Germán, y Waldman, INTA). En todos los casos, cada índice fue realizado con igual criterio metodológico, utilizando diferentes clases (escalas de colores y/o rangos numéricos) según criterio de los autores (Vitale, Germán, y Waldman, INTA; Rowan, inédito).

A continuación, se presentan los índices mencionados por año, estableciendo relaciones con otras imágenes disponibles, precipitaciones, suelos, y vegetación.

2014. Este año, fue el año más lluvioso en Don Joaquín, y otras localidades en el periodo 2010 - 2022 (Figura 4.1), habiendo sido también muy lluvioso a nivel nacional (SMN, 2022) (Figura 4.2). El año precedente, 2013, fue entre Normal a Seco según la localidad (Figura 4.1).

En Figura 4.33 se presentan dos imágenes satelitales de 2014, en junio y septiembre. En ambas imágenes se aprecia una elevada cobertura de agua con un incremento de las zonas anegadas en septiembre. Se hace evidente en este mes, una vía de agua que atraviesa el campo desde los sectores más elevados hacia el Arroyo, uniendo los tres cuerpos de agua que ya son visibles en la imagen de junio. Esto se corresponde con el **esquema de canales** realizados en el establecimiento (Figura 4.22). La presencia de agua en superficie puede atribuirse a las elevadas precipitaciones locales y regionales que se produjeron en diversos meses de 2014 (Tabla 4.2, 4.3).

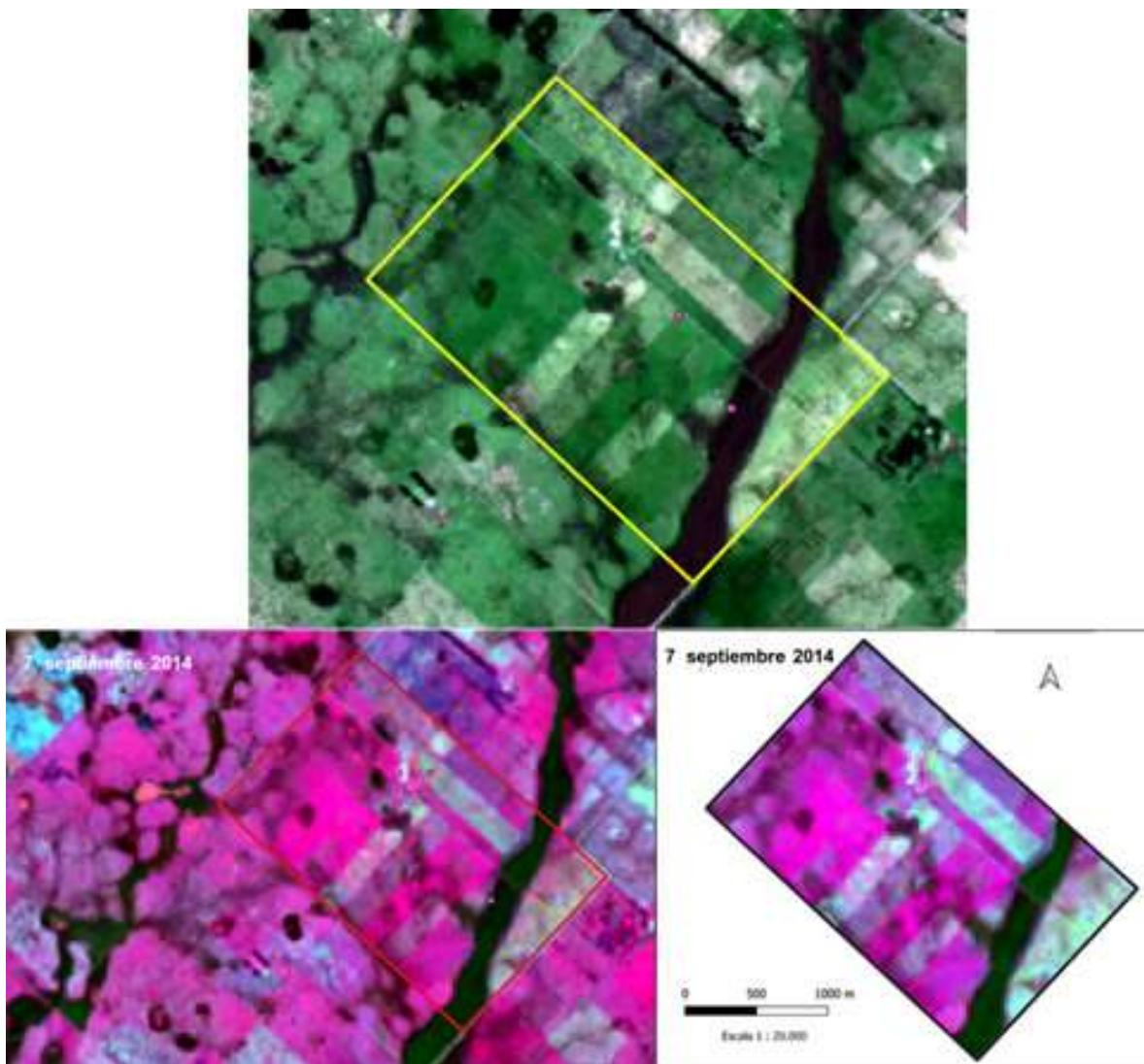


Figura 4.33 Imágenes satelitales 2014: 20 junio de 2014 (precipitación junio 50 mm) (proc. F Carricaburu, UNLP) y 7 de septiembre 2014 (precipitación agosto 57 mm), con detalle del establecimiento y escala (proc Vitale, Germán, y Waldman, INTA)

Índice de Vegetación Diferencial Normalizado (NDVI) - 2014

En la Figura 4.34 se presenta el NDVI de septiembre 2014 realizado con la imagen de la Figura 4.33), y en la de diciembre de 2014 (imagen Landsat de Google Earth no presentada).

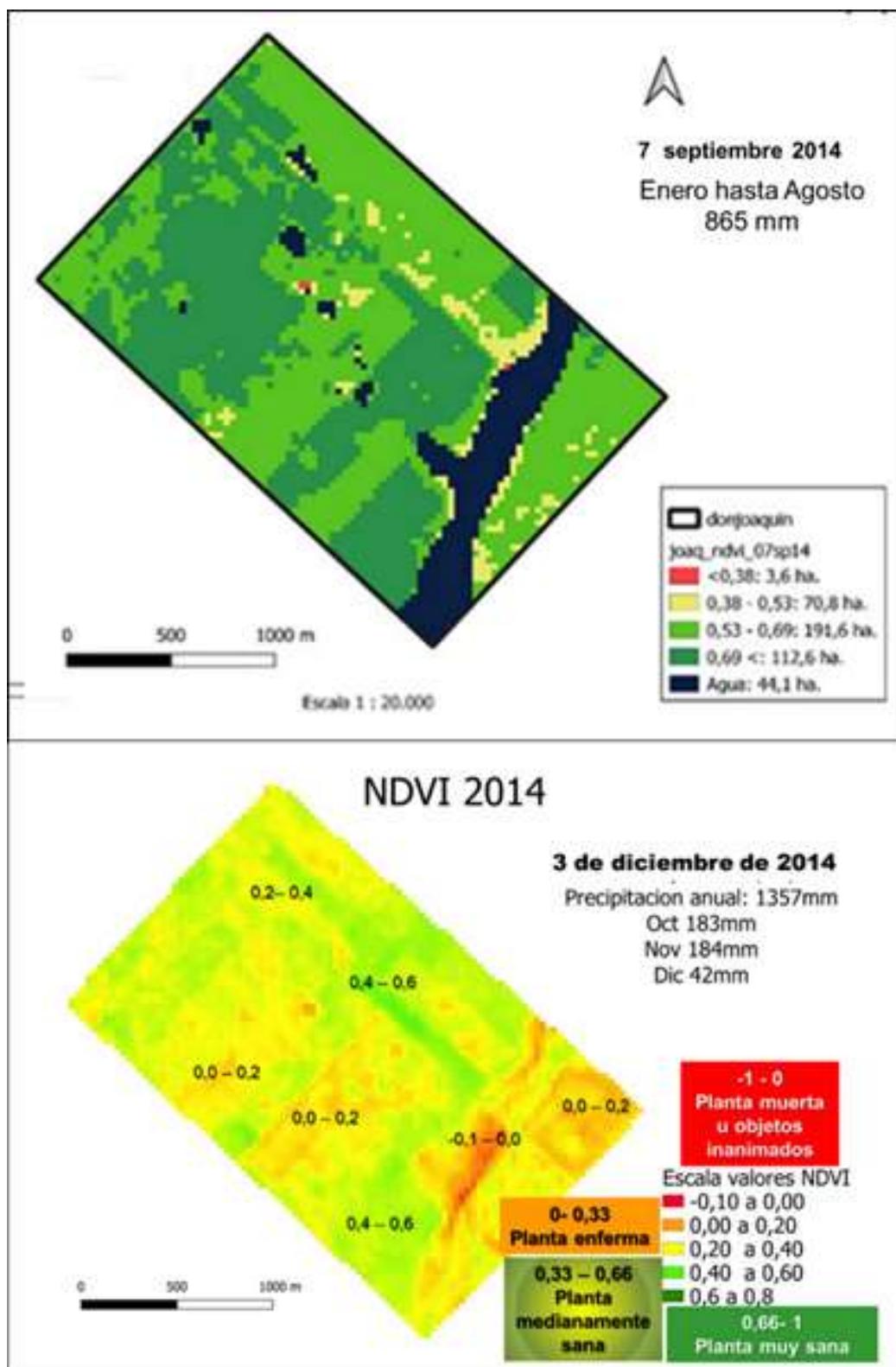


Figura 4.34 Índice NDVI en 2014 obtenidos en septiembre y diciembre. Se indican valores de interpretación según procesamiento, precipitaciones totales y hasta la fecha de toma de imagen.

En la Tabla 4.12 se presenta la superficie que ocupa cada una de las clases indicadas en el **NDVI** realizado por el INTA en la imagen de **septiembre de 2014**. Se aprecia que prevalece una condición de plantas entre medianamente sana y muy sana (304 ha), con una superficie de 44 ha con agua y aproximadamente 75 ha con plantas en mal estado o sin vegetación.

Tabla 4.12 Superficie de clases del NDVI en imagen septiembre de 2014 (Vitale, Germán, y Waldman, INTA)

NDVI, 7 septiembre 2014, Año Muy Lluvioso			
	Valor	Sup.	%
Sin vegetación	<0,38	3,6 ha	1%
Mal estado/enferma	0,38 - 0,53	70,8 ha	17%
Medianamente sana	0,53 - 0,67	191,6 ha	45%
Muy sana	> 0,67 muy sana	112,6 ha	27%
Agua	Agua	44,1 ha	10%

En la Figura 4.35 se presenta el suelo y el ambiente en el **bajo**, y en la Figura 4.36 en la **media loma**, en **octubre de 2014**. La superficie freática en el bajo estaba a aproximadamente 50-60 cm, con una marcada irregularidad en la cobertura vegetal, con sectores erosionados. En la media loma no se registró la superficie freática hasta la profundidad de estudio, sólo aumenta la humedad que revela su proximidad.

El **NDVI** obtenido en **diciembre de 2014** (Figura 4.34), si bien no se midió la superficie por clase, puede apreciarse por la distribución de colores algunas diferencias en el estado de la vegetación respecto a septiembre de 2014. Las precipitaciones entre septiembre y diciembre continúan siendo elevadas, superiores a los promedios con excepción de diciembre (Tabla 4.2 y 4.3), pero no condujeron a valores del NDVI que revelen un muy buen estado de la vegetación (color verde oscuro), *prevaleciendo verde claro* en los mejores sitios. Se aprecia también, que el peor sector, con colores naranjas, es el correspondiente a las cotas más bajas, próxima al Arroyo del establecimiento, así como, hacia el otro lado de dicho Arroyo en dirección al S, donde la cota se eleva y se realiza agricultura. Esto puede ser atribuido a que en los sectores con agricultura, en diciembre estén en una fase de reciente implantación, y en el caso de los pastizales, dado que prevalecen las gramíneas, se encuentren en etapa reproductiva, encañado y/o con material senescente. Asimismo, pueden haber afectado los excesos hídricos que tuvieron un efecto negativo en algunas de las comunidades vegetales, por ejemplo, mayor alcalinidad en el bajo por ascenso de superficies freáticas y/o anegamiento prolongado.



Figura 4.35 Suelo y ambiente en el bajo en octubre de 2014, se muestra sector erosionado y otros con elevada cobertura)



Figura 4.36 Ambiente y suelo de media loma 31 de octubre de 2014 }

Se concluye, que los **índices NDVI obtenidos en 2014 pueden explicarse** por la forma en que se vinculan e inciden las **aguas** provenientes de lluvias (dulces), y del agua subterránea (profundidad de la superficie freática), y como estas modifican la comunidad vegetal y el tipo de suelo en función de la cantidad y tipo de agua que anega. En tal sentido debe considerarse, en el bajo principalmente,

el nivel de alcalinidad alcanzada, y en la media loma, la presencia de discontinuidades litológicas que mejoran la infiltración. Asimismo, en la vegetación, los cambios en el NDVI pueden estar también dados por la etapa fenológica de las especies dominantes.

Índice de Humedad de Diferencia Normalizada (NDMI) - 2014

En la Figura 4.37 se presenta el mapa del índice NDMI de 7 de septiembre y diciembre de 2014. Este índice que revela el estrés hídrico y/o cobertura de los cultivos, al detectar el nivel hídrico de la vegetación, también varía con el estado fenológico.

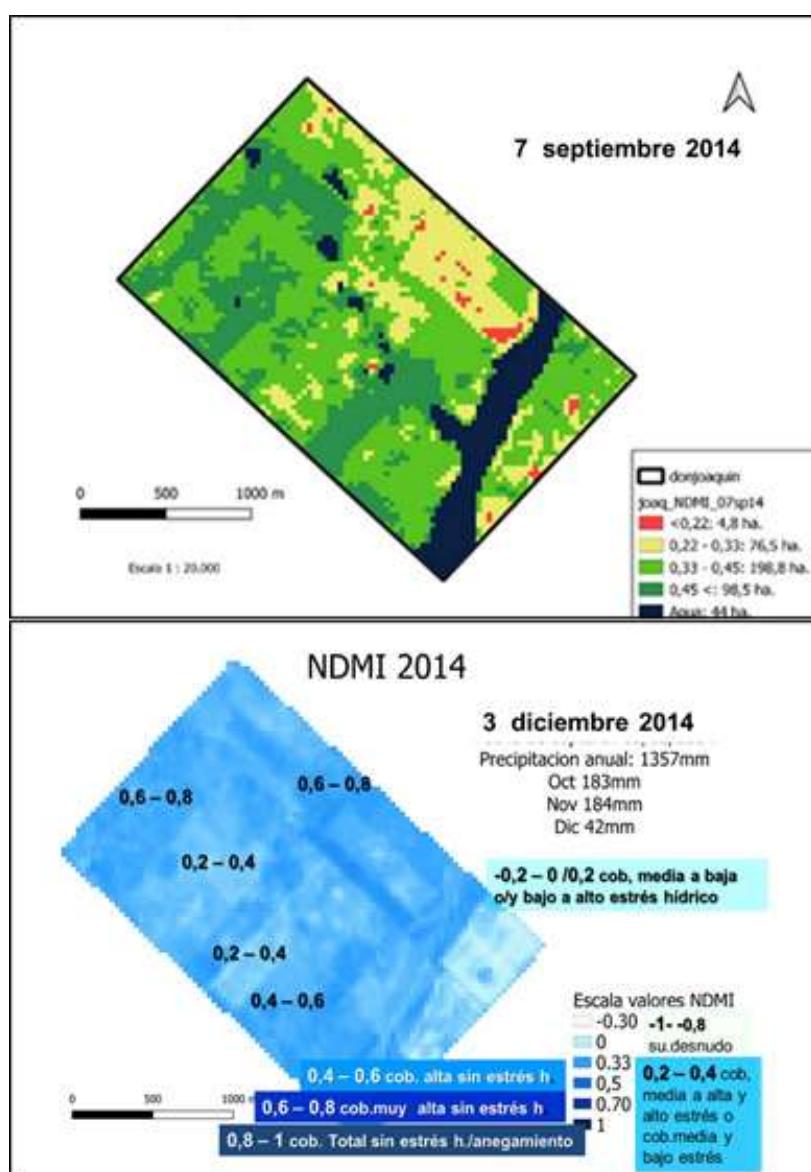


Figura 4.37 Mapa del índice NDMI de septiembre y diciembre de 2014, con valores principales, e interpretación

Se aprecia en **coincidencia con lo observado en el campo, y en el NDVI de septiembre**, que prevalece la *cobertura vegetal entre alta y muy alta sin estrés hídrico (98,5 ha)*, y *entre media a alta con condiciones variadas de estrés hídrico (76,5 y 198,8 ha)* (Tabla 4.13), coincidente parcialmente con lo obtenido en la imagen de diciembre. En esta última, la observación visual muestra que los límites entre clases son más difusos, pero muestras también, que prevalece una condición entre 0,2 - 0,4 de cobertura media a alta con alto estrés o cobertura media con bajo estrés, y de 0,4 - 0,6 de cobertura alta a media sin estrés hídrico. En sectores altos, con agricultura, se observa peor condición, debiéndose entonces al estado fenológico de los cultivos. No obstante, se destaca la **irregularidad que presenta todo el establecimiento**, que se hace más visible en el procesamiento del índice realizado en la imagen de septiembre de 2014. Cabe indicar que la heterogeneidad en las coberturas vegetales se aprecia en imágenes cuya resolución es de 30 m, y se hace más evidente en el campo, donde los cambios son marcados a nivel de lote, asociado al suelo, manejo y efecto de los excesos hídricos para las condiciones de cada sitio (Figura 4.35 y 4.36).

Tabla 4.13 Superficie de clases indicadas en el NDMI en imagen septiembre de 2014 (Vitale, Germán, y Waldman, INTA)

NDMI, 7 septiembre 2014, Año Muy Lluvioso				
Cob baja o alto estrés hidrico	<0,22	4,8 ha	1%	
Cob, media y alto estrés o bajo estrés	0,22 - 0,33	76,5 ha	18%	
Cob, media a alta y alto estrés o cob media y bajo estrés	0,33 - 0,45	198,8 ha	47%	
Cob.alta a muy alta sin estrés hídrico	> 0,45	98,5 ha	23%	
Aqua	Aqua	44 ha	10%	

Índice de Agua de Diferencia Normalizada (NDWI) - 2014

Este índice destaca las variaciones en las masas de agua. En la Figura 4.38 se presenta el mapa del índice NDWI para septiembre y diciembre de 2014. Como se indicó precedentemente, 44 ha se presentan con agua ((10 %), y el resto de la superficie con vegetación (378 ha) (Tabla 4.13). Esto no se corresponde con lo obtenido en la imagen de diciembre de 2014, en la cual no se observan coberturas con agua ni anegamiento con excepción del sector del Arroyo con una mayor humedad.

Se **concluye**, que las elevadas precipitaciones producidas en el año a nivel local, regional y nacional, especialmente en los meses previos a la toma de las imágenes (Figura 4.1. y 4.2.), no se manifiestan en este índice NDWI, por lo cual puede indicarse que no resultó sensible como para mostrar lo que se evidencia en las imágenes visualmente (Figura 4.33), así como, en las observaciones de campo.

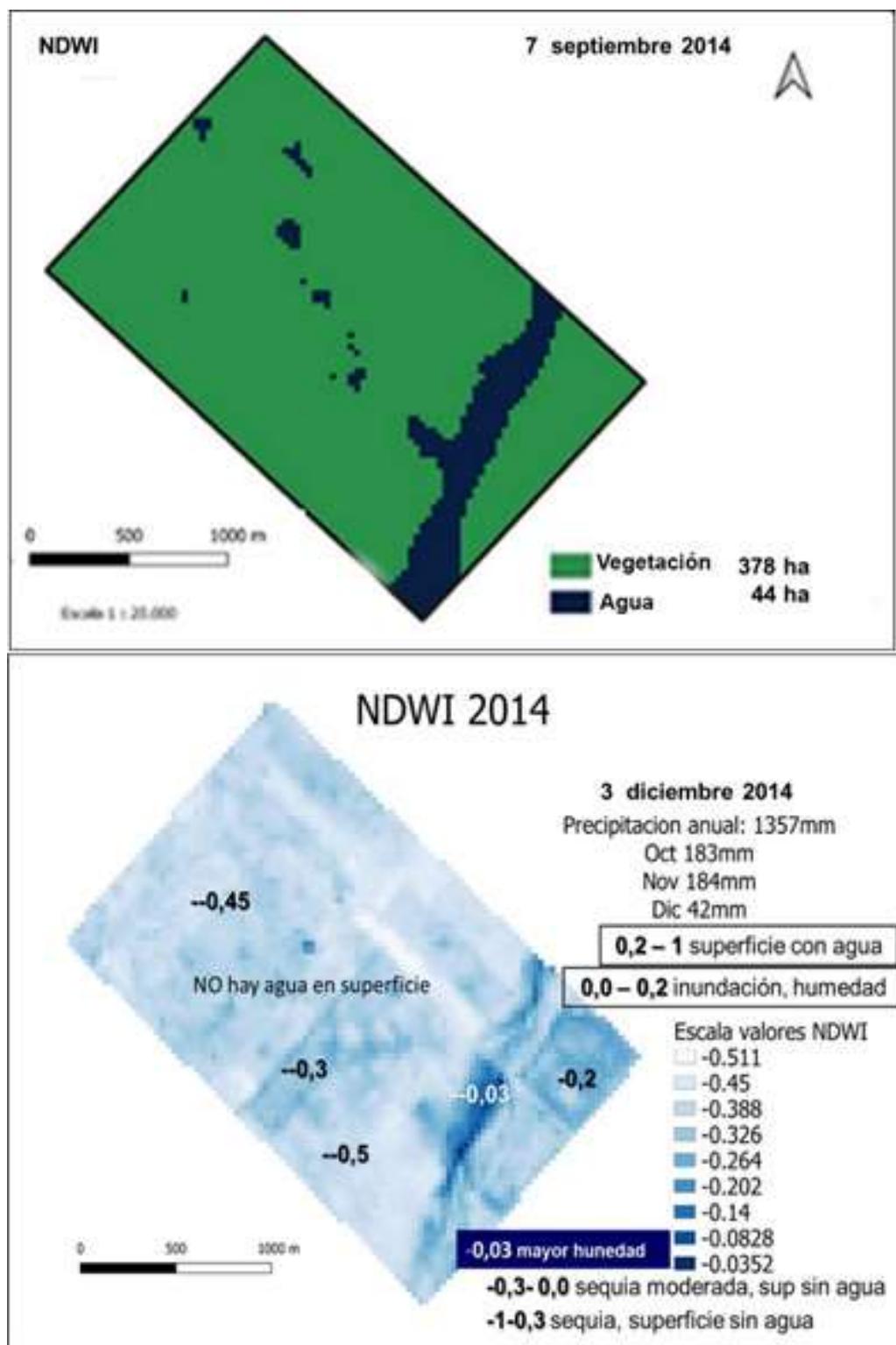


Figura 4.38 Mapa del índice NDWI en imagen de 2014, indicando valores principales e interpretación

2015. Fue un año Muy Seco en Don Joaquín con una precipitación total de 506 mm. En el resto de las localidades analizadas fue un año Seco: Amanecer 734 mm, Vieytes 869 mm, Ardití 753 mm y Chascomús 934 mm (Figura 4.1), y a nivel nacional fue lluvioso (Figura 4.2). Como se comentó, 2014, año precedente fue muy lluvioso a nivel local, regional y nacional. En la Figura 4.39 se presenta una imagen satelital del 29 de noviembre de 2015, y se indican las precipitaciones acaecidas hasta el momento de toma de la imagen, total anual y tipo de año.

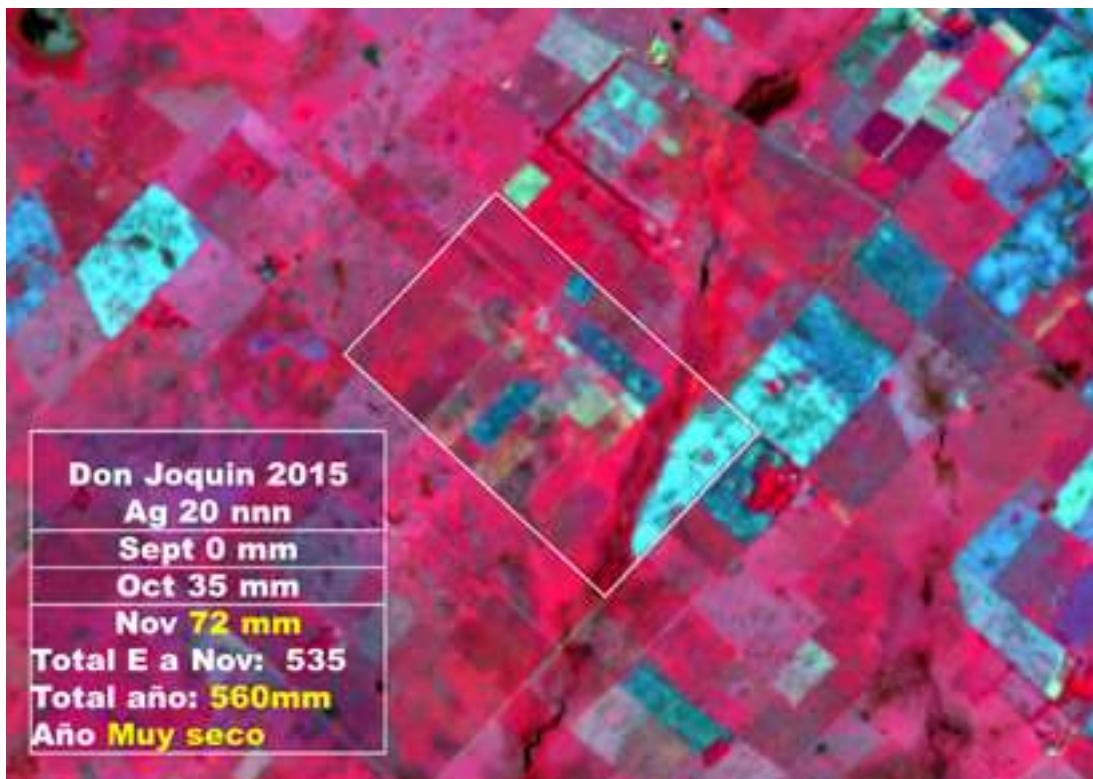


Figura 4.39 Imagen satelital 2015 (Vitale, Germán, y Waldman, INTA), precipitaciones y tipo de año

Índice de vegetación Diferencial Normalizado (NDVI)-2015

En Figura 4.40 se presenta el mapa del Índice NDVI en 2015 realizado con imagen satelital de diciembre (Landsat, Google Earth). Presenta amplios sectores con una situación de “*plantas enfermas*”, y la mejor condición “*plantas medianamente sanas*” en los sectores más altos y los más bajos. Al igual que lo comentado para 2014 el sector más alto al S del Arroyo presenta una *mala condición*, que podría deberse al estado del cultivo implantado (etapa inicial).

En los sectores estudiados en el campo para esta fecha en media loma y bajo, se corresponde con lo obtenido en el índice NDVI para dichos sitios. En la Figura 4.41 se presenta el suelo y ambiente en el bajo el 15 de octubre de 2015, y en Figura 4.42 en la media loma para igual fecha. En ambas posiciones la **superficie freática se encuentra próxima a la superficie**, siendo el **año Muy Seco** en Don Joaquín y Seco en localidades próximas (Figura 4.1), y un año lluvioso a nivel país (Figura

4.2). En 2014 (año Muy lluvioso), la superficie freática se ubicaba más profunda en ambas posiciones. Asimismo, es de destacar el mejor estado de la vegetación en 2014 que en 2015, tanto por el NDVI como en lo observado en el campo. En la loma, la superficie freática no fue observada hasta la profundidad de estudio, y la cobertura vegetal fue elevada (Figura 4.43).

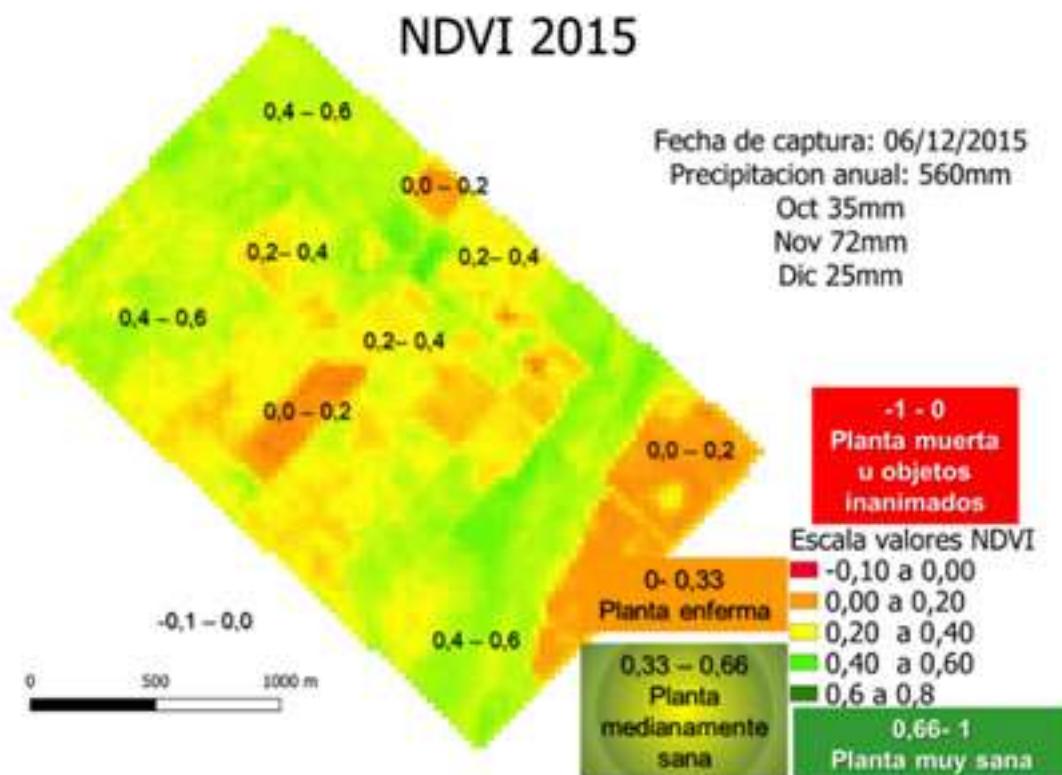


Figura 4.40 Índice NDVI en 2014 donde se indican precipitaciones totales y meses previos a la captura de la imagen con la cual se elaboró este mapa



Figura 4.41 Suelo y ambiente del bajo el 15 de octubre de 2015



Figura 4.42 Suelo, ambiente y detalle de la vegetación en la media loma el 15 de octubre de 2015



Figura 4.43 Vegetación en la loma el 15 de octubre de 2015, sin freática hasta profundidad de estudio

Índice de Humedad de Diferencia Normalizada (NDMI)-2015

En la Figura 4.44 se presenta el mapa del índice NDMI para la imagen de diciembre de 2015. Revela una “*cobertura alta sin estrés hídrico*” en la mayor parte del establecimiento, hacia el bajo se aprecia mejor cobertura, dando índices que indican “*muy alta cobertura sin estrés hídrico*”. Los sectores más claros, que se asocian a “*coberturas medias a bajas y/o a bajo a alto estrés hídrico*”, podría corresponderse con el estado fenológico de cultivos implantados, debido a que se corresponde con algunos potreros y no con una zona general. Se destaca para 2015: bajas precipitaciones, con sectores donde la superficie freática se ubicó menos profunda por aportes de agua de otras regiones, y un efecto del **manejo** sobre la humedad edáfica. Así, los sectores con pasturas o pastizales del bajo tienen mayor materia orgánica que aquellos con agricultura.

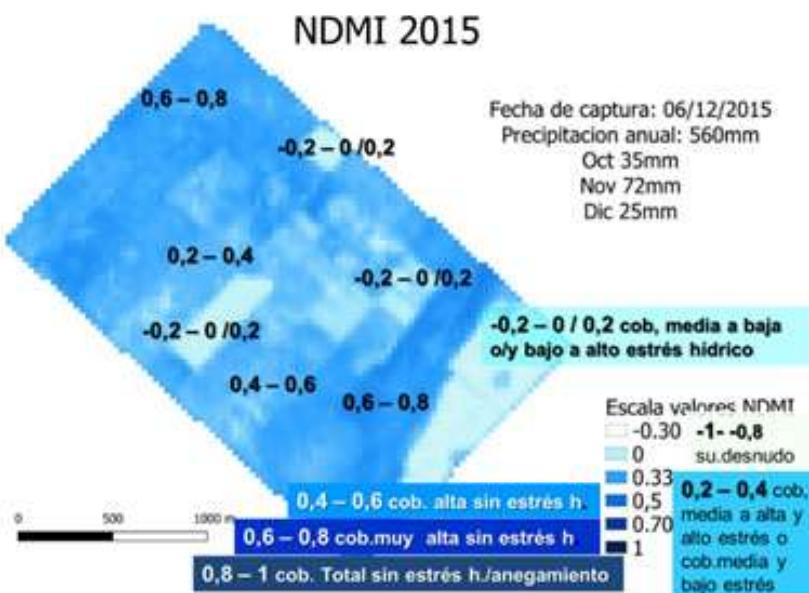


Figura 4.44 Mapa del índice NDMI para 2015, con valores principales, e interpretación

Índice de Agua de Diferencia Normalizada (NDWI) -2015

En la Figura 4.45 se presenta el Mapa del índice NDWI en imagen de diciembre 2015. Como es previsible, este índice revela que no hay agua en superficie, ya que todos los valores de NDWI son negativos.

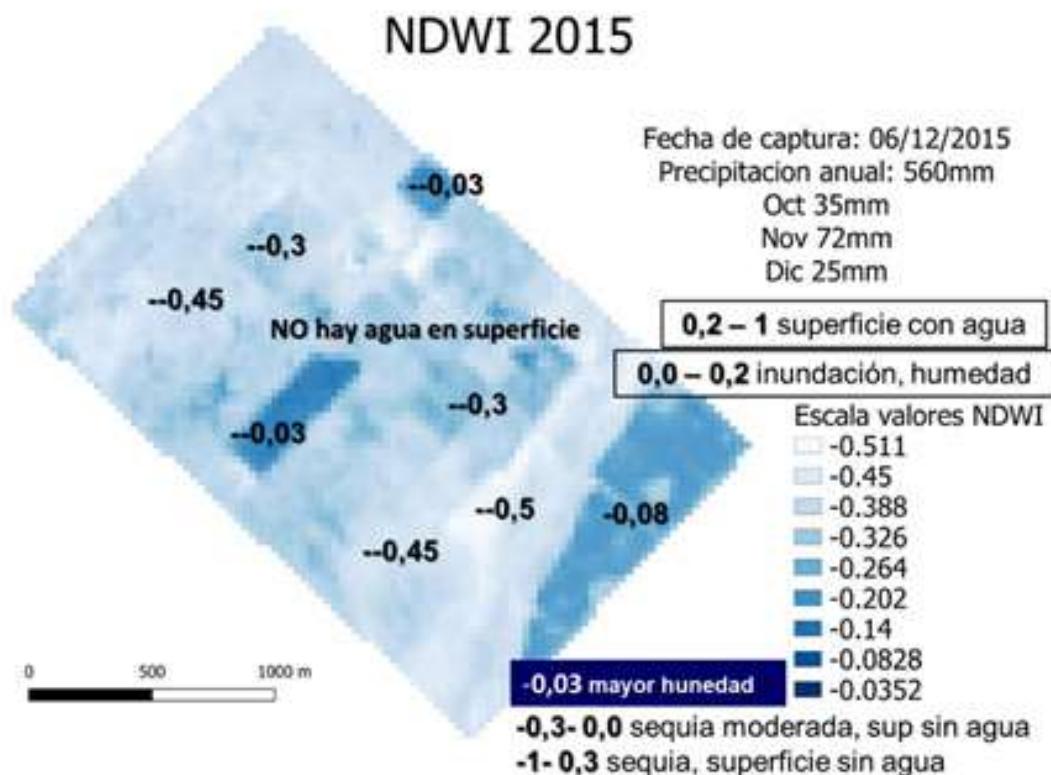


Figura 4.45 Mapa del índice NDWI en imagen de 2015

Como se aprecia en la imagen, es posible discriminar visualmente diferentes ambientes, equivalente a lo que se observa con los otros dos índices. Sin embargo, cabe aclarar que los valores que arroja este índice muestran condiciones de humedad inversas a lo que revelan los índices NDVI y NDMI. Consecuentemente, el índice NDWI indica mayores contenidos de humedad en los lotes con suelos con menor cobertura, asociándolos erróneamente a cuerpos de agua. Asimismo, este índice indica menor contenido de humedad en los ambientes donde el NDVI y NDMI, muestran una cobertura sin ningún estrés hídrico, en coincidencia con lo observado en el campo (Figura 4.42). Como se verá en los siguientes casos, este error se repite en los años secos.

2016- En la Figura 4.46 se presenta una Imagen satelital de 15 de mayo de 2016 (Landsat, Google Earth). En Don Joaquín fue un año Lluvioso (1109 mm), al igual que en el Amanecer (1133 mm). En Vieytes y Ardití fueron años Normales, en Punta Indio y Chascomús años Secos (Figura 4.1).

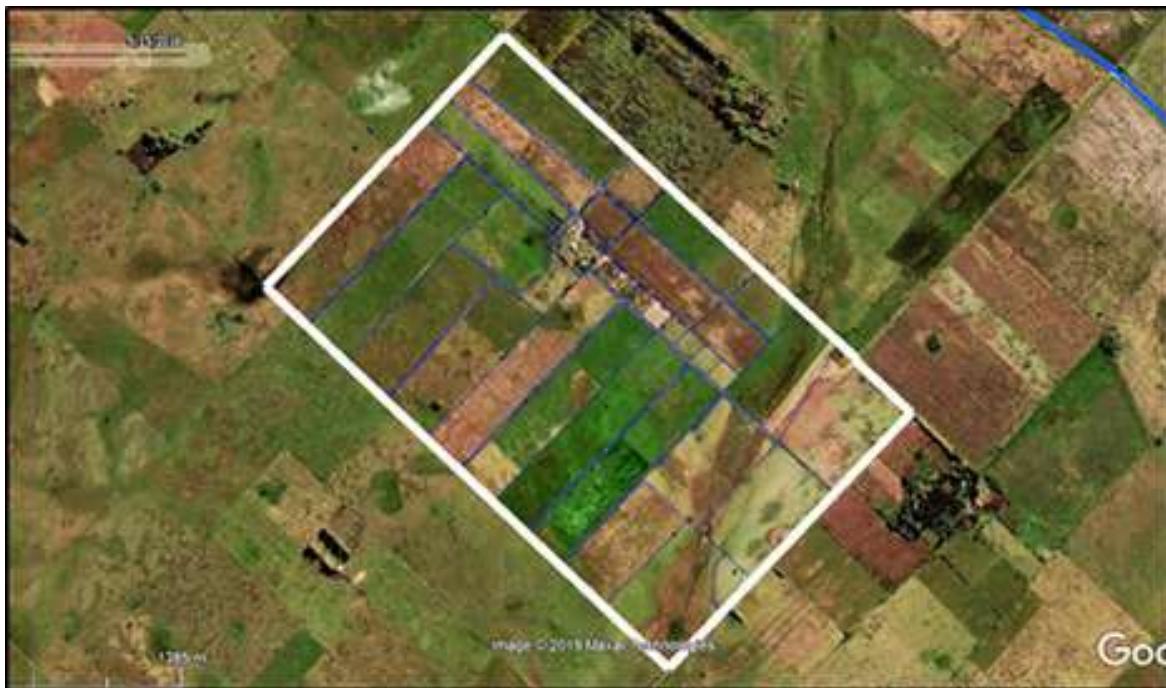


Figura 4.46 Imagen satelital de 15 de mayo de 2016 (Landsat, Google Earth). Año Lluvioso 1109 mm, entre enero y mayo 538 mm, y en abril 164 mm

Las elevadas precipitaciones de DJ entre enero y mayo (538 mm), habiendo llovido en abril 164 mm, no condujo a una marcada presencia de agua en superficie en la imagen del 15 de mayo de 2016, sólo algunos de los sitios por donde se encuentran los **canales** se observan con agua y/o mayor humedad. Es posible que haya incidido que el año previo 2015 fue Muy Seco, no obstante, hubo importantes aportes de agua subterránea proveniente de otras regiones (Figuras 4.41 y 4.42).

Índice de vegetación Diferencial Normalizado (NDVI)-2016. En la Figura 4.47 se presenta el NDVI realizado en una imagen de diciembre (imagen Landsat de Google Earth). Prevalecen valores que revelan “*mal estado de la vegetación*” (0-0,20), y mejoran ligeramente en algunos sectores con valores de 0,2-0,4 (*límite de planta medianamente sana*). Sólo en el sector bajo, la vegetación se presentó como “*medianamente sana*” (índice 0,4-0,6). Es de destacar, como se comentó, que en diciembre la mayoría de gramíneas presentan un estado de floración-madurez, pudiendo aumentar la cantidad de material senecente, y disminuir el NDVI. Sin embargo, esto no es lo que prevalece en muchos sectores con “*estado malo a medio*”, principalmente con la elevada precipitación acaecida.

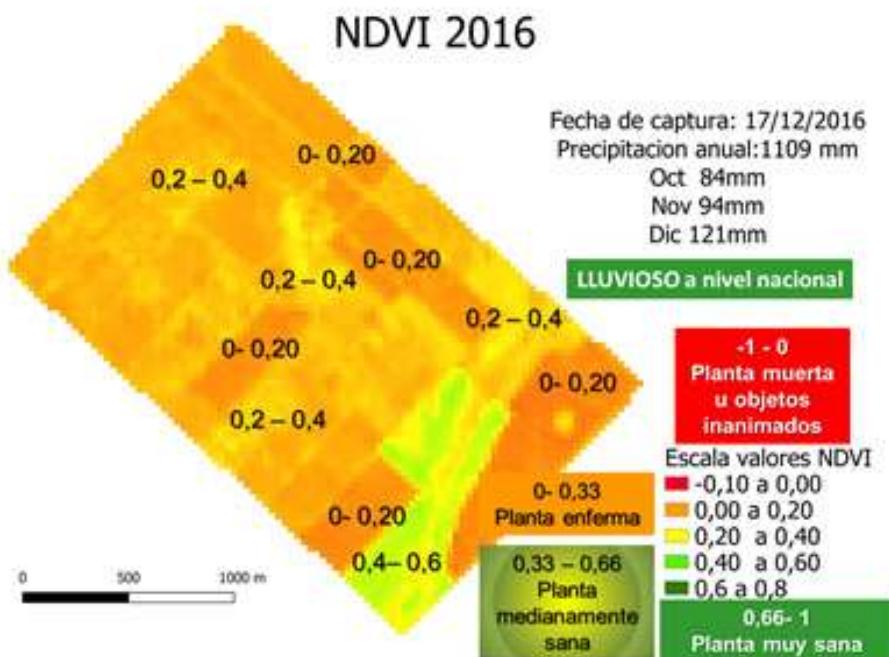


Figura 4.47 Mapa del Índice NDVI en 2016 donde se indican precipitaciones totales y meses previos a la captura de la imagen con la cual se elaboró este mapa

Índice de Humedad de Diferencia Normalizada (NDMI)-2016

En la Figura 4.48 se presenta el índice NDMI de diciembre de 2016.

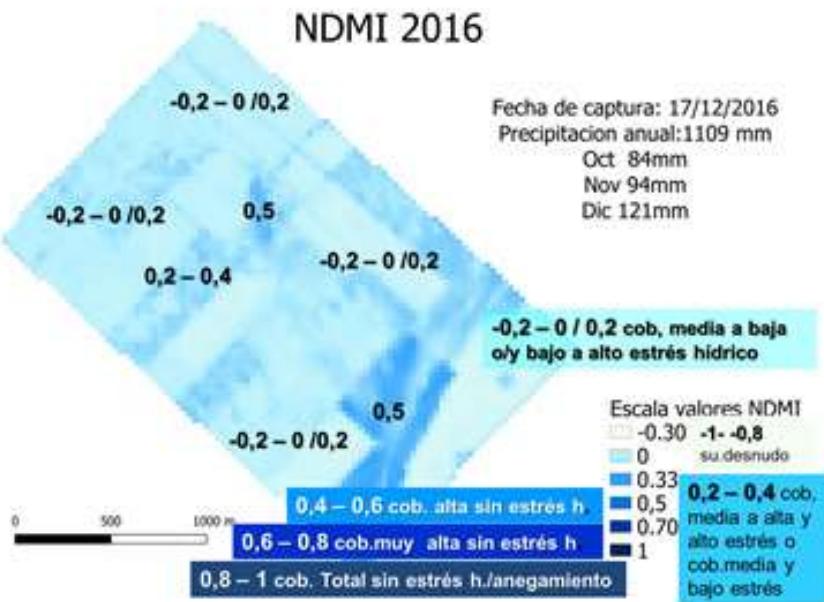


Figura 4.48 Mapa del índice NDMI para 2016, con valores principales, e interpretación

En esta última figura se aprecia que los niveles de humedad, que revelan la vegetación a través de este índice, es variable: “*cobertura media a baja*” (o *alto estrés hídrico*) en importantes sectores que alternan con “*coberturas medias a altas*”, y dos sectores en el bajo y parte alta del establecimiento con “*muy alta cobertura sin estrés hídrico*”. El sector al sur del Arroyo presenta índices de “*cobertura media a baja y alto estrés hídrico*”. Al igual que lo comentado precedentemente, debe considerarse las etapas fenológicas. Cabe destacar que se aprecia en algunos sitios procesos erosivos con disminución del horizonte A.

Índice de Agua de Diferencia Normalizada (NDWI) - 2016

En la Figura 4.49 se presenta el mapa del NDWI de 2016. No se observa agua en superficie en ningún sitio. Al igual que lo comentado precedentemente, en este caso, el índice indica un mejor estado de cultivo (coloración verde) con la ausencia de agua en superficie, arrojando valores de suelo seco en el bajo. Sin embargo, en el bajo es donde se encuentra la vegetación en mejor estado según el NDVI, y las zonas con mayor estrés hídrico, el NDWI las considera como zonas con menos emisión captada por la banda verde, asociándolas erróneamente con cuerpos de agua, y por lo tanto, aumenta el valor de NDWI. Nuevamente permite discriminar visualmente diferentes sectores, pero los valores resultan inconsistentes con la realidad.

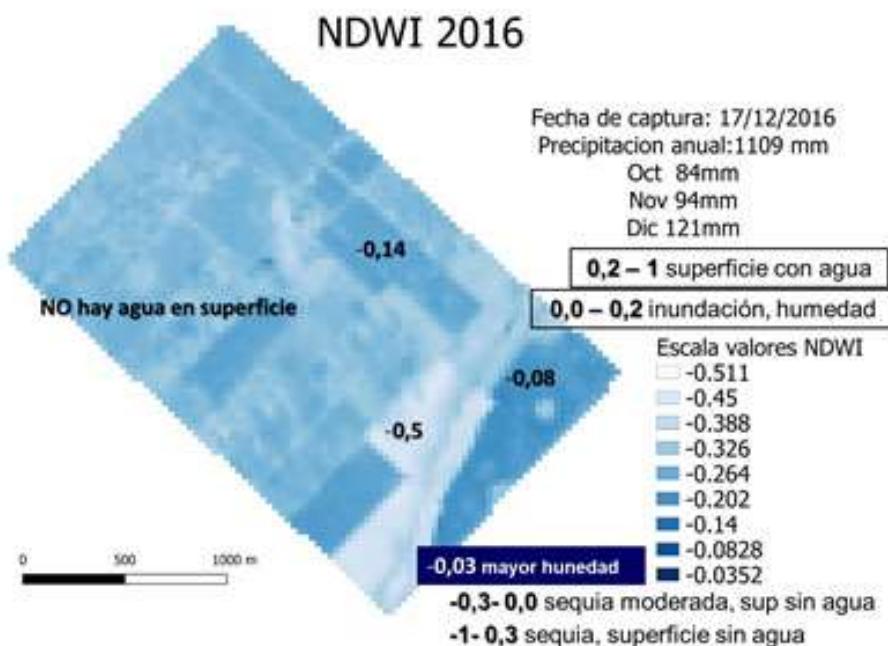


Figura 4.49 Mapa del índice NDWI en imagen de 2016, indicando valores principales e interpretación

2017. El año 2017 fue un año Normal por precipitaciones en DJ (1011 mm), al igual que en las localidades de Vieytes, Ardití y Punta Indio. El Amanecer tuvo un año Seco con 806 mm, y en Chascomús un año Lluvioso. El año anterior, 2016, en Don Joaquín fue Lluvioso con 1109 mm, al igual que en El Amanecer, si bien fue Seco o Normal en las otras localidades analizadas (Figura 4.1). A nivel país fue el final de un periodo húmedo (Figura 4.2).

En la Figura 4.50 se presentan dos imágenes satelitales de 2017, 30 de agosto de 2017, con el detalle del establecimiento (Vitale, Germán, y Waldman, INTA) y 6 de noviembre de 2017 (Landsat, Google Earth).

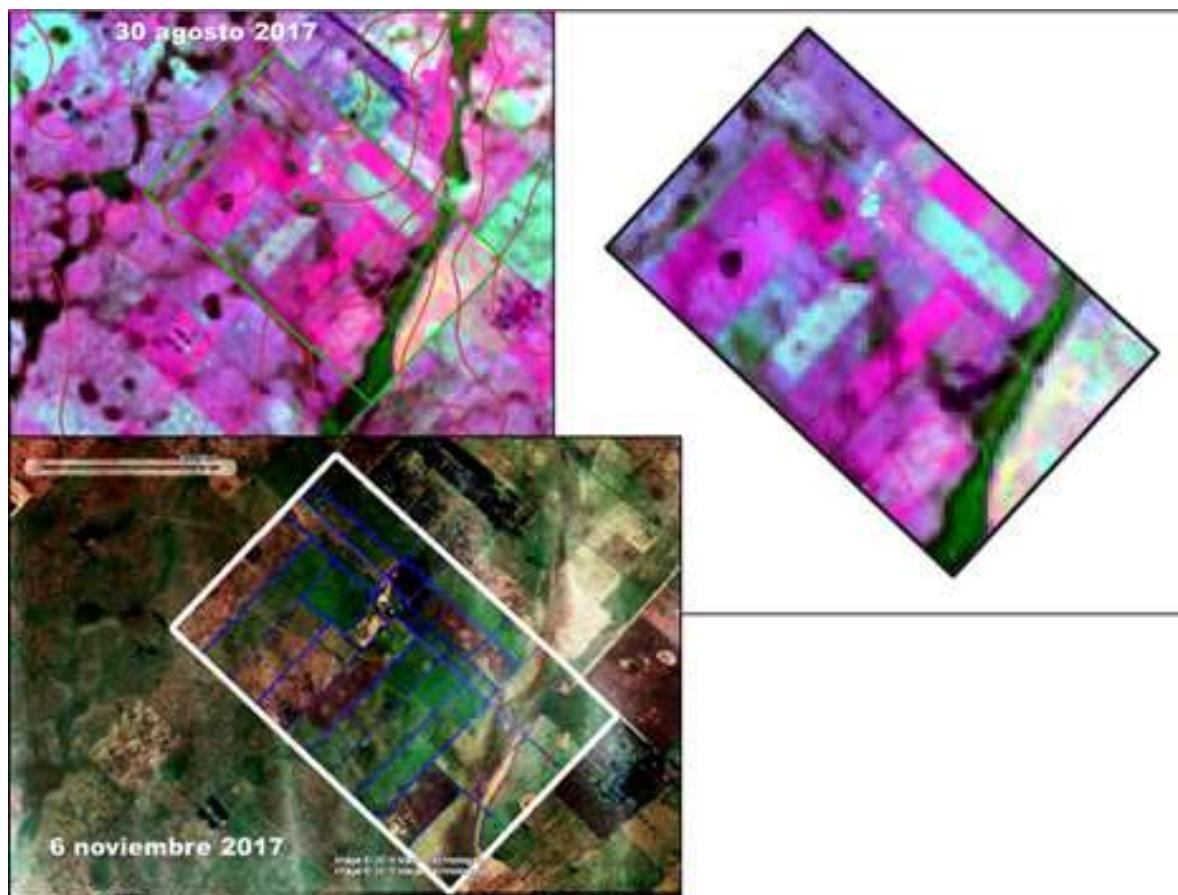


Figura 4.50 Imágenes satelitales de 2017: del 30 de agosto de 2017 (precipitación agosto 216 mm) con detalle del establecimiento, y del 6 de noviembre de 2017 (precipitación octubre 102 mm)

En la imagen de agosto se aprecia claramente la presencia de agua en algunos sectores, “lagunas” y el curso del Arroyo con agua, así como en los cursos de agua que rodean el establecimiento. Hasta agosto llovieron 751 mm, correspondiendo para agosto 216 mm. La imagen de noviembre no tiene tan buena calidad, sin embargo, se aprecian también cuerpos de agua en el establecimiento y en el área próxima a este. La precipitación entre enero y octubre fue de 999 mm

(promedio 762 mm) y en octubre de 102 mm (promedio 82 mm). El mes de noviembre y diciembre fueron muy secos, 12 y 0 mm respectivamente (promedios 59,5 y 69,4 mm respectivamente) (Tabla 4.2 y 4.3).

Índice de vegetación Diferencial Normalizado (NDVI)-2017

En la Figura 4.51 se presenta el mapa del índice NDVI del 30 de agosto de 2017.(imagen de Figura 4.50) y diciembre de 2014 (imagen Landsat de Google Earth no presentada).

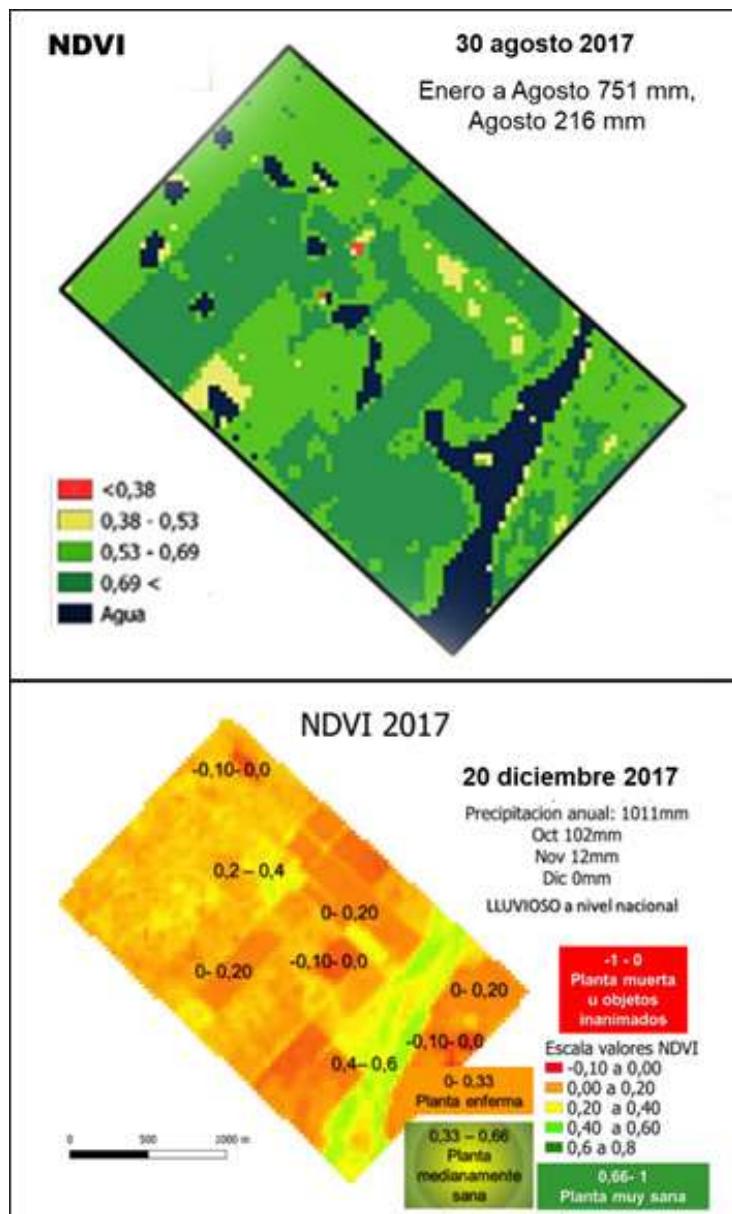


Figura 4.51 Mapas de Índice NDVI en 2017 obtenidos en agosto y diciembre. Se indican valores de interpretación según procesamiento, precipitaciones totales y hasta la fecha de toma de imagen

En la Tabla 4.13 se presenta la superficie que ocupa cada una de las clases indicadas en el **NDVI** realizado por el INTA en la imagen de **agosto de 2017**. Se aprecia que prevalece una condición de plantas entre “*medianamente sana y muy sana*” (362 ha), con una superficie de 46 ha con *agua* y aproximadamente 14 ha con plantas en “*mal estado o sin vegetación*”. Respecto al año 2014 (año muy lluvioso), se aprecia en general una mejor condición, disminuyen las hectáreas de plantas en mal estado, si bien se mantiene la superficie con agua. Esto posiblemente es debido a que en el mes de agosto de 2017 llovió 216 mm.

Tabla 4.13 Superficie de clases del NDVI en imagen de agosto de 2017 Vitale, Germán, y Waldman, INTA Clima y Agua)

NDVI, 30 de agosto 2017, Año Normal			
	Valor	Sup.	%
Sin vegetación	<0,38	0,39 ha	0%
Mal estado/enferma	0,38 - 0,53	13,2 ha	3%
Medianamente sana	0,53 - 0,67	190 ha	45%
Muy sana	> 0,67	172 ha	41%
Aqua	Aqua	46 ha	11%

Las **observaciones de los suelos** fueron realizadas el **4 de octubre de 2017**. En la Figura 4.52 se presenta el ambiente del **bajo**, el detalle de la cobertura vegetal, y el perfil edáfico en dos momentos, recién abierta la calicata con la superficie freática más profunda, y cuando asciende a 20 cm de la superficie. Este ascenso se debe a que el ambiente es zona de descarga, con flujo de agua ascendente por la presión hidráulica que se libera al realizar el pozo (punto 1.2, Figura 1.2).



Figura 4.52 Ambiente del bajo el 4 de octubre de 2017, detalle de la cobertura vegetal, perfil edafico, recien abierto el pozo (izq) y luego que el agua asciende al liberarse la presion (der)

En Figura 4.53 se presenta otros sectores del **bajo** hacia el Arroyo con agua en superficie de diferentes calidades: pH 7,68 y CE 1,15 dS/m con agua más clara por menor dispersión de materia orgánica (izq.), y pH 8,29 y CE 0,27 dS/m con agua oscura por dispersión de materia orgánica. Esta diferente calidad de agua se debe a la mezcla de agua de lluvia con la subterránea que asciende. En la Figura 4.54 se presenta el ambiente, suelo y vegetación en la **media loma**. En este ambiente también se observa la freática a aproximadamente 70-80 cm de profundidad.



Figura 4.53 Ambiente del bajo, con agua de diferente calidad en superficie (4 de octubre de 2017)

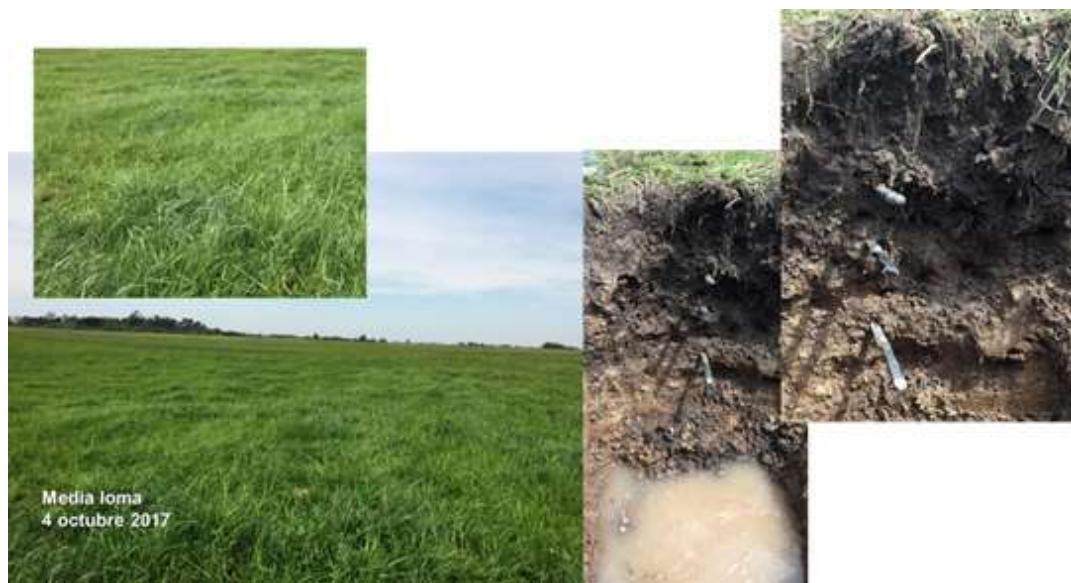


Figura 4.54 Ambiente y suelo de la media loma con la superficie freática a aproximadamente 70-80 cm de profundidad (4 de octubre de 2017)

Se destaca que el **31 de octubre de 2014** la superficie freática en el **bajo**, al igual que en la **media loma**, se ubicó más profunda que el **4 de octubre de 2017**. Así en el bajo la superficie freática se ubicaba a 50-60 cm (2014, Figura 4.35) vs 20-30 cm hasta en superficie (2017, Figura 4.52 y 4.53), y en la media loma, no se registró hasta profundidad de estudio (2014, Figura 4.36) vs 70-80 cm (2017, Figura 4.54). Consecuentemente, no se corresponde con las precipitaciones que se produjeron, debido a que en 2014 fueron mayores que en 2017. Así, entre enero y octubre de 2014 llovieron 1131 mm (observaciones de campo el 31 de octubre), y entre enero y septiembre de 2017 llovieron 897 mm (observación de campo el 4 de octubre).

En el mapa de **NDVI de diciembre de 2017** se observa una *condición general peor* que la de **agosto de 2017** (Figura 4.51). En la de diciembre, en el sector del bajo el índice revela entre plantas “*medianamente sanas y en el límite de plantas enfermas*”, y en el resto del establecimiento, en general, se observó una *peor condición*, con sectores *algo mejores*. La zona más elevada del establecimiento tiene una *condición muy irregular en el estado de la vegetación*, situación que no fue observada tan claramente en años anteriores. Las condiciones hídricas, muy lluviosas hasta octubre de 2017 (999 mm), y superficies freáticas elevadas, pudo haber generado **un cambio en las especies vegetales**, por mayor hidromorfismo y/o alcalinidad, y posteriormente, haber sido más afectadas al producirse dos meses muy secos (noviembre 12 mm y diciembre 0 mm), y consecuentemente, los índices bajan.

Asimismo, en el NDVI de diciembre, se destacan algunas parcelas con un *color rojizo*, como en años anteriores, asociados a la actividad agrícola. Sin embargo, se aprecia en varios lotes *un patrón con mezcla de colores amarillos, naranja y rojo*. Si bien puede deberse a lo comentado sobre la **heterogeneidad** en los **tipos de suelo**, incidencia de **agua superficial y subterránea**, en la

condición hídrica de 2017, puede estar especialmente **asociado a las prácticas de manejo**. En tal sentido, puede haberse producido un excesivo **pisoteo de animales** en lotes donde aumentó significativamente la humedad, y consecuentemente, disminuyó la capacidad de sustentación aún en zonas con vegetación. Los suelos con alta proporción de arcillas expansivas, tal como las que aquí se presentan (punto 4.3.2), tienen un índice de plasticidad muy alto, por lo tanto, un rango muy estrecho de humedad en el cual el pastoreo no genera compactación (rápidamente se hacen plásticos y se “amasan”). Cabe destacar también, que el pixel del Landsat 8 tiene una resolución de 30m x 30m, por lo cual el valor del mismo es una **combinación de los valores de vegetación y de suelo desnudo**, por lo que las zonas sin cobertura pueden reducir el valor del NDVI.

Índice de Humedad de Diferencia Normalizada (NDMI)-2017

En la Figura 4.55 se presenta el mapa del índice NDMI del 30 de agosto y del 20 de diciembre de 2017.

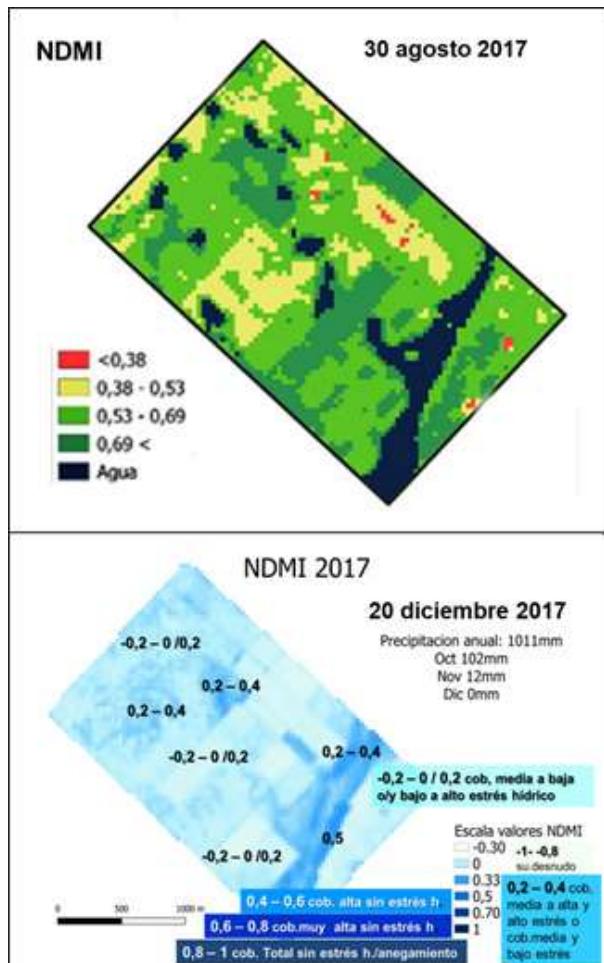


Figura 4.55 Mapas del índice NDMI agosto y diciembre de 2017, con valores principales, e interpretación

En la Tabla 4.14 se presentan las superficies que ocupan las clases del índice en la imagen del **30 de agosto de 2017**. En esta imagen, la condición de “*cobertura media a alta y alto estrés o cobertura media y bajo estrés*” se observó en 212,3 ha, “*cobertura alta sin estrés*” en 93 ha, y “*cobertura media a alto estrés*” en 69 ha. Consecuentemente, este índice si bien se corresponde con el NDVI, *revela una situación con condiciones menos favorables*. La superficie con agua es de 47 ha, algo mayor a la de 2014 (44 ha, año Muy Lluvioso, Tabla 4.12).

En el mapa del índice **NDMI de diciembre de 2017** (Figura 4.55), en el sector más bajo, la condición hídrica de la vegetación es entre “*media a alta, sin estrés hídrico*”, pero en la mayor parte del resto del establecimiento *prevalece* una condición menos favorable con “*mayor estrés hídrico por sectores*”. Al igual que lo comentado para NDVI, este índice se distribuye en forma ***muy irregular***, principalmente en la parte más elevada del establecimiento. En general puede afirmarse que *no hay muy alta cobertura* en ningún ambiente en esta fecha.

Se aprecia entonces, que *respecto a agosto, en diciembre se produjo un deterioro importante de la cobertura vegetal*. Como se indicó al inicio de este punto, en agosto hubo elevadas precipitaciones, y en noviembre y diciembre, muy bajas. Al igual que lo señalado para el índice NDVI, es posible que el *efecto combinado de altas lluvias y elevación de la superficie freática, conduzca a cambios en la composición florística, que es más afectada frente a meses secos*.

Tabla 4.14 Superficie de clases indicadas en el NDMI en imagen de agosto de 2017 (Vitale, Germán, y Waldman, INTA)

NDMI, 30 agosto 2017, Año Normal			
	valor	Sup	%
Cob baja o alto estrés hidrico	<0,22	1,8 ha	0%
Cob, media y alto estrés o bajo estrés	0,22 - 0,33	69 ha	16%
Cob, media a alta y alto estrés o cob media y bajo estrés	0,33 - 0,45	212,3 ha	50%
Cob.alta a muy alta sin estrés hidrico	> 0,45	93 ha	22%
Aqua	Aqua	47 ha	11%

Índice de Agua de Diferencia Normalizada (NDWI) – 2017

Este índice NDWI que pone en evidencia las variaciones en las masas de agua, se presenta en la Figura 4.56 para agosto y diciembre de 2017. La superficie con agua por este índice, representa el 11 % (46 ha) y 89% con vegetación (376 ha), muy semejante a lo obtenido en 2014 (Año Muy Lluvioso).

En el mapa del **20 de diciembre de 2017**, no se observa agua en superficie, al menos para la resolución del satélite. La distribución de la ***humedad es muy irregular***, principalmente en el sector más alto del establecimiento, con sectores que revelan “*sequia moderada*” *junto a otros más secos, y con mayor humedad*. La irregularidad puede deberse a lo comentado respecto al suelo, desarrollo

de vegetación (excesivas lluvias y luego déficit hídrico), y a los **procesos erosivos** con denudación y menor conservación de la humedad.

Se aprecia que existe una **asociación entre la humedad presente y el manejo del lote**. En el **bajo**, se produjo una condición de muy baia humedad, con alcalinización. Esta situación de vegetación que cambia de **hidromórfica a hidrohalomórfica** y luego a **halomórfica**, dependiendo de la combinación lluvias y agua subterránea, es frecuente en el bajo (mezcla de flujos de agua de diferente origen).

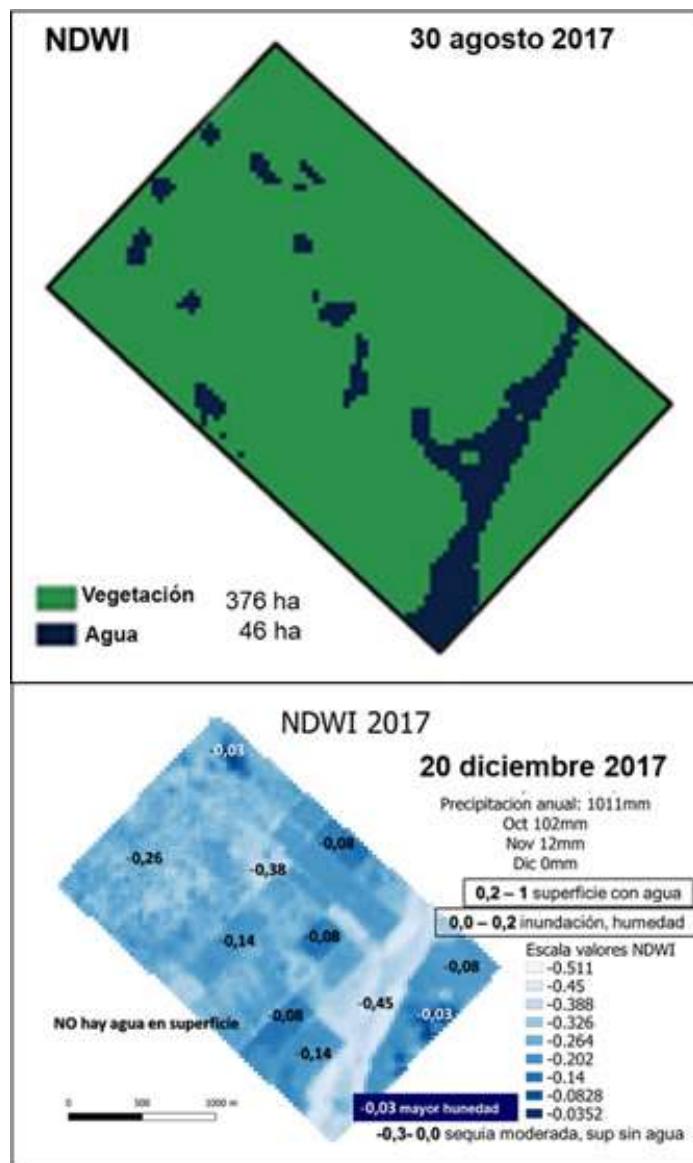


Figura 4.56 Mapas del índice NDWI en imagen de agosto y diciembre de 2017, indicando valores principales e interpretación

En **síntesis**, en 2017, los índices obtenidos que revelan *baja cobertura y/o alto estrés hídrico de los cultivos*, hasta incluso *estados de sequía* en amplios sectores en diciembre de 2017, pueden deberse a los cambios en las lluvias (periodo lluvioso hasta octubre y luego sequía, Tabla 4.3), altura de la freática, y muy posiblemente, debido a manejos que no conservaron el agua que efectivamente se observaba en el campo en octubre (Figura 4.52, 4.53 y 4.54).

2018: En Don Joaquín 2018 fue un año Lluvioso (**1161 mm**) al igual que en Ardití y Punta Indio. En El Amanece y en Chascomús, fueron años Normales, mientras que en Vieytes fue Seco (Figura 4.1). La precipitación de 2018 a nivel país, en promedio fue Normal, habiendo sido los años previos Lluviosos entre 2014 y 2017 (Figura 4.2).

En la Figura 4.57 se presentan tres **imágenes del año 2018**, donde se aprecia agua en superficie en muchos sectores de la imagen de mayo (enero a mayo 477 mm), aumentando la cobertura con agua en agosto (enero a agosto 712 mm) y algo menos en octubre (enero a octubre 847 mm), el mes de octubre fue seco, pero con un septiembre muy lluvioso. En las **IS de agosto y octubre**, se aprecia que se unen los cuerpos de agua que atraviesan el campo y terminan en el Arroyo que se encuentra también con agua. Como se indicó, estos cuerpos se vinculan con los **canales** realizados en el establecimiento (Figura 4.22).

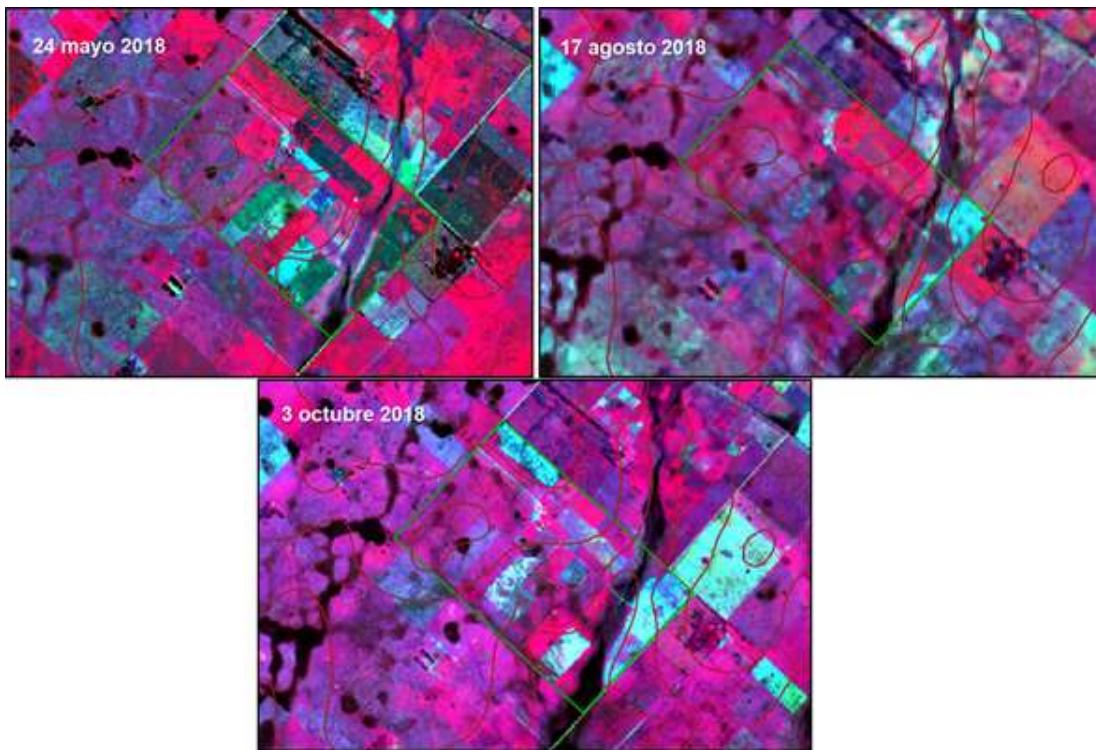


Figura 4.57 Imágenes del año 2018: 24 de mayo, 17 de agosto y 3 de octubre

Esta elevada condición hídrica se apreció en el campo el **19 de septiembre de 2018**. En la Figura 4.58 se presenta el ambiente y suelo del **bajo** en septiembre de 2018 con la superficie freática a 30-40 cm de profundidad. Consecuentemente, más profunda que la medida en 2017 que estaba a 20 cm de profundidad (Figura 4.52), habiendo sido este último año Normal en precipitaciones.

Como se indicó, el mes de septiembre de 2018 fue muy lluvioso (130 mm), y entre enero y agosto llovieron 712 mm, observándose agua en superficie (Figura 4.59a). Sin embargo, la **forma en que el agua anega es muy variable**, como así también **su calidad**, con mayor o menor alcalinidad (pH entre 7,57 y 8,27), modificando la dispersión de materia orgánica, y el desarrollo de la vegetación (cobertura y comunidad vegetal). Esto es coincidente con lo obtenido en 2017 (Figura 4.53). Como se comentó en fechas anteriores, esto es debido a la *mezcla de flujos de agua subterránea y del agua de lluvia*, como así también, a la *permeabilidad del suelo* debido al espesor del horizonte A, presencia de discontinuidades litológicas, y manejos (“amasado” por pastoreo con excesos hídricos, erosión por denudación con encostramiento) (Figura 4.59b). Tal como se aprecia en esta última figura, la superficie se presenta enriquecida con limo, disminuye significativamente la infiltración y aumenta el escurrimiento, siendo esto el inicio de un **proceso erosivo** muy visible en las imágenes satelitales.



Figura 4.58 Ambientes del bajo con perfiles edáficos hasta la superficie freática a 30-40 cm de profundidad. Fecha, 19 de septiembre de 2018

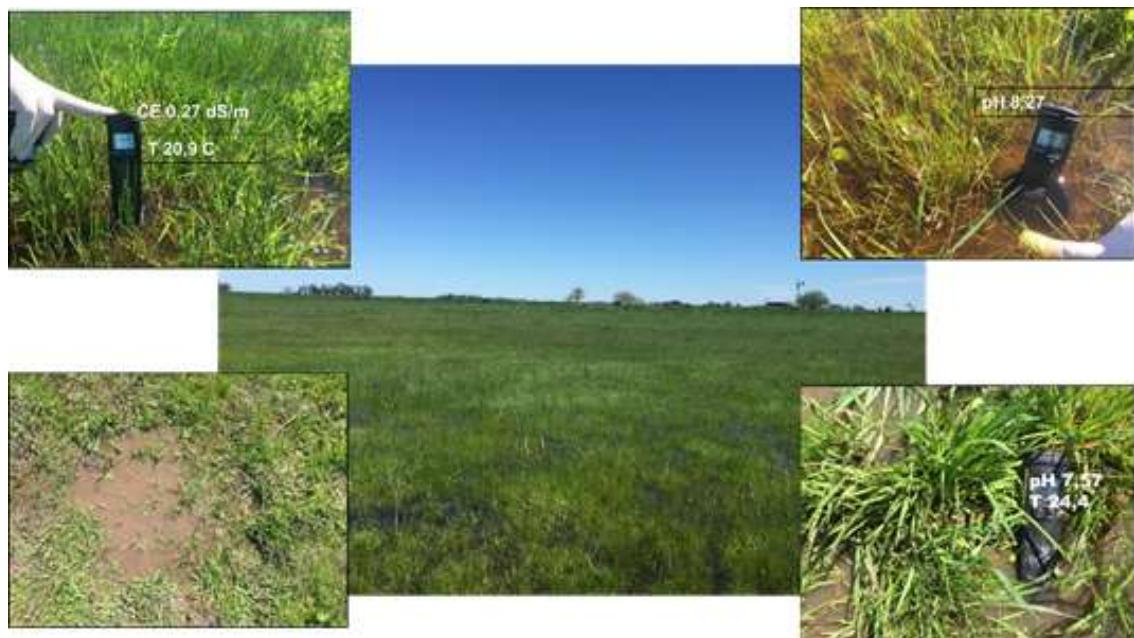


Figura 4.59a Ambiente del bajo con agua en superficie, detalles de sectores con agua con diferente pH entre 7,57 y 8,27, CE 0,27 dS.m⁻¹, T 20,9 °C. Fecha, 19 de septiembre de 2018



Figura 4.59b Pisada animal en el bajo por exceso de agua, “amasado”

En la Figura 4.60 se presenta el ambiente de **media loma baja** y el perfil del suelo observado hasta la superficie freática a 80-100 cm de profundidad, el 19 de septiembre de 2018. En esta figura, se observa también la **erosión del horizonte A**, a través de la permanencia de *montículos de tierra*, que tuvieron vegetación que impidió su erosión, en otra climática y/o manejo. En la Figura 4.61, se presenta un detalle del suelo, horizontes Bt y BC con barnices y slickensides, color rojizo del material original (sin procesos), y agua freática alcalina y con moderada salinidad (pH 8,04 y 1,64 dS.m⁻¹). La superficie freática en este ambiente en 2017 fue algo más superficial, siendo como se indicó un Año Normal (Figura 4.54).



Figura 4.60 Ambiente de media loma baja, perfil del suelo hasta la superficie freática a 80-100 cm. el 19 de septiembre de 2018. Presencia de montículos de suelo que resistieron la erosión debido a la vegetación que los afirmó en otro momento climático y/o de manejo

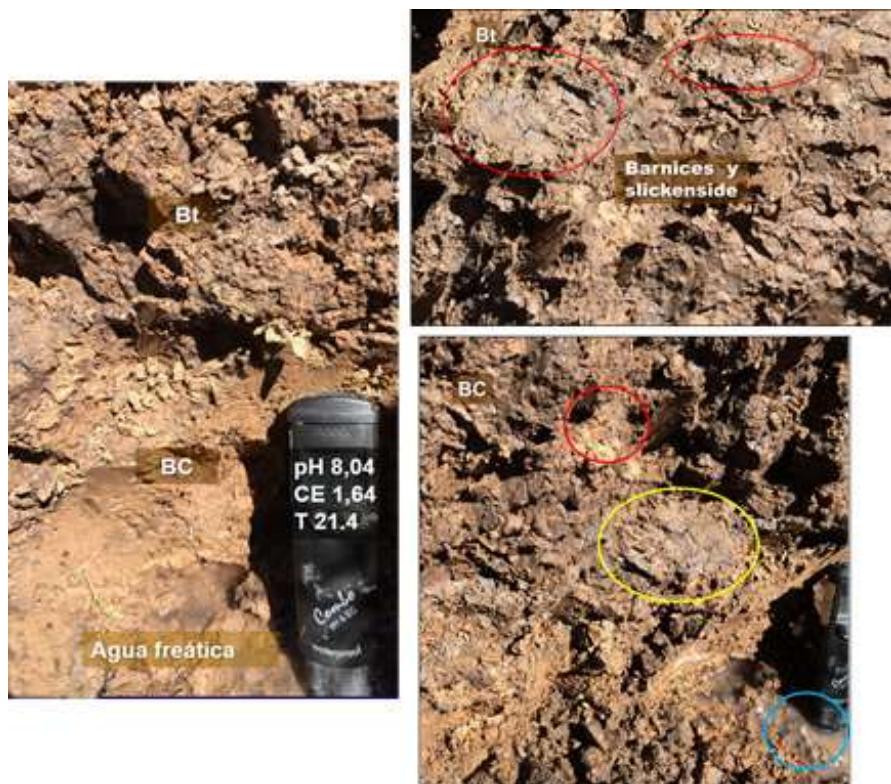


Figura 4.61 Horizontes Bt y BC en media loma baja (izq), detalle en Bt de barnices y slickensides (sup der), y en el BC, sectores de material original sin procesos de color rojizo (marca roja), barnices y slickenside (amarilla), y agua freática (celeste) (inf der). 19 de septiembre de 2018

En la Figura 4.62 se presenta un ambiente de la **media loma alta** y el perfil del suelo, sin superficie freática hasta la profundidad de estudio, no observándose agua en superficie.



Figura 4.62 Ambiente de media loma alta y perfil edáfico. Fecha, 19 de septiembre de 2018

Índice de vegetación Diferencial Normalizado (NDVI)-2018

En la Figura 4.63 se presenta el índice NDVI obtenido para diciembre de 2018. No se aprecia un buen estado general de la vegetación. En algunos sectores puede deberse al *estado fenológico de cultivos anuales* (colores más rojizos en ciertos lotes), y en otros, por excesos hídricos. Sin embargo, dichos excesos hídricos propician en algunos sectores un *pastizal de tipo hidrófilo*, tal como en el **bajo** con valores del índice NDVI de hasta 0,4-0,6, máximo valor que se obtuvo en todo el establecimiento. Al igual que lo comentado anteriormente en el NDVI de 2017, los valores bajos pueden deberse también, a una subestimación consecuencia de la resolución de los sensores del satélite.

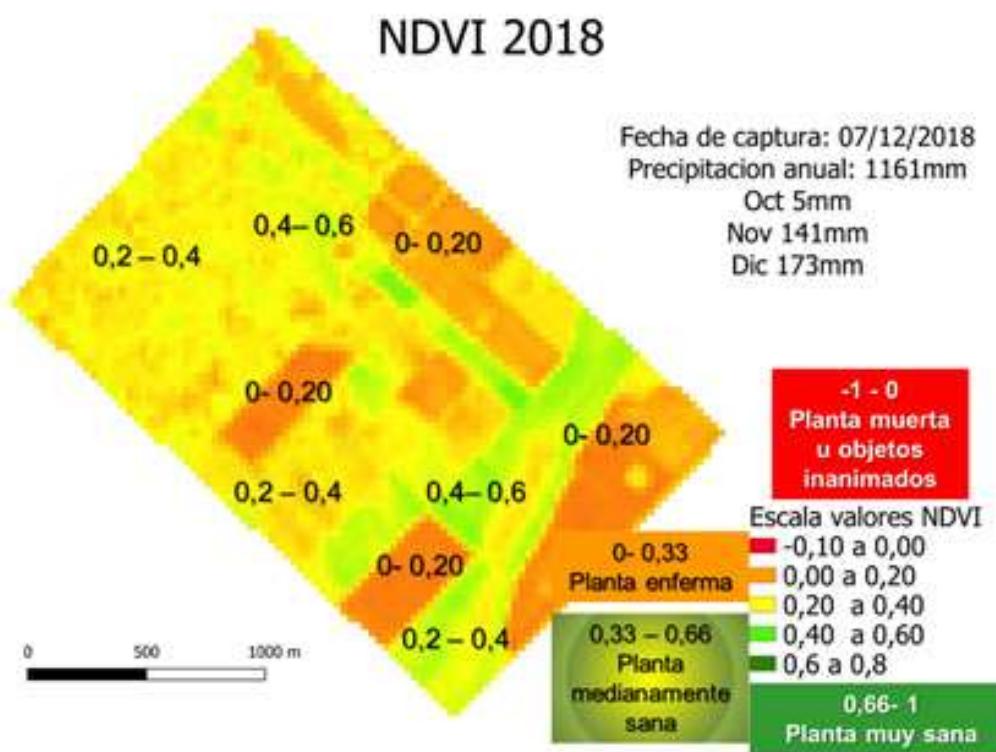


Figura 4.63 índice NDVI obtenido en diciembre de 2018, valores principales e interpretación, precipitaciones acaecidas en meses previos a la fecha de captura

Índice de Humedad de Diferencia Normalizada (NDMI)-2018

En la Figura 4.64 se presenta el índice NDMI de diciembre de 2018 que revela una “*media a alta cobertura*” en la mayor parte del establecimiento (valores de 0,2-0,4). Al igual que el índice anterior, hay un *efecto del manejo* dado que los *cambios se asocian a las parcelas*. Los valores más altos se dan en las parcelas donde el suelo no ha sido labrado recientemente (pasturas o pastizales), mientras que los valores más bajos corresponden a lotes donde se realizó agricultura.

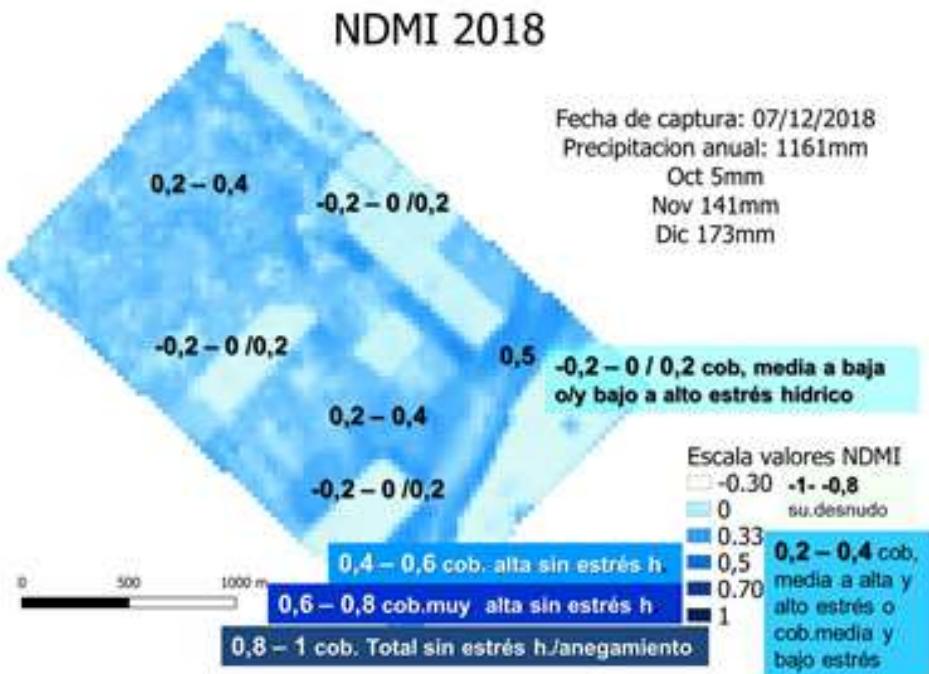


Figura 4.64 Índice NDMI de diciembre de 2018, con valores principales e interpretación

Índice de Agua de Diferencia Normalizada (NDWI) - 2018

En la Figura 4.65 se presenta el índice NDWI de diciembre de 2018. Se aprecian sectores con elevada humedad, pero no con agua en superficie, la mayor o menor humedad se asocia al manejo. Así, al igual que lo comentado en los otros índices, se aprecian cambios por potrero, con excepción de los sectores altos de la parte norte y sur. Los excesos hídricos que se observaron en el campo en septiembre de 2018, y en la imagen de septiembre, no se evidencia en este índice de diciembre de 2018, a pesar de que las precipitaciones fueron muy elevadas en este último mes (diciembre, 273 mm, Tabla 4.3). Esto puede deberse a la resolución de la imagen satelital (cada pixel es de 30 m), y a las bandas que se utilizan para la obtención de este índice. Así, se utiliza la banda de verde visible para detectar zonas donde no hay cuerpos de agua, por lo cual, si hay vegetación el índice dará bajo, aunque además haya agua, dado que la vegetación la enmascara. Las zonas anegables presentan una coloración más oscura que las zonas secas. Por el contrario, en lotes agrícolas recién laboreados, la emisión de color es baja, y consecuentemente, el índice NDWI resulta más alto, porque la vegetación no enmascara la humedad.

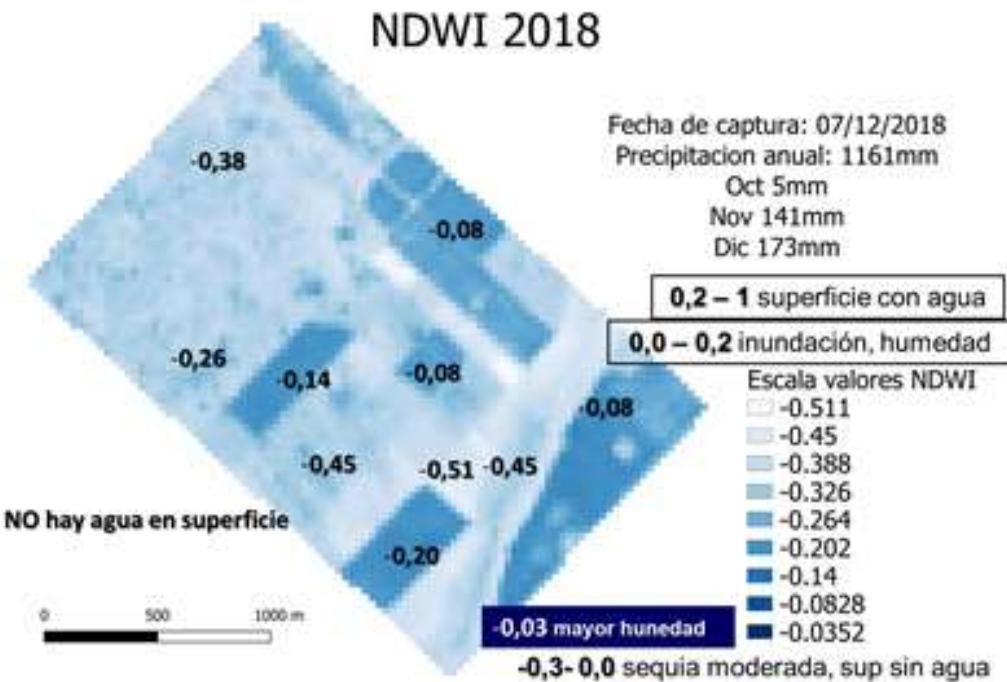


Figura 4.65 Mapa del índice NDWI de 2018, con valores principales e interpretación

2019: En Don Joaquín fue un año Normal de precipitaciones (863 mm), al igual que en el resto de las localidades analizadas, con excepción de El Amanecer que fue un año Seco (762 mm) (Figura 4.1). A nivel país el año fue con déficit de agua, situación que se produce desde 2018 (Figura 4.2). Sin embargo, esto último hace referencia a nivel general, existiendo zonas con excesos de precipitaciones y nevadas. Específicamente para la provincia de Buenos Aires se destaca un serio déficit hídrico en el oeste (Servicio Meteorológico Nacional).

En la Figura 4.66 se presentan imágenes satelitales de agosto de 2019 (Landsat, Google Earth) y del 27 de enero de 2020 (Vitale, Germán, y Waldman, INTA Clima y Agua). Esta última si bien corresponde a 2020, es próxima a la imagen utilizada para la obtención de índices del 10 de diciembre de 2019. En el establecimiento DJ, en el mes de agosto no llovió, entre enero y agosto llovieron 582 mm, y los meses siguientes se destaca octubre con 177 mm, siendo muy baja en los meses siguientes (noviembre y diciembre 2019, 20 y 40 mm respectivamente, y enero 2020, 49 mm) (Tabla 4.3).

En la Figura 4.67 se presenta el ambiente del **bajo**, detalle del suelo con el agua freática a 55 cm de profundidad y de la vegetación, el **30 de noviembre 2019**. No se observó agua en superficie, en coincidencia con lo que muestran las imágenes de la Figura 4.66. Asimismo, 7 días antes, el **21 de diciembre de 2019**, se realizó la calicata en el bajo (punto 4.3.2), y la superficie freática se ubicó a 57 cm (Figura 4.5).



Figura 4.66 Imágenes satelitales de agosto 2019 (Landsat extraída de Google Earth) y enero de 2020 (Vitale, Germán, y Waldman, INTA Clima y Agua)



Figura 4.67 Ambiente del bajo, detalle de la vegetación y del suelo con el agua freática a 55 cm de profundidad, el 30 de noviembre 2019

Índice de vegetación Diferencial Normalizado (NDVI)-2019

En la Figura 4.68 se presenta el mapa del índice NDVI del 10 de **diciembre de 2019**, y en la Figura 4.69, los ambientes de las calicatas (punto 4.3.2) con el valor del índice NDVI. En el mapa obtenido se aprecia una “*mala condición general de la vegetación*” (valor 0-0,20) con excepción del sector del **bajo** próximo al Arroyo donde se presentó como “*medianamente sana*”, lo cual se corresponde con lo observado en el campo el 30 de noviembre de 2019 (Figura 4.67). En **noviembre de 2019** en el campo, se observa una mejor condición que la que revela el índice, si bien este fue obtenido en un momento más seco (diciembre 2019). Asimismo, es de destacar que principalmente en el ambiente de **loma**, se observó una importante irregularidad en la cobertura vegetal.

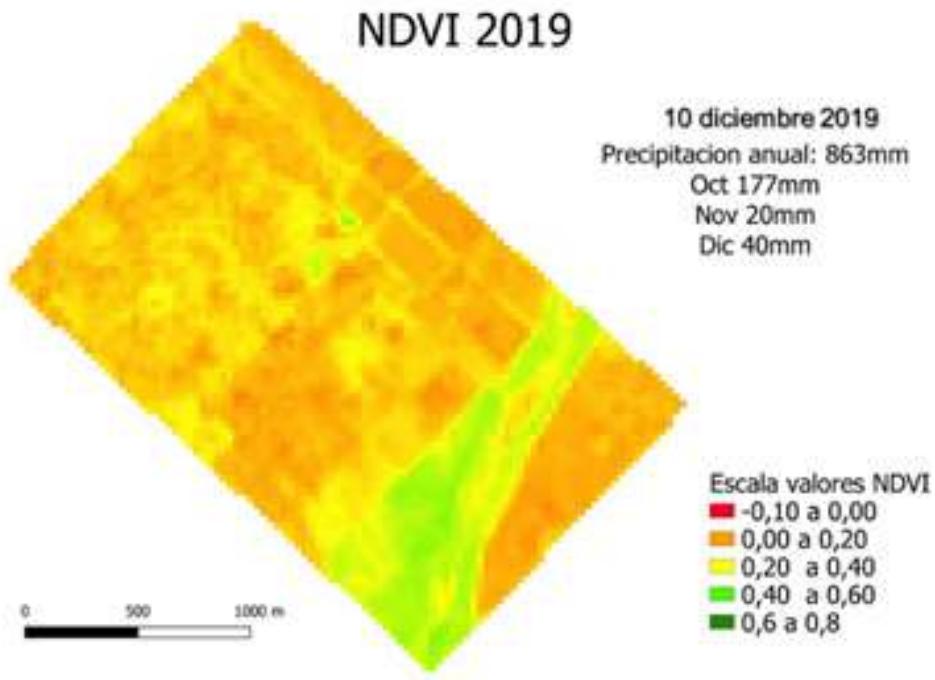


Figura 4.68 Mapa del Índice NDVI en 2019, se indican índices e interpretación, precipitación



Figura 4.69 Ambiente del sitio de las calicatas I y II realizadas el 21 de noviembre de 2019, y de la calicata III el 18 de diciembre de 2019

Índice de Humedad de Diferencia Normalizada (NDMI)-2019

En Figura 4.70 se presenta el mapa del índice NDMI para 2019. Este índice que revela el estado hídrico de los cultivos y coberturas, mostró para esta fecha una condición desfavorable para la mayor parte del establecimiento, entre “*media a baja con alto estrés hídrico*” principalmente en los sectores más altos, con excepción del sector del **bajo** con “*alta cobertura sin estrés hídrico*”, lo cual es coincidente con el NDVI.

Si bien la *profundidad de la superficie freática* es algo mayor en 2019 que en 2018, no tuvo correlato con la disminución de las precipitaciones en 2019 en todos los ambientes. Así, en el **bajo** en 2018 la superficie freática se ubicaba a 30-40 cm (Figura 4.58), y en 2019 a 55 cm de profundidad (Figura 4.67). Consecuentemente, posiblemente en el **bajo** continuó un aporte de agua subterránea al pastizal. En la **media loma**, y en la **loma**, con la superficie freática más profunda, la irregularidad observada en el desarrollo de la vegetación puede asociarse a la capacidad de los diferentes sectores de acumular agua, espesor del horizonte A (erosionado) sobre un Bt muy arcilloso, y/o a la presencia de discontinuidades litológica como se comentó precedentemente (punto 4.3.2).

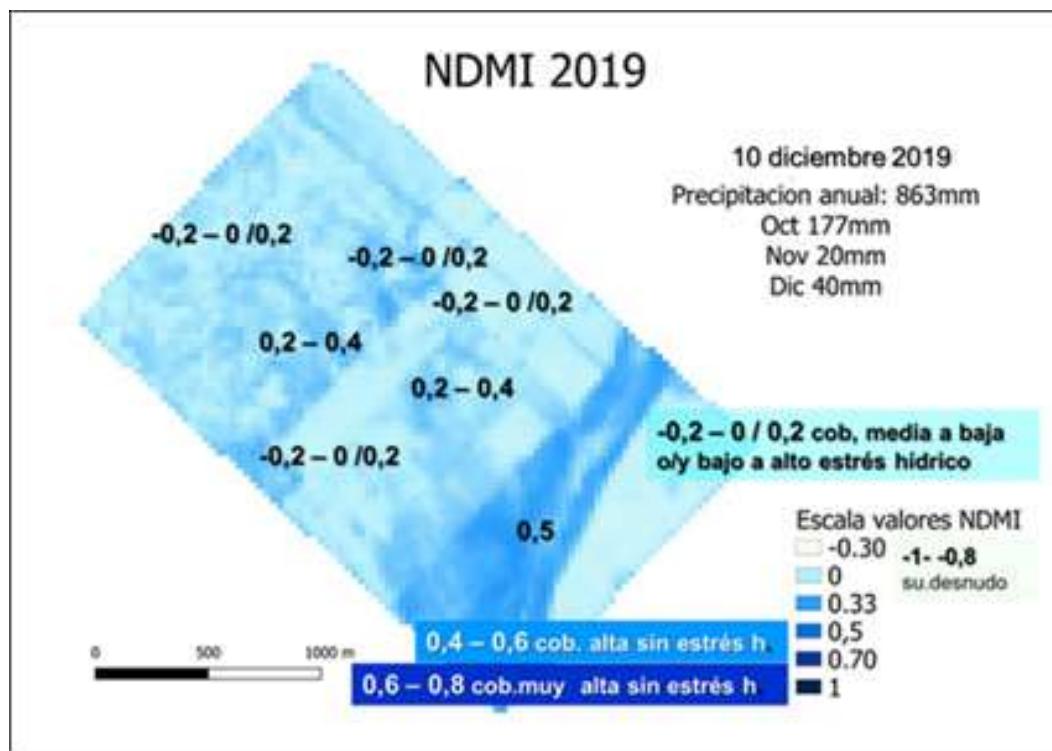


Figura 4.70 Mapa del índice NDMI para 2019, con valores principales, e interpretación

Índice de Agua de Diferencia Normalizada (NDWI)-2019

En la Figura 4.71 se presenta el Mapa del índice NDWI en imagen de diciembre de 2019. No se observa agua en superficie, los valores revelan una *condición general de “sequía moderada”* en

importantes sectores, y contrario a lo obtenido en los otros índices, *la peor condición se da en el bajo* (-0,45). En tal sentido, cabe indicar lo comentado precedentemente respecto a las bandas que utiliza este **índice**, que evalúan la emisión de la vegetación en contraste con las masas de agua. En este caso, al no haber agua en superficie, ni estar saturado el suelo, el sensor lo detecta como vegetación, por lo que baja el valor del NDWI. Así, en un año seco los valores más “alto” se dan en lugares sin cobertura (lotes agrícolas), mientras que los más bajos se dan en lugares con buena vegetación como es en el bajo. Consecuentemente, este índice *no tiene aplicabilidad en condiciones muy secas*.

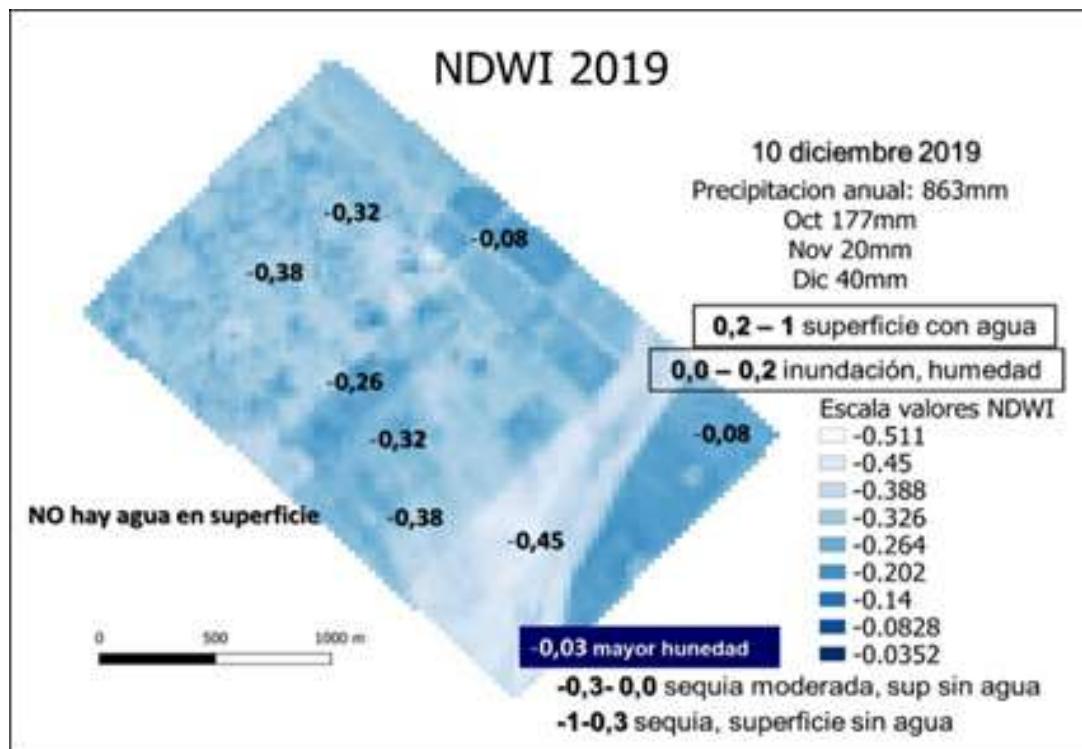


Figura 4.71 Mapa del índice NDWI en imagen de 2019, indicando valores principales e interpretación, precipitaciones y fecha de imagen

En **síntesis**, por lo expuesto, al comparar los tres índices de 2019, se aprecia **correspondencia entre los NDVI y NDMI, y las observaciones de campo**, la mejor condición se produjo en el **bajo** debido a que la vegetación pudo aprovechar el agua de la superficie freática, cuya profundidad no se correspondió con las precipitaciones de 2019. Consecuentemente, el sitio recibe agua subterránea de otras regiones. En el resto del establecimiento las condiciones dependieron del aprovechamiento del **agua de lluvia, agua almacenada en el perfil, manejo implementado y proximidad a la superficie freática**. En el tercer índice, NDWI, presentó valores inconsistentes con los demás índices y con lo observado a campo.

2020: En la Figura 4.72 se presentan una imagen satelital del **20 de agosto de 2020**. No se observa agua en superficie a pesar de haber sido en Don Joaquín un año Lluvioso (1064 mm totales), habiendo llovido entre enero y agosto 704 mm (promedio enero-agosto 618 mm, Tabla 4.2). Sólo se reconocen en algunos sectores del Arroyo, y en otros de escasas dimensiones distribuidos por todo el establecimiento con mayor contenido hídrico, especialmente en el sector de canales (Figura 4.22). A nivel nacional y localidades vecinas, la condición fue entre Seca y Muy Seca (Figura 4.2 y 4.3). Consecuentemente, las elevadas precipitaciones que se produjeron en DJ, no condujeron a una acumulación de agua en superficie, lo cual puede explicarse por un menor aporte de agua subterránea proveniente de otras regiones. En estas, al igual que a nivel nacional, hubo bajas precipitaciones.

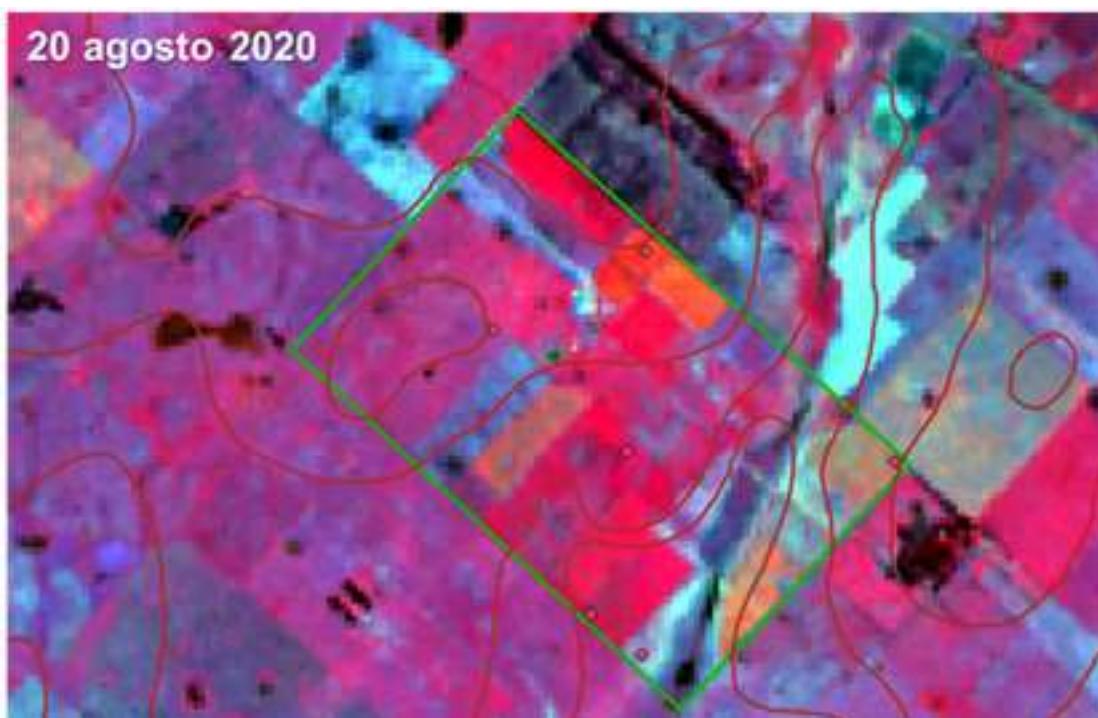


Figura 4.72 Imagen satelital del 20 de agosto de 2020 (Vitale, Germán, y Waldman, INTA)

Índice de vegetación Diferencial Normalizado (NDVI)-2020

El mapa del Índice NDVI de diciembre de 2020 (Figura 4.73) revela una condición general de “*mal estado de la vegetación*”, con excepción del **bajo** principalmente en el lote 15, y próximo al Arroyo, y en el **alto**, en el lote 7 con alfalfa que presentan un índice de 0,4-0,6 que indica la presencia de “*plantas medianamente sanas*”.

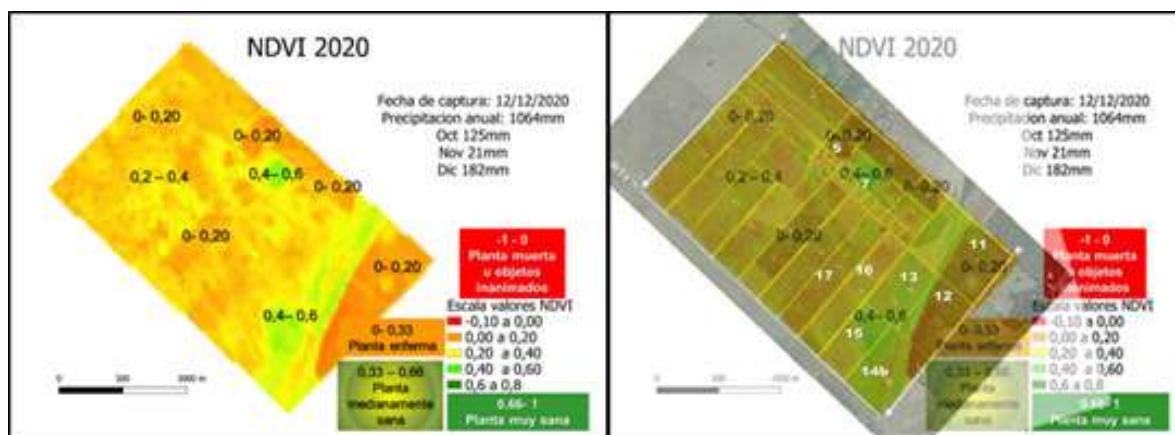


Figura 4.73 Mapa del Índice NDVI en 2020 (sup), y superposición con potreros de Figura 4.3 (inf)

Índice de Humedad de Diferencia Normalizada (NDMI)-2020

En la Figura 4.74 se presenta el mapa del índice NDMI para 2020. Este índice revela una “cobertura media a baja con alto estrés hídrico” en la mayor parte del establecimiento, con excepción de los mismos sitios que muestra el NDVI, siendo incluso algo mejor el estado de los lotes próximos al Arroyo (hacia el N). Los lotes 11 y 12, al sur del Arroyo se presentan como en todas las fechas en una mala condición, posiblemente por el estado fenológico del cultivo implantado (cultivos anuales) (Figura 4.73).

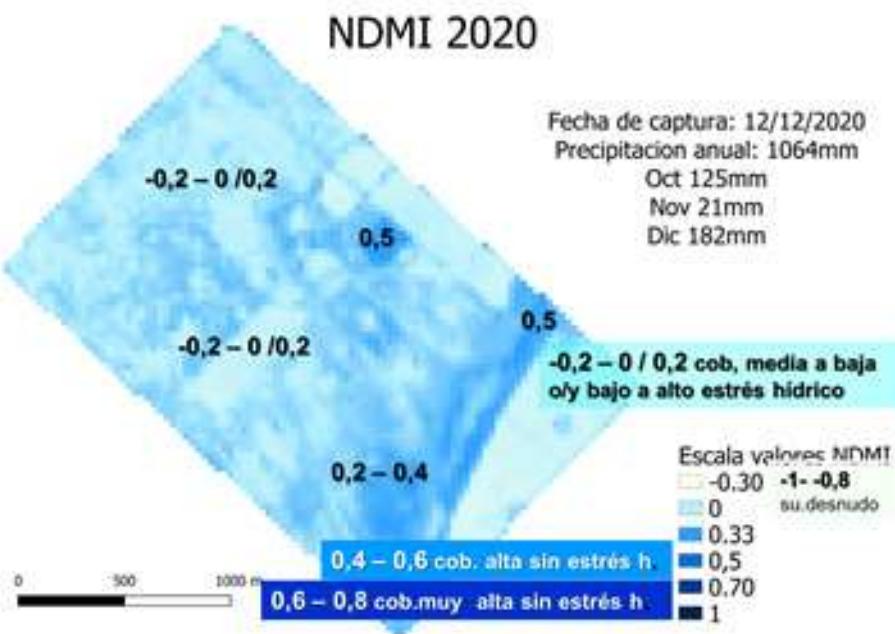


Figura 4.74 Mapa del índice NDMI para 2020, con valores principales, e interpretación

Índice de Agua de Diferencia Normalizada (NDWI) -2020

En Figura 4.75 se presenta el mapa del índice NDWI en la imagen de 2020. Este índice no se corresponde en todos los sitios con lo observado en otros índices respecto al estado de la vegetación, debido a que si bien se corresponde con la baja humedad (condición de sequía generalizada), y con el mal estado de los cultivos, el sector del bajo se presenta en forma inversa. Así, mientras que en los otros 2 índices en el bajo se da la mejor condición de la vegetación, el NDWI revela sequía incluso más marcada que en el resto (-0,51). Puede indicarse que la vegetación toma agua de la superficie freática en los lotes del bajo, y del agua acumulada en el perfil en la alfalfa (lote 7) donde también el índice NDWI fue de -0,51. Sin embargo, 2020 fue un año lluvioso, con 182 mm de lluvia en el mes de diciembre, fecha de la imagen en que se hicieron los índices, existiendo entonces, como se comentó precedentemente, aspectos vinculados a las bandas que usan los índices que pueden enmascarar algunas condiciones.

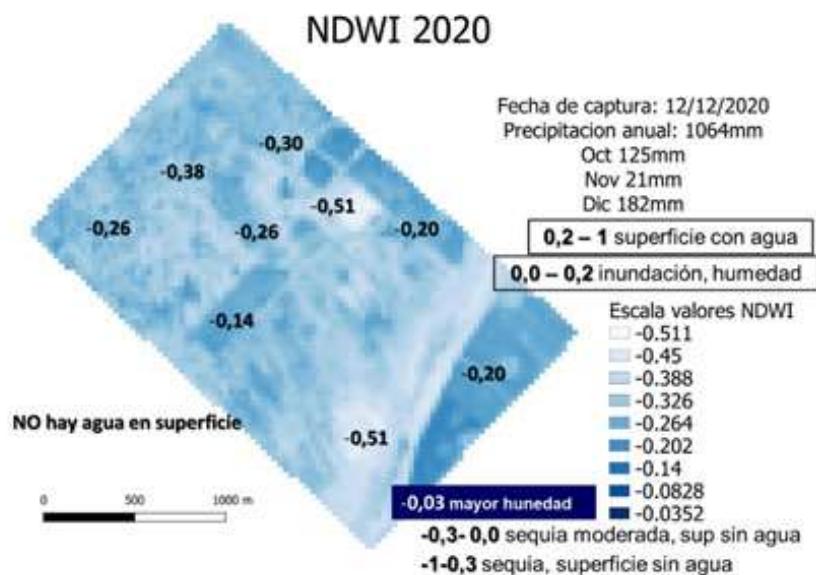


Figura 4.75 Mapa del índice NDWI en imagen de 2020, indicando valores principales e interpretación

2021 y 2022: A nivel país estos años fueron secos, situación que se inicia en 2018 (Figura 4.3). Las condiciones deficitarias de lluvias prevalecieron desde finales del 2019 en gran parte de la Cuenca del Plata (SMN). La falta de lluvias y condiciones de sequía extrema se dieron también en el Norte del Litoral y la cuenca del río Paraná, luego de un 2020 extremadamente seco. Para 2021 el Servicio Meteorológico Nacional señala que se registró un desvío negativo a nivel país, la mayor parte del O y de la Patagonia, llovió menos de lo normal, como así también, en el NE del país. Asimismo, se agravó la sequía en toda la Cordillera Central y parte de Cuyo, debido a la falta de nevadas importantes en el invierno, el 2021, fue el décimo tercer año más seco desde 1961 (SMN).

Lo sucedido a nivel país incide en la región de estudio a través de las aguas subterráneas. No obstante, el establecimiento **Don Joaquín**, como se comentó, tuvo un comportamiento particular, *fue lluvioso en 2018, Normal en 2019, y Lluvioso en 2020, y recién en 2021 comienza un periodo muy seco, que continua en 2022* (año Muy Seco con 560 y 485 mm totales respectivamente). También fueron años Muy Secos en El Amanecer con 650 y 550 mm respectivamente, y en las otras localidades analizadas, entre Seco a Muy Seco (Figura 4.1, Figura 4.2, Tabla 4.3).

En la Figura 4.76 se presenta una imagen satelital del **7 de octubre de 2021** y otras imágenes de **2022, 3 de enero, 14 de febrero y 12 de agosto** (Vitale, Germán, y Waldman, INTA Clima y Agua). No se aprecia agua en superficie en ninguna de las fechas.

Sobre la IS del **7 de octubre de 2021**, se destaca que en los meses de mayo y septiembre las precipitaciones fueron incluso superiores al promedio (105 y 115 mm respectivamente, Tabla 4.2). Consecuentemente, estas precipitaciones no llegan a compensar la disminución del aporte de aguas subterráneas, y la sequía general de todo el año 2021. Esto también sucede en 2022, donde el único mes del año con elevadas precipitaciones, que fue enero con 156 mm (promedio de 85,5 mm), no condujo a la presencia de agua en superficie en la imagen del **14 de febrero** (Figura 4.76), destacándose que en todo febrero de 2022 llovieron 61 mm (promedio es de 101,3) (Tabla 4.2). Respecto a la IS de **agosto de 2022**, sobre la cual se realizaron índices (Vitale, Germán, y Waldman, INTA), se indica que entre enero y agosto inclusive llovieron 383 mm (Tabla 4.3), siendo el promedio para dicho periodo de 618 mm (Tabla 4.2).

Las condiciones secas a muy secas, locales y generales, se aprecia en los índices obtenidos en diciembre de 2021, y en agosto de 2022.

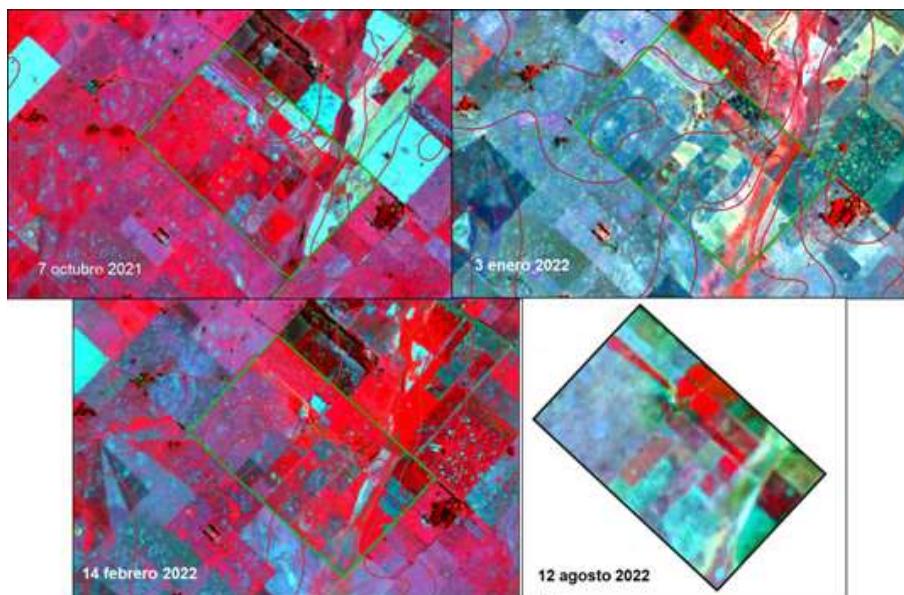


Figura 4.76 Imágenes satelitales del 7 de octubre de 2021, 3 de enero de 2022, 14 de febrero de 2022, y 12 de agosto de 2022 (Vitale, Germán, y Waldman, INTA Clima y Agua)

Índice de vegetación Diferencial Normalizado (NDVI)-2021-2022

En el mapa del índice NDVI del **22 de diciembre de 2021** revela en el lote 7 con alfalfa, y en el ambiente del bajo vecino al Arroyo, una condición de “*baja a medianamente sana*” (0.2 – 0.4), y en el resto del establecimiento resultó en una “*mala condición*” (0 – 0.2). En el NDVI del **12 de agosto de 2022** se obtuvo una gran superficie afectada por sequía, con 315,5 ha (75%) en “*mal estado*” y “*sin vegetación*”; sólo 17 ha con vegetación “*sana*”, y las restantes 90 ha “*medianamente sanas*”, sin agua en superficie y en algunos lotes sin cobertura, asociado posiblemente a la actividad agrícola (Figura 4.77 y Tabla 4.15).

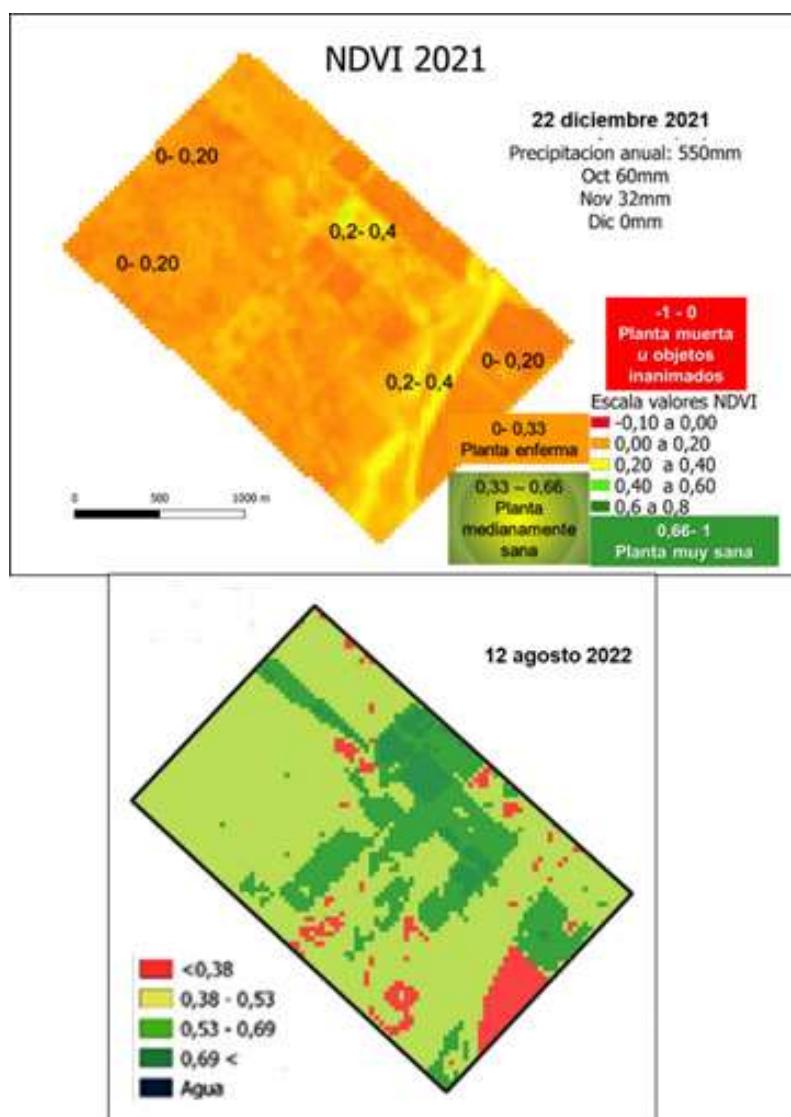


Figura 4.77 Mapa del índice NDVI en diciembre de 2021 (Rowan, inédito), y en agosto de 2022 (Vitale, Germán, y Waldman, INTA)

Tabla 4.15 Superficie de clases indicadas en el NDVI en imagen de agosto de 2022 (Vitale, Germán, y Waldman, INTA)

NDVI, 12 de agosto 2022, Año Seco			
		valor	Sup %
Sin vegetación	<0,38	28,1	7%
Mal estado/enferma	0,38 - 0,53	287,4	68%
Medianamente sana	0,53 - 0,67	90	21%
Muy sana	> 0,67	17	4%
Agua	Agua	0	0%

Se efectuaron observaciones en el campo:

a) **21 de febrero de 2021.** En Don Joaquín fueron escasas las precipitaciones de enero y febrero (45 y 68 mm), pero provenía de un año Lluvioso en 2020 y Normal en 2019, aunque con sequias generalizadas a nivel regional y país (Figura 4.1, Figura 4.2, Tabla 4.3).

b) **21 de marzo de 2022.** Esta fecha es más próxima a la fecha de obtención de este índice, diciembre de 2021. El año 2022 en Don Joaquín fue Muy seco, sin embargo, entre enero y marzo de 2022, llovieron 250 mm, coincidente con el promedio para este periodo de 248 mm (Tabla 4.1).

c) **21 de abril de 2022.** Precipitaciones entre enero y abril, 295 mm, algo menores que el promedio de 339 mm (Tabla 4.3). El año precedente, 2021 fue Muy Seco, con 550 mm totales.

a) **21 de febrero de 2021.** En la Figura 4.78 se presenta el ambiente general del **bajo** con el freatímetro. Para esta fecha la superficie freática se ubicaba a 1,55 m de profundidad (Tabla 4.10). En la Figura 4.79 se muestra la **vegetación del bajo**, donde se identifica en proximidades del freatímetro, *Lotus sp*, *Trifolium repens*, *Paspalum dilatatum*, *Cynodon dactylon*, *Xanthium cabanilliensis*, *Ray grass anual*, *Festuca arundinacea*, *Setaria geniculata*, *Eryngium ebracteatum*, *Chloris berroi*, con una cobertura del 100%. Más próximo al Arroyo se reconoce vegetación **hidrófila que alterna** con vegetación **halófila**: *Ambrosia tenuifolia*, *Ephilantes stolonifera*, *Distichlis sp*, *Eryngium equinatum*, *Sporobolus indicus*, *Eleucine sp*, *Panicum milloides*, *Nostoc sp*, *Hordeum pusillum* *Stenotachis sp*, *Paspalum paludivagum*.



Figura 4.78 Ambiente general del bajo el 21 de febrero de 2021, se muestra el freatímetro (profundidad de la superficie freática 1,55 m)

La presencia de **especies hidrohalomórfica** con una superficie freática relativamente profunda, se asocia al ascenso capilar del agua almacenada en el perfil del suelo altamente alcalino. Como se indicó precedentemente, este ambiente se caracteriza por los cambios en la comunidad vegetal, y del tipo de suelo, que aunque presenta en todos los casos alto contenido de sodio, en épocas lluviosas recibe aportes de lluvia que diluye parcialmente el perfil edáfico en superficie (punto 4.3.2). Las bajas precipitaciones de enero y febrero de 2021, favorecieron el ascenso capilar de sales.



Figura 4.79 Detalle de la vegetación del bajo el 21 de febrero de 2021

En la **media loma alta** la superficie freática para esta fecha se ubicó a 3,66 m (Tabla 4.10). Este ambiente se presenta en la Figura 4.80), con 100 % de cobertura, dominando una pastura de *Festuca sp* y *Paspalum dilatatum*, *Cardus chilensis*, *menos de Lotus tenuis*, *Tagetes minuta*, *Trifolium repens*, y *Apium leptophillum*. Posiblemente en este caso, la humedad edáfica almacenada durante 2019 y 2020 (año Normal y Lluvioso respectivamente) ha sido suficiente para contrarrestar las bajas precipitaciones de enero-febrero de 2021. Se destaca que en diciembre de 2022 llovieron 182 mm (Tabla 4.3).



Figura 4.80 Ambiente de media loma alta el 21 de febrero de 2021 (profundidad a 3,66 m)

En el freatímetro del **alto**, con cultivos de alfalfa y maíz (Figura 4.81), no se registró la presencia de la superficie freática (Tabla 4.10), y hubo una buena cobertura vegetal, con sectores erosionados. Al igual que lo comentado precedentemente, las condiciones climáticas de 2020 deben haber incidido en la acumulación de agua, principalmente en el cultivo de alfalfa con mejor suelo (punto 4.3.2).



Figura 4.81 Ambiente del alto con cultivo de alfalfa (lote 7) y maíz (lote 5) 21 de febrero 2021

b) **21 de marzo de 2022**_. El ambiente del **bajo** presentó *una baja cobertura vegetal y vegetación con marcado estrés hídrico* (Figura 4.82). Como se indicó, las precipitaciones entre enero y marzo se ubican en valores normales para dicho período en Don Joaquín, pero proviene de un 2021 Muy Seco (Figura 4.1), y principalmente de una condición de sequias general a nivel país desde 2018 (Figura 4.2). Siendo este un *ámbito de descarga de lluvias de largo recorrido*, es de prever que los aportes subterráneos disminuyan, tal como sucedió, y se aprecia en la profundización de las superficies freáticas (Tabla 4.10).



Figura 4.82 Ambiente del bajo en el freatímetro el 21 de marzo de 2022

En la **media loma** hubo *algo mayor de cobertura* que en bajo (Figura 4.83), y en la **loma** varió dicha cobertura según el manejo. El lote 5, con *escaso rastrojo y mucho suelo desnudo* presentó muy baja humedad (Figura 4.84), y el lote 7 con una pastura de alfalfa con *moderada a buena cobertura*, se destacó por la presencia de *sectores erosionados y/o con menor cobertura vegetal* del pastizal natural enmalezado (Figura 4.85). Entre ambos lotes se encuentra el sitio del freatímetro de la loma, también con vegetación seca (Figura 4.84).



Figura 4.83 Ambiente de media loma el 21 de marzo de 2022



Figura 4.84 Ambiente de loma, 21 de marzo de 2022, rastrojo de maíz en lote 5 (izq), y sitio del freatrímetro entre lotes 7 y 5 (der)



Figura 4.85 Ambiente de loma el 21 de marzo de 2022 en lote 7, sectores con alfalfa, erosión y pastizal natural enmalezado

c) **21 de abril de 2022**, En la Figura 4.86 se presenta una vista aérea, obtenida por un dron, del **bajo y media loma**.



Figura 4.86 Vista aérea del bajo y de media loma obtenida por Dron el 21 de abril de 2022
(Vitale, Germán, y Waldman, INTA Clima y Agua)

La cobertura del suelo en esta fecha fue muy baja, con amplios sectores desnudos, y muy bajo contenido de humedad. En esta fecha, la presencia de material vegetal seco es mayor y menor a la cobertura vegetal que la observada en marzo de 2022. Como se comentó al inicio de este punto, las precipitaciones para el periodo enero-abril fue conforme a los promedios (Tabla 4.2 y 4.3). Consecuentemente, no habría una correspondencia con lo obtenido en el campo. Sin embargo, si se compara con el índice NVDI, de diciembre de 2021, hubo una peor condición que la observada en el campo en marzo de 2022. El progresivo deterioro que se observa en el campo entre marzo y abril, se atribuye a la *profundización del agua subterránea, y bajo almacenamiento de agua en el suelo*.

Índice de Humedad de Diferencia Normalizada (NDMI) 2021-2022

En la Figura 4.87 se presenta el mapa del índice NDMI del 22 de diciembre de 2021, y del 12 de agosto de 2022.

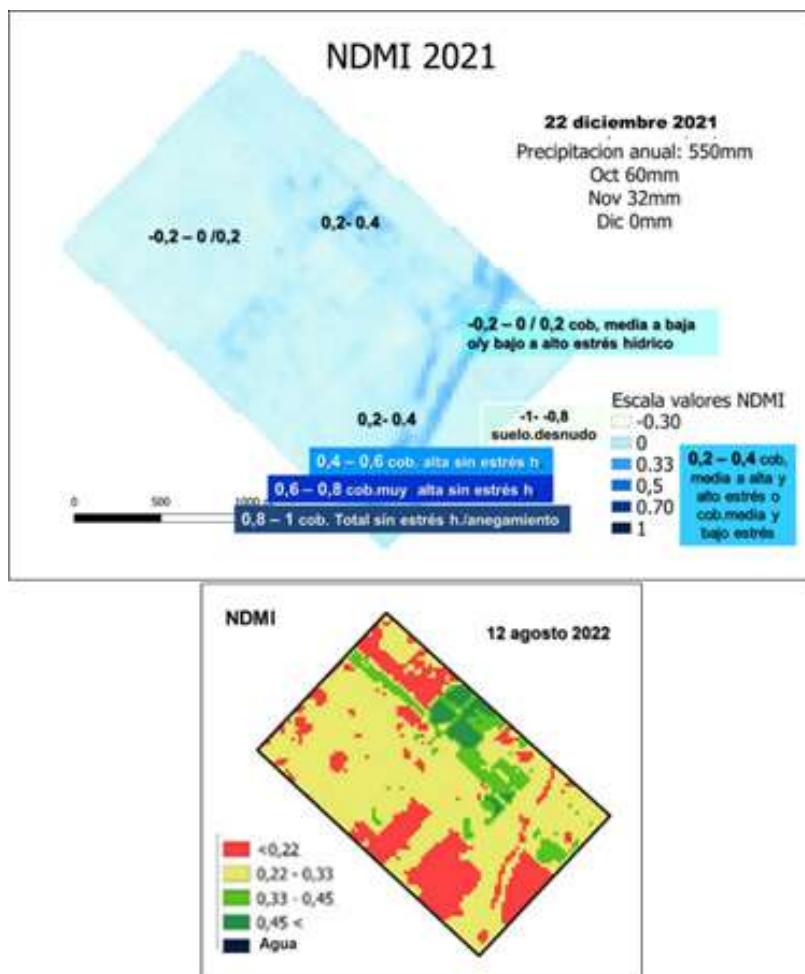


Figura 4.87 Mapas del índice NDMI en imagen de diciembre de 2021 y agosto de 2022

Los valores del índice obtenidos en **diciembre de 2021**, tienen un adecuado correlato con lo obtenido en NDVI, y en líneas generales con lo observado en el campo, pudiendo efectuarse iguales comentarios sobre los ambientes, el índice NDVI, precipitaciones y evolución de la freática. En el índice de **agosto de 2022** se observa el efecto de la sequía, con ausencia de agua y casi el 80% de la superficie con vegetación en un estado de “estrés hídrico”, y sólo el 12% de la superficie, con una mejor condición (Tabla 4.16). En el año 2022, hubo también correspondencia entre el NDVI y el NDMI.

Tabla 4.16 Superficie de clases del NDMI en imagen agosto de 2022 (Vitale, Germán, y Waldman, INTA)

NDMI, 12 agosto 2022, Año Seco		valor	Sup	%
Cob baja o alto estrés hidrico	<0,22	103 ha	24%	
Cob, media y alto estrés o bajo estrés	0,22 - 0,33	267,8 ha	63%	
Cob, media a alta y alto estrés o cob media y bajo estrés	0,33 - 0,45	38,2 ha	9%	
Cob.alta a muy alta sin estrés hídrico	> 0,45	13,4 ha	3%	
Agua	Agua	0 ha	0%	

Índice de Agua de Diferencia Normalizada (NDWI) 2021-2022

En la Figura 4.88 se presenta el Mapa del índice NDWI en la imagen del 22 de diciembre de 2021 y del 12 de agosto de 2022. En ambas fechas hubo ausencia de agua en superficie siendo coherente con años Muy Secos. Sin embargo, si bien se observa mayor humedad en los sectores con pasturas o cultivos, se obtienen valores que no se corresponden con los otros índices, y con lo observado en el campo. Como se comentó, esto se debe a la forma en que las bandas que usa el índice, consideran la presencia o ausencia de vegetación. Así, sectores con menor clorofila o suelo desnudo lo interpreta con mayor humedad. Consecuentemente, **este índice no resulta adecuado para épocas con déficit hídrico**, dado que se utiliza para detectar cambios en la superficie de cuerpos de agua, zonas inundadas, o con peligro de inundación, e indirectamente evalúa la humedad en función del estado de la vegetación.

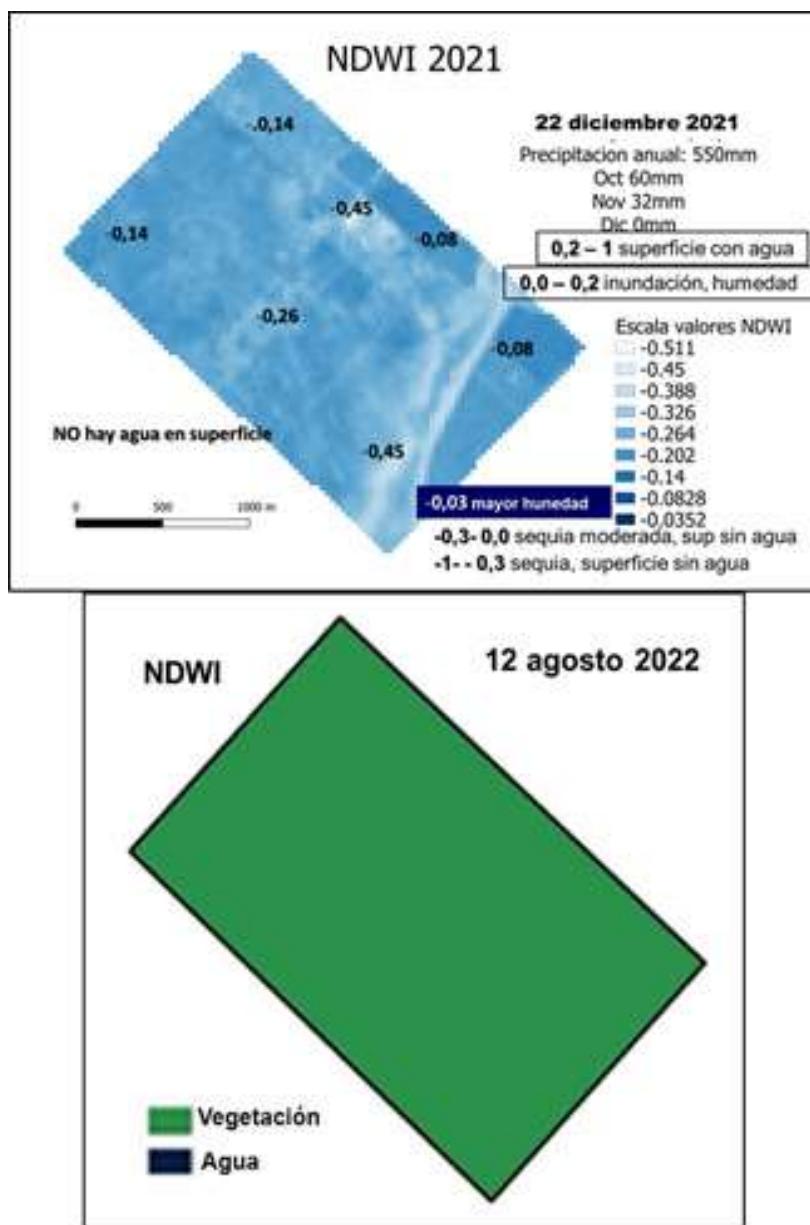


Figura 4.88 Mapa del índice NDWI en imagen de diciembre de 2021 y agosto de 2022

4.5.2 Síntesis sobre índices, suelos, y ambientes por posición topográfica, en 3 fechas seleccionadas por sus precipitaciones

En este punto se presenta **una síntesis** sobre lo analizado en este capítulo, comparando los índices, con los suelos y ambientes por posición topográfica, en 3 de las fechas presentadas con precipitaciones extremas, y normal. En la Figura 4.89 se presentan los índices obtenidos en septiembre de **2014** (año Muy Lluvioso); agosto de **2017** (año Normal), y **agosto de 2022** (año Muy Seco), y en la Figura 4.90 los de diciembre de 2014, 2017 y 2021. La **superficie** que ocupó cada

rango de los índices NDVI, NDMI y NDWI, en septiembre de 2014, y en agosto de 2017 y 2022, se muestran en las Tablas 4.17, 4.18 y 4.19 respectivamente.

En base a lo expuesto sobre los índices, y sus relaciones con los componentes del ambiente en el punto anterior, puede destacarse lo siguiente:

En la **interpretación de estos índices**, se debe considerar su *finalidad, escala de obtención, elementos del paisaje y el clima*, aspectos que se comentan a continuación:

Las bandas espectrales que se utilizan para evidenciar una condición de la superficie es lo que determina la **finalidad del índice**. Los índices **NDVI** y **NDMI** permitieron revelar en líneas generales la condición de la vegetación. Sin embargo, no siempre fue así debido a la resolución de las imágenes que es de 30 m, por lo cual la **escala** es pequeña e insuficiente para detectar algunos cambios a nivel de lotes. En el caso del índice **NDWI**, sólo resultó adecuado en épocas lluviosas porque permite distinguir agua en superficie, inundación o anegamiento, mientras que en los años secos, puede producirse una inversión de los valores, tal como se observa en la Figura 4.90 con el procesamiento digital utilizado (Rowan, inédito).

En **relación a los elementos del paisaje**, es necesario considerar: *geomorfología, agua en superficie, aportes de agua subterránea, suelos, manejo implementado, comunidades vegetales, y el estado fenológico de los cultivos*. Respecto al **clima**, se considera principalmente las precipitaciones (locales y regionales), y la estación del año.

Sobre las **precipitaciones**, se reitera lo pertinente a las imágenes de *agosto/septiembre y diciembre de los años considerados, año previo, periodo climático local y regional*.

- **El año 2014** fue en Don Joaquín **Muy Lluvioso** con un total de 1357 mm, y hasta agosto 865 mm, habiendo llovido en agosto 57 mm, mientras que el año 2013 fue Normal/Seco (Figura 4.1). A **nivel regional**, 2014 para todas las localidades analizadas también fue un año Muy Lluvioso/Lluvioso. A **nivel país**, se inicia en 2014 un ciclo húmedo, precediéndole un periodo seco que comienza aproximadamente en 2003 (Tabla 4.2).

- El año **2017**, fue en Don Joaquín un año **Normal** con un total de 1011 mm, hasta agosto 751 mm, habiendo llovido en agosto 216 mm. **Regionalmente**, fue variable prevaleciendo una condición de precipitaciones Normal a Seco. El año precedente 2016, en Don Joaquín y Oliden fue Lluvioso, pero en el resto de localidades analizadas entre Normal y Seco. A **nivel país**, como se indicó, se inicia en 2014 hasta 2017 un periodo Lluvioso.

- Los años **2021** y **2022** fueron años **Muy Secos** en Don Joaquín, al igual que en el resto de las localidades analizadas, entre Muy Seco y Seco. El total de **2021** en Don Joaquín fue de 550 mm y en **2022** de 484 mm de precipitación. En **2022** hasta agosto inclusive, llovieron 383 mm, y en agosto sólo llovió 5 mm. Esta sequia es general a **nivel regional**, se inicia aproximadamente a partir de 2019, habiendo sido 2018 muy variable. A **nivel nacional** el periodo seco se inicia en 2018. Específicamente en Don Joaquín, se produce un comportamiento particular dado que el periodo seco recién se inicia en 2021. El año 2018 fue Normal al igual que 2021, y Lluvioso en 2020.

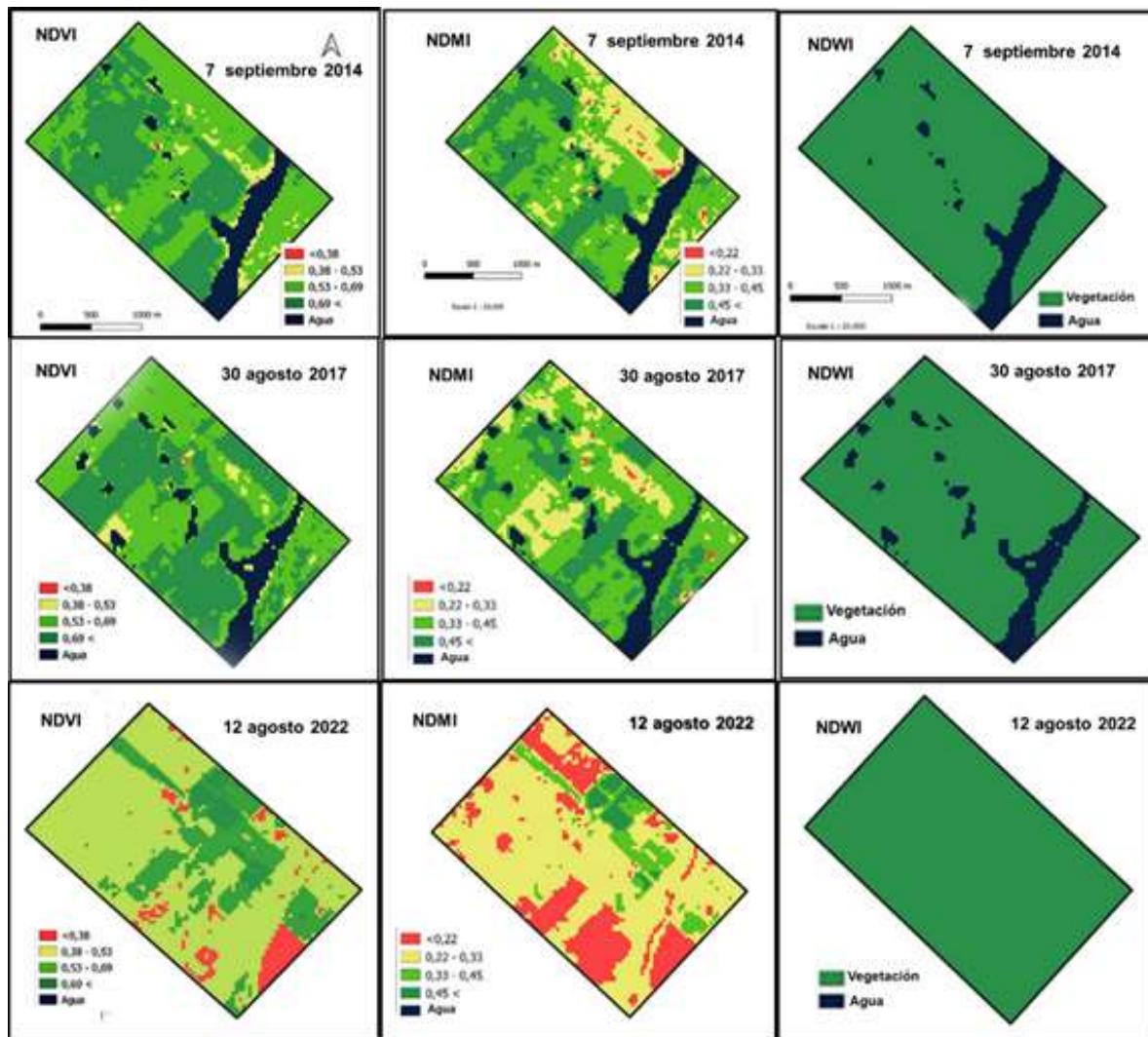


Figura 4.89 Índices de septiembre de 2014 (año Muy Lluvioso, 1357 mm); agosto de 2017 (año Normal, 1011 mm) y agosto de 2022 (año Muy Seco, 485 mm)

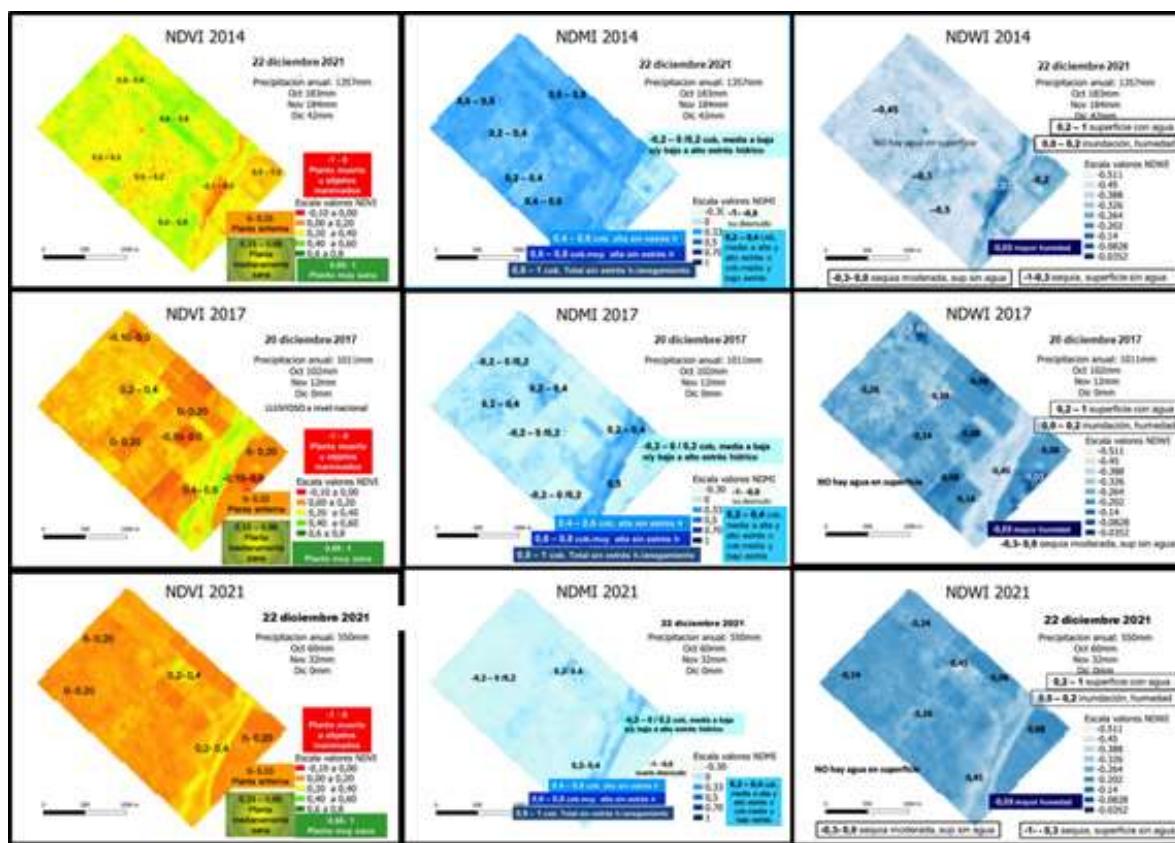


Figura 4.90 Índices de diciembre de 2014 (año Muy Lluvioso, 1357 mm); 2017 (año Normal 1011 mm) y 2021 (año Muy seco, 550 mm)

NDVI: Este índice en **septiembre/agosto** de los años **2014 y 2017** revela un buen estado de la vegetación en el 72% y 86% respectivamente de la superficie total del establecimiento (Tabla 4.17), que se corresponde con los colores verde claro y oscuro Figura 4.89. En 2017 respecto a 2014, aumenta la proporción de plantas muy sanas (verde oscuro), y disminuye la proporción de plantas en mal estado y sin vegetación (color amarillo y rojo). La forma en que se presentan los colores, límites definidos (potreros) o irregulares, se asocia a como se distribuye el contenido de agua, al manejo y/o vegetación (cultivo-comunidad vegetal). Se destaca que en la imagen de 2014 hacia el N, sector más elevado del establecimiento, el color verde oscuro se presenta sin límites definidos, y en la de 2017, esto se aprecia en el sector más bajo. En la imagen de 2017, si bien hubo un muy ligero aumento de la cobertura con agua que puede asociarse a que agosto que fue muy lluvioso (mes de la imagen), puede también vincularse a los sectores donde se construyeron **canales** (Figura 4.22). En base a lo observado, puede indicarse que la **construcción de canales incide en la forma en que los excesos hídricos** se distribuyen y modifica la vegetación. En términos de la **vegetación**, en agosto del año Normal (2017), aún con excesos concentrados, resultó mejor que el año Muy Lluvioso (2014).

En **diciembre de 2014 y 2017** (Figura 4.90), donde toda se produjo toda la precipitación del año, se aprecia visualmente un *deterioro en la vegetación respecto a agosto/septiembre* de iguales años, que resulta significativamente mayor en 2017, con amplios sectores con colores naranja (planta enferma), y amarillo (medianamente sana), y con pequeñas superficies rojas (sin vegetación), en un patrón muy irregular de distribución, con excepción de los sectores con cultivos donde el color se asocia al momento fenológico.

En **2021/2022**, se aprecia tanto en las imágenes de **agosto** (Figura 4.89) como en la de **diciembre** (Figura 4.90) una gran superficie afectada por **sequía**. En la de agosto de 2022, no hubo agua en superficie, y se midieron 315,5 ha (75%) sin vegetación y mayoritariamente en mal estado/enfermas, y 107 ha (25%) con plantas muy sanas y principalmente medianamente sanas (Tabla 4.17). En la de diciembre de 2021 (Figura 4.90) prevalece el color naranja (plantas enfermas) aunque algunos sectores se corresponden con la actividad agrícola y estado fenológico de los cultivos, y en los sectores más bajos, mejora la vegetación, siendo medianamente sanas (color amarillo). Lo obtenido **se corresponde** en gran parte con el **índice NDMI**, tal como se analiza a continuación.

Tabla 4.17 Índice NDVI en imágenes satelitales de un año Muy Lluvioso (2014), Normal (2017) y Muy Seco (2022). Superficie de cada categoría del índice y porciento que representa del total

NDVI						
		17 septiembre 2014, Muy Lluvioso 1357 mm		30 agosto 2017, Normal 1011 mm		12 agosto 2022, Muy Seco 485 mm
Sin vegetación	<0,38	3,6 ha	1%	0,39 ha	0%	28,1 7%
Mal estado/enferma	0,38 - 0,53	70,8 ha	17%	13,2 ha	3%	287,4 68%
Medianamente sana	0,53 - 0,67	191,6 ha	45%	190 ha	45%	90 21%
Muy sana	> 0,67	112,6 ha	27%	172 ha	41%	17 4%
Agua	Agua	44,1 ha	10%	46 ha	11%	0 0%

NDMI: En **septiembre de 2014 y agosto de 2017** aproximadamente el 70% de la superficie del establecimiento presenta valores en el rango del color verde claro (50%) y oscuro (20 %), lo que representa un buen contenido de humedad edáfica y/o que el cultivo presenta un buen estado hídrico. En ambas fechas se produjo una superficie con agua de alrededor del 10% (44'/47 ha); y 16-18% con menor cobertura y/o entre bajo y alto estrés hídrico. En **2021/2022**, se aprecia tanto en las imágenes de agosto (Figura 4.89), como en la de diciembre (Figura 4.90), una gran superficie afectada por sequía. En superficie, en el año **2022**, casi el 80% de la superficie presenta menor cobertura vegetal y/o variado estrés hídrico, el color verde sólo representa el 12% de la superficie, con ausencia de agua. Como se comentó precedentemente, hubo correspondencia entre el NDVI y el NDMI.

Tabla 4.18 Índice NDMI en imágenes satelitales de un año Muy Lluvioso (2014), Normal (2017) y Muy Seco (2022). Superficie de cada categoría del índice y porciento que representa del total

NDMI		17 septiembre 2014, Muy Lluvioso 1357mm		30 agosto 2017, Normal 1011 mm		12 agosto 2022, Muy Seco 485 mm	
Cob baja o alto estrés hidrónico	<0,22	4,8 ha	1%	1,8 ha	0%	103 ha	24%
Cob. media a alta y alto estrés o cob media y bajo estrés	0,22 - 0,33	76,5 ha	18%	69 ha	16%	267,8 ha	63%
Cob. media a alta y alto estrés o cob media y bajo estrés	0,33 - 0,45	198,8 ha	47%	212,3 ha	50%	38,2 ha	9%
Cob.alta a muy alta sin estrés hidrónico	> 0,45	98,5 ha	23%	93 ha	22%	13,4 ha	3%
Agua	Agua	44 ha	10%	47 ha	11%	0 ha	0%

MNWI: Este índice muestra que, en el año Normal y Lluvioso, la superficie del establecimiento en su mayoría no presenta grandes superficies cubiertas por agua (Tabla 4.19). Entre **2014 y 2017**, no se producen las diferencias previstas en superficie con agua por el tipo de Año (2014 Lluvioso, 1357 mm; y 2017 Normal, 1011 mm) debido a que hasta agosto de 2014 y agosto de 2017, las diferencias en precipitaciones no fueron significativas (2014, 865 mm; y 2017, 751 mm), destacándose además, que el mes de agosto de 2017 fue muy lluvioso (216 mm) mientras que en 2014 fue seco (57 mm). Sólo en diciembre de 2014 se observa agua en el sector del Arroyo. En **2021 y 2022** no hay agua en ninguna fecha, destacándose como se indicó, que debido al procesamiento utilizado en la de diciembre hubo una inadecuada valoración de los sectores.

Tabla 4.19 Índice NDWI en imágenes satelitales de un año Muy Lluvioso (2014), Normal (2017) y Muy Seco (2022). Se indica superficie de cada valor de índice y porciento que representa del total

NDWI		17 septiembre 2014, Muy Lluvioso 1357 mm		30 agosto 2017, Normal 1011 mm		12 agosto 2022, Muy Seco 485 mm	
Vegetación	378 ha	90%	376 ha	89%	422 ha	100%	
AGUA	44 ha	10%	46 ha	11%	0 ha	0%	

En Figura 4.91 se presentan los perfiles de suelo y ambiente en el **bajo** en octubre de 2014, agosto de 2017 y septiembre de 2022, y las imágenes satelitales disponibles para dichos años; y en la Figura 4.92, los perfiles de suelo y ambiente para iguales fecha en la **media loma**.

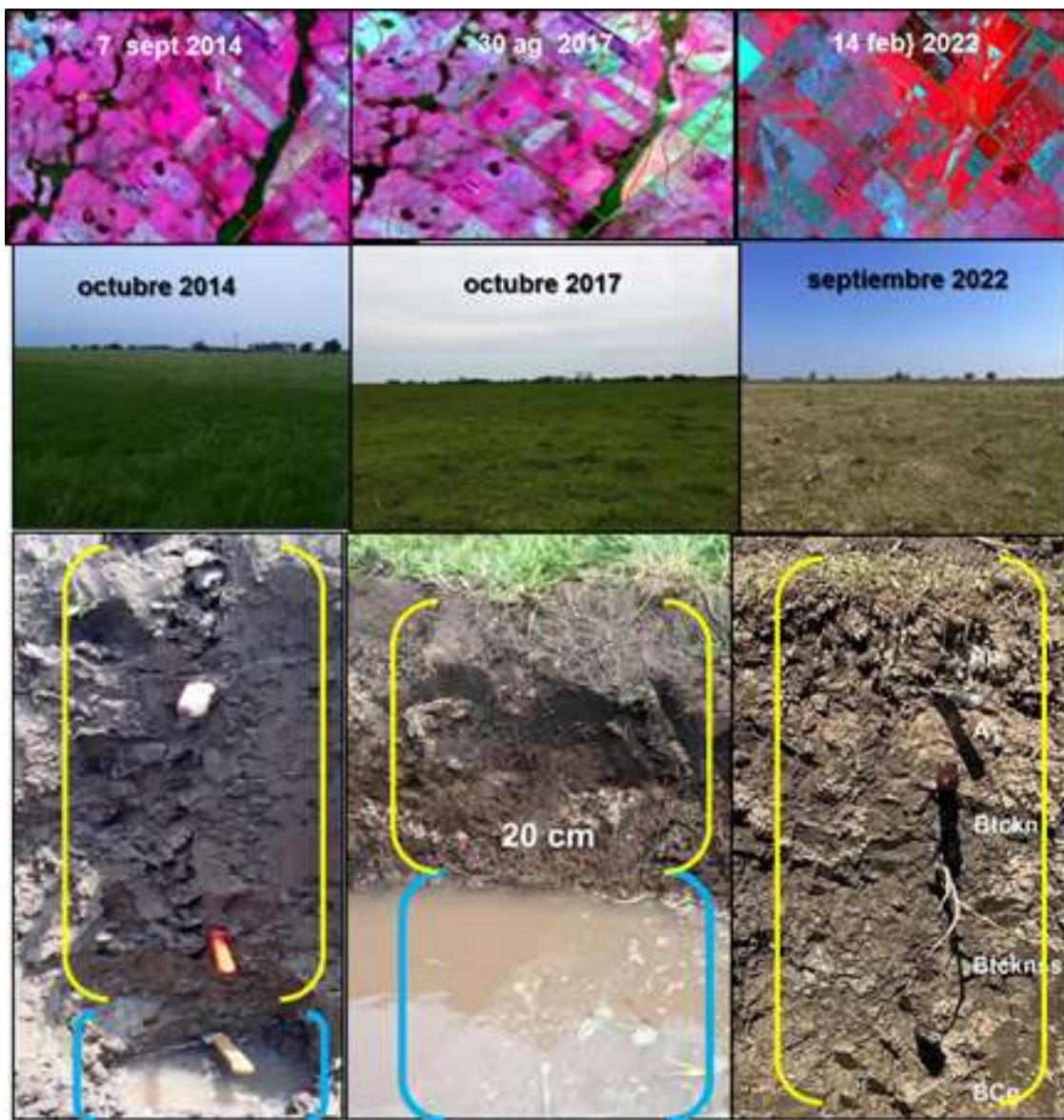


Figura 4.91 Perfiles del suelo y ambiente en el bajo en octubre de 2014, octubre de 2017 y septiembre de 2022, y las imágenes satelitales disponibles para dichos años. Zona saturada se indica en celeste, y zona vadosa o insaturada en amarillo

En el bajo (Figura 4.91), la superficie freática **no se asocia a la precipitación local** acaecida durante el año. Así, en 2014 aun siendo un año Muy Lluvioso, estuvo aproximadamente a 80 cm de profundidad, mientras que en 2017, un año Normal, a tan sólo 20 cm de profundidad. Esto se debe a las **precipitaciones regionales**, e incluso **nacionales**, dado que estos son **ámbitos de descarga de flujos de agua subterránea de largo recorrido**, por lo cual, la profundidad de la superficie freática responde principalmente a las lluvias acaecidas a grandes distancias. Asimismo, pueden haberse producido **recargas locales**, especialmente en los meses muy lluviosos previos a octubre,

tal como en agosto (216 mm), y septiembre de 2017 (146 mm). En los meses previos de octubre de 2014, no hubo altas precipitaciones, pero llovió en octubre 183 mm, y hasta octubre 1131 mm, que resulta en un mayor volumen que el producido hasta dicho mes de 2017 (999 mm) (Tabla 4.3). En coincidencia con esto, se observa regionalmente, en la imagen satelital de 2014 una mayor cobertura con agua. Consecuentemente, la **influencia más importante es la producida por flujos de largo recorrido**. En **2022** en un periodo de sequía general, local, regional y nacional, en la imagen no se aprecia agua en superficie (hasta septiembre llovieron 388 mm), y se profundiza la superficie freática a más de 1 m de profundidad.

En la **media loma** (Figura 4.92) se hace **más evidente el efecto regional** sobre la profundidad de la superficie freática, sólo se encontró muy próxima a la superficie en octubre de 2017.

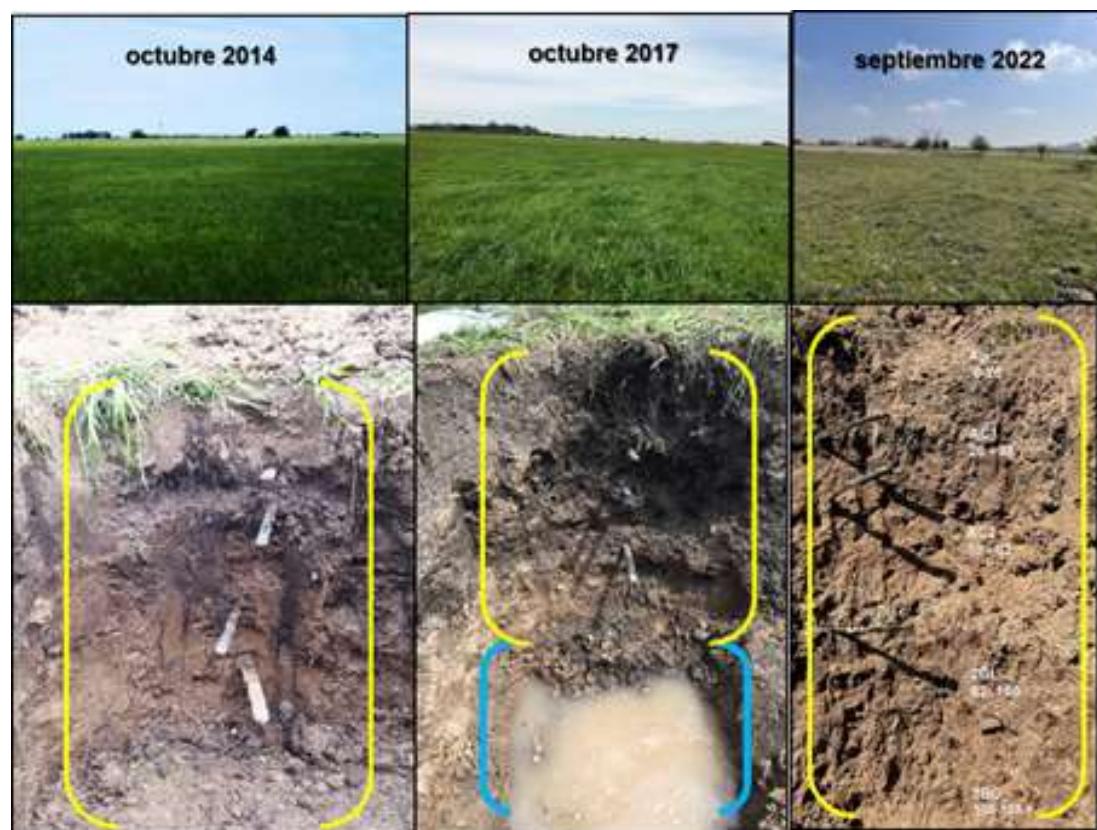


Figura 4.92 Perfiles del suelo y ambiente en la **media loma** en octubre de 2014, octubre de 2017 y septiembre de 2022. Zona saturada se indica en celeste, y zona vadosa o insaturada en amarillo

4.6 Síntesis y consideraciones finales. Recomendaciones

Si bien en cada punto de este capítulo se efectuó una síntesis de todo lo considerado por tema, a fin de facilitar la lectura, en este punto, se reiteran y/o destacan aquellos aspectos relevantes que son útiles para establecer el uso y manejo en el establecimiento Don Joaquín. El lector podrá consultar el análisis efectuado en detalle, por tema y de forma holístico en puntos precedentes.

A continuación, se presentan una síntesis por tema y posición topográfica:

Materiales originales de los suelos

Los suelos provienen de **depósitos sedimentarios de origen múltiple**. Se destacan para la región pampeana, dos depósitos sedimentarios principales: **loess** (sedimentos loéssicos, Fm Pampeana), **y limos**. Se denominan loess a los depósitos **eólicos** y limos a los subácueos. Específicamente en el sitio de los campos de la UNLP, se destaca también, la presencia de **arcillas** que son derivadas de **sucesivas ingestiones y regresiones marinas cuaternarias**, siendo estos, los sedimentos dominantes. Estos materiales se depositaron con diferente intensidad a lo largo de la historia geológica de la región, debido a la ocurrencia de **sucesos climáticos alternantes**, períodos húmedos y secos, cálidos y fríos, que actuaron según las características y **heterogeneidad composicional** de los depósitos.

Procesos de formación de suelos

Durante los momentos más benignos (húmedos) **se edafizó el loess** reconociéndose en la actualidad la presencia de numerosos niveles de **paleosuelos** con horizontes **cálcicos** (Ck), **petrocálcicos** (Ckm), estos últimos correspondientes a calcretos o toscas, y horizontes **argílicos** (Bt) (Argiuidoles). Estos horizontes también se reconocen en el **suelo actual**, indicándose, además, en la región, la presencia de horizontes **nátricos** (Natracuol-Natracualf), y **álbicos** (Argialbol, Natralbol), ambos vinculados a **superficies freáticas** (flujos de agua subterránea de largo y/o de corto recorrido). Asimismo, en superficie se presenta en el suelo actual, horizontes **mólicos** u **ócricos**.

Específicamente en Don Joaquín, se reconocieron en el suelo actual, hasta la profundidad de estudio, como horizonte superficial al epipedón **mólico**, y subsuperficialmente los horizontes **argílico** y **nátrico**. En todos los sitios, el contenido de arcillas es muy abundante, principalmente a partir del Bt, con una alta proporción de **arcilla expansiva** que se reconoce por la presencia de **slickensides**. Estas arcillas pueden provenir de los **sedimentos arcillosos** aportados por las ingestiones marinas comentadas precedentemente, que junto al **loess y limo** presente, evolucionan a suelos con propiedades vérticas, particularmente en períodos con mayor hidromorfismo, situación que se corresponde con la presencia en los suelos actuales con Na^+ desde superficie. Cabe destacar que

la bibliografía menciona en el loess, un contenido de hasta un 20% de arcilla, llamándose loess arcilloso cuando supera esta proporción.

Suelos identificados en el Establecimiento Don Joaquín

- En el **bajo**:

Se reconocen suelos con muy alto contenido de Na desde superficie, elevado pH y contenido de Cl⁻ y/o SO₄²⁻. Según las concentraciones que presentan se clasifican como **Natracuol** **vértico** o **Argiacuol** **vértico**. Asociado a esto, se modifica la comunidad vegetal: comunidades **hidromórficas** y/o **halomórficas**. Los suelos y comunidades resultan principalmente del agua subterránea.

.- En la **media loma**:

El ambiente de media loma, presenta una **topografía irregular**, con microdepresiones y microlomas. Estas últimas se asocian a **discontinuidades litológicas**, con mayor permeabilidad y mejores condiciones productivas del suelo. El espesor de dicha discontinuidad (horizontes A y AC) varía con la **erosión** que tuvo este ambiente, situación que actualmente continúa. Esto se manifiesta en la **irregularidad de la vegetación**, y **anegamientos temporales** en microdepresiones con menor permeabilidad. Asimismo, la **erosión actual**, se reconoce por la presencia de montículos de tierra fijados por la vegetación, que limita el escurrimiento.

Desde el casco del establecimiento hacia el Arroyo, puede indicarse la presencia de dos ámbitos diferentes: **media loma alta** y **media loma baja**, cuyo límite aproximado se ubica en el sector del molino.

Se identificaron en la **media loma alta** suelos **Argiudol** **vértico** y **Hapludo** **tapto** **árgico**. La sodicidad aumenta en profundidad y en algunas fechas la superficie freática se ubica a poca profundidad.

En la **media loma baja**, si bien en la fecha de estudio se clasificó también como **Argiudol**, el elevado incremento del pH, Na y RAS indica que en otros períodos podría ser clasificado como **Natracuol**, al igual que en el bajo.

- En la **loma**:

Se reconocieron suelos clasificados como **Natracuol** **vértico** y próximo a este, **Argiudol** **vértico**. Estos se ubican dentro de lo descripto por el INTA en la Unidad Cartográfica **Asociación Etch** (Series Etcheverry **Paleudol** **vértico**, y Serie Poblet **Natracualf** **típico**). Sin embargo, estas series se ubican en lomas y microdepresiones respectivamente, mientras que los suelos aquí descriptos ambos se ubican en la loma. Sobre la correspondencia entre suelos, se indica que la Serie Etcheverry **Paleudol** **vértico**, presenta diferencias con el aquí reconocido como **Argiudol** **vértico**, principalmente en el espesor del horizonte A, posiblemente por **erosión**, profundidad del perfil, y en el contenido de arcillas. Subsuperficialmente presentan ambos suelos, un incremento de Na⁺.

Los **suelos asociados**, descriptos por INTA en la región con el suelo Serie Etcheverry **Paleudol** **vértico**, revelan también un alto contenido de Na⁺ y características **vérticas**: Serie Ignacio Correa (**Natracuol** **vértico**) en microdepresiones aisladas; con la Serie Poblet (**Natracualf**

típico/Natracualf *vértico*) en posición de bajo; y con la Serie Vieytes (**Natracuert Típico/Cromudert acuéntric**) en planos llanos (taxonomía 2010-1975 respectivamente). Se destaca la Serie Vieytes (**Natracuert típico**) por su correspondencia por posición y características con el suelo aquí descripto como *Natracuol* *vértico* en la loma.

Se aprecia entonces, que si bien las **escalas de trabajo son diferentes**, existe en toda la región la presencia de suelos con Na^+ , ricos en arcillas, que responden a condiciones pasadas y/o presentes. En la actualidad, deben identificarse las particularidades de cada sitio a fin de ajustar el manejo, y no profundizar las degradaciones observadas,

Suelos y agua subterránea

El ambiente del **bajo** funciona principalmente como **zona de descarga de flujos de agua subterránea de largo recorrido** (originado por lluvias ocurridas a grandes distancias), con la **coexistencia de flujos locales** (recargas y descargas) que se producen por las lluvias locales. Estos flujos locales, pueden tener su zona de recarga dentro del propio establecimiento o sitios próximos, recorrer cortas distancias y descargar en sectores más bajos, con baja salinidad-alcalinidad, ricos en bicarbonatos, y bajo pH. Asimismo, dada su posición, el bajo recibe agua de escurrimiento.

Consecuentemente, la **profundidad de la superficie freática y su calidad**, depende de la forma en que **inciden ambos flujos**, y del agua de escurrimiento, prevaleciendo en las propiedades del suelo las del flujo ascendente regional. Estos últimos, se enriquecen de sales en su recorrido y al descargar, se manifiestan como en el suelo descripto en el bajo (sodicidad en todo el perfil, elevado pH y alto contenido de Cl^- y/o SO_4^{2-}).

Estos suelos se destacan también, por la generación de “**napas colgadas**”, agua que se acumula sobre el Bt muy arcilloso, con agua de lluvia que recarga y de escurrimiento. Como resultado de las diferentes calidades de agua que recibe el bajo, por **dilución** y/o concentración por **EVT**, resulta el **balance de sales** con mayor o menor alcalinidad, incluso en cortas distancias. Esto se observa en el patrón irregular de la calidad del agua que anega (con mayor o menor dispersión de la materia orgánica según la alcalinidad), y tipo de vegetación hidromórfica y/o hidrohalomórfica que se desarrolla. Asimismo, se aprecia en las variaciones de la calidad del agua freática, y en el suelo. En el suelo descripto en noviembre de 2020, se aprecia una mayor alcalinidad que la medida en el agua de septiembre de 2021.

El **agua freática** analizada en el freatímetro del bajo en septiembre de 2021, a una profundidad de 0,86 m, en un año Seco pero un mes muy lluvioso, se califica como *ligeramente alcalina por pH, baja salinidad, elevado contenido de Na^+ y de HCO_3^{2-} y elevado RAS*, siendo en todas estas variables físico-químicas menores a las medidas en el agua de la loma. El tipo hidrogeoquímico del agua del bajo es *bicarbonatado clorurado sódica cálcica* (621-271).

Respecto a la **materia orgánica** del horizonte A, resultó muy elevada (entre 4,44 y 7,54 %). Estas variaciones pueden atribuirse a la *calidad y contenido de agua* que propicia el desarrollo de comunidades con diferente aporte de residuos. Por ejemplo, un pastizal con abundancia de especies

hidromórficas provee una mayor cobertura y broza que uno alcalino con predominancia de *Distichlis* sp.

En la **media loma**, se reconocen también **flujos de agua subterránea de largo recorrido** que se evidencian a poca profundidad en períodos de mayores lluvias regionales, y **flujos locales** por lluvias del sitio, correspondiéndose con una **zona de recarga**. Esta recarga depende, de la infiltración y permeabilidad asociada al espesor de la discontinuidad litológica y cobertura vegetal. Consecuentemente, **coexisten** en el mismo sitio flujos locales y de largo recorrido, generando condiciones variadas de alcalinidad en el suelo y en la comunidad vegetal que se desarrolla.

El **agua de la superficie freática** extraída en septiembre de 2021 del freatímetro de la **media loma**, a 3,2 m de profundidad, se califica como ligeramente alcalina por pH, baja salinidad, bajo nivel de Na^+ , mayor contenido de Ca^{+2} y Mg^{+2} , y consecuentemente, bajo RAS. El contenido de HCO_3^{-2} es moderado a elevado, respecto al contenido de Cl^- , aunque menor que en el bajo y la loma. El tipo hidrogeoquímico es **bicarbonatada cálcico magnésica sódica** (244-181). El agua se corresponde con una **zona de recarga de flujos locales**. Sin embargo, en función de lo observado en el suelo, como se indicó, coexisten estos flujos con los de largo recorrido según condiciones locales y regionales.

En posición de **loma**, los suelos descriptos en el establecimiento Don Joaquín, así como, por el INTA, **revelan la incidencia de un agua subterránea con alcalinidad** a diferente profundidad, muy posiblemente en otros momentos geológicos. Igualmente, la superficie freática, salvo en condiciones de sequías generales y prolongadas, se ubica aproximadamente a 3 m de profundidad. Es posible suponer que actualmente este ambiente funciona como una **zona de tránsito de flujos de largo recorrido**. En las **microdepresiones** podría existir una **influencia actual del ascenso del agua freática** con alcalinidad (descargas). Esto se confirma por el suelo ***Natracuol* vértico** descripto, y por los **suelos asociados**, indicados por INTA, fuertemente alcalinos en posiciones bajas dentro de un ámbito general más elevado.

Asimismo, por su posición, los suelos en la loma actúan como **recargas de flujos locales**. Sin embargo, la **infiltración** en algunos sitios es extremadamente baja, principalmente en los sectores con mayor alcalinidad en superficie, por lo cual mantener la **cobertura vegetal** resulta imprescindible a fin de **evitar la erosión hídrica**. No obstante, esta última también resultó elevada en sectores con mayor infiltración, consecuentemente, debe mejorarse el **manejo**.

El patrón irregular de la vegetación se asocia entonces, a los cambios en el tipo de suelo, la forma en que incide el agua freática, si se producen recargas locales, y al manejo implementado.

La calidad del **agua en la superficie freática** de la loma, extraída a una profundidad de 4,1 m en septiembre de 2021, es de peor calidad que en los otros ambientes dado que presenta, pH más alcalino (8,25), más elevado contenido de Na^+ (6,92 me.l⁻¹), y más elevado RAS (5,96). El agua se define por su tipo hidrogeoquímico como **bicarbonatada sódica** (811-191), consecuentemente se corresponde con un flujo de largo recorrido.

Se concluye para este punto **suelo-agua**, que las precipitaciones que se producen en el establecimiento Don Joaquín generan **recargas de aguas** (flujo descendente), si es que el suelo tiene una **buena infiltración y permeabilidad**, tal como se midió en el **bajo**. En la **media loma** la recarga de agua se asocia principalmente al espesor de la discontinuidad litológica con texturas más gruesas. Igualmente, en ambos sitios se produce el **ascenso de un flujo de agua** subterránea de largo recorrido. En el **alto**, el espesor del horizonte A, grado de sodicidad, encostramiento en superficie (perdida de estructura con aumento de limo) determina la infiltración y permeabilidad, que resultó muy baja en el sector del **Natracuol** **vertíco**. En todos los casos, la permeabilidad subsuperficial es baja debido a la presencia de horizontes Bt muy arcillosos, con alta proporción de arcillas expansivas. Consecuentemente, debe garantizarse con el manejo que el agua infiltre, y se almacene en el perfil. El agua que no infiltre **escurre** y genera **erosión hídrica**, esta es manifiesta en muchos sectores, principalmente en la **media loma y loma**.

Todo el establecimiento presenta a profundidad variable, agua subterránea que se corresponde con flujos de agua subterránea de largo recorrido, su manifestación en el perfil edáfico se produce conforme la posición del ambiente, ocurrencia de precipitaciones, y del manejo. Este último posibilita en gran parte, la efectividad de las recargas de lluvia local.

Sobre los índices espectrales

En la **interpretación de estos índices**, se debe considerar su *finalidad* (bandas que se utilizan), *escala de obtención* (resolución de la imagen), *elementos del paisaje* (geomorfología, agua en superficie, aportes de agua subterránea, suelos, manejo implementado, comunidades vegetales, y el estado fenológico de los cultivos), y *el clima* (precipitaciones locales y regionales, y la estación del año).

Los índices NDVI y NDMI permitieron revelar en líneas generales la condición de la vegetación. Sin embargo, no siempre fue así debido a la resolución de las imágenes que es de 30 m, por lo cual la **escala** es pequeña. En el caso del índice NDWI, sólo resultó adecuado en épocas lluviosas porque permite distinguir agua en superficie, inundación o anegamiento, mientras que en los años secos, puede producirse una inversión de los valores.

Manejo agropecuario

Si bien en todas las posiciones alto, media loma y bajo, se midió un contenido de **materia orgánica** elevado, que indicaría una cobertura vegetal adecuada, se observa que esta es irregular en su distribución, incluso en el mismo lote. Esto es visible en **imágenes satelitales**, **índices espectrales** y en **observaciones en el campo**.

La **irregularidad en la vegetación** puede asociarse, en parte, a lo comentado precedentemente respecto a las **relaciones suelo-agua subterránea**. Sin embargo, en estudios de campo, se evidencia aspectos **vinculados al manejo**, tales como, *grado de cobertura vegetal, suelo desnudo*

al realizar cultivos anuales, pastoreo en condiciones de alta o baja humedad edáfica, agua de escurrimiento favorecida por canales y manejo agropecuario.

En el ambiente de **loma**, en algunos sectores se midió una *muy baja infiltración, escaso espesor de horizonte A, sectores con encostramiento y/o dispersión con aumento de la proporción de limo*, con la ocurrencia de **erosión hídrica y eólica**. Esto se debe a condiciones naturales comentadas, especialmente distribución de suelos con variada alcalinidad, y por el manejo.

En la **media loma**, la erosión es también muy evidente, por pendientes, y espesor de la discontinuidad litológica, y la presencia de vías de escurrimiento asociadas a los **canales** realizados en el establecimiento. El microrelieve de microlomas y microdepresiones, identificado desde 1975 por el INTA, con diferente incidencia del agua subterránea que asciende y agua superficial que anega, es posible que en parte haya sido *profundizado por el manejo*, especialmente por el agua de *escurrimiento de los canales*, y por mantener el *suelo desnudo* en algunos períodos del año, especialmente en la media loma alta, cuando se realizan cultivos. Las características del ambiente, al igual que en la loma, no admite que el suelo se mantenga desnudo en ningún caso debido a la **erosión** en momentos de altas precipitaciones (erosión hídrica) y de muy bajas precipitaciones (erosión eólica).

En el **bajo**, la erosión también se evidencia y se asocia al *agua que escurre*, y al *agua que asciende* que favorece la dispersión de materia orgánica por *alcalinización*. En este ambiente, así como en la media loma, especialmente en la media loma baja, **el pastoreo** debería realizarse sólo cuando las condiciones hídricas garantizan la estabilidad del suelo (próximo a capacidad de campo), manteniendo la cobertura vegetal al 100%.

Se destaca la presencia en el campo, tanto en el **bajo** como en la **media loma baja**, de montículos de tierra que han resistido la erosión que los rodea, pisada de animales con “amasado” del suelo, ambas condiciones irreversibles en el mediano a corto plazo. Especialmente en el bajo, se aprecian, además, surcos de erosión, por agua de escurrimiento en un suelo con sectores sin vegetación y “amasado”. Como se indicó, en las *imágenes satelitales* de algunas fechas, se aprecia la elevada erosión en amplios sectores del establecimiento, especialmente en la **loma y media loma**.

Se concluye sobre el manejo:

- Dado que las **principales limitantes** del establecimiento es la *irregularidad de los suelos*, con irregular *infiltración y permeabilidad*, y elevación de la *superficie freática* con sodificación, el manejo debe procurar la **cobertura vegetal** a fin de evitar escurrimientos que producen **erosión hídrica** en épocas lluviosas, y **eólica** en épocas secas. El “amasado” y encostramiento del suelo, contribuyen a desencadenar la erosión.

-Si bien hay una topografía que favorece, según el sitio, el escurrimiento y anegamiento temporal, a través de los **canales** construidos aguas arriba, se aumenta dicho **escurrimiento**, y es causa probable de la mayor humedad o **agua en superficie** (“lagunas temporales”). Esto se aprecia muy claramente en las imágenes satelitales de diversas fechas.

- La **pertinencia de estos canales**, debe ser revisada, y *propiciar conservar el agua donde caiga*, tal como los *bordos de contención* del agua, con una regulación de salida, que incluya un manejo de la cobertura vegetal, tal como se propone en las técnicas incluidas en el **Manejo Agrohidrológico** mediante Módulos (Bellati *et al.*, 1978; Damiano, 2005; Damiano, 2016; Damiano *et al.*, 2017).

Conclusiones principales para estos puntos

Los **suelos** se presentan en *un patrón irregular de distribución* que se aprecia en las imágenes satelitales e índices espectrales, y en el campo, en la geomorfología y cambios de la vegetación, aún en ambientes “a priori semejantes”. Esto es debido a diferencias en el tipo de suelo, condiciones de infiltración-permeabilidad y grado de erosión, aspectos definidos en gran parte, por los *flujos de agua superficiales y subterráneos*.

Las posibilidades de **uso** y **manejo** quedan definidas por la forma en que los *elementos del paisaje* se relacionan. En tal sentido, se requiere conocer *las relaciones* “suelo, agua superficial y subterránea, y vegetación natural e implantada”, que cambian conforme las *condiciones climáticas locales y regionales*, e incluso, debido a las *degradaciones que se promueven por el manejo*, incluso sin percibir, tal como sucede con la *erosión*, desencadenando una serie de *otros procesos degradativos* como lo son el *encostramiento, reducción del horizonte A, reducción de la profundidad del suelo y mayor incidencia de flujos subterráneos alcalinos, menor almacenaje del agua de infiltración, con consecuencias en la alteración de la cobertura vegetal*.

Referencias

- Alconada Magliano, MM; JR Fagundo-Castillo; JJ Carrillo-Rivera; PG Hernández. (2011). Origin of flooding water through hydrogeochemical identification, the Buenos Aires plain, Argentina, Environmental Earth Sciences. V 64 (1): 57-71.
- Ameghino, F. (1886). Las secas y las inundaciones de la Provincia de Buenos Aires. Recuperado de: <https://es.scribd.com/doc/274933020/Las-Secas-y-Las-Inundaciones-en-La-Prov-de-Bs-as-Florentino-Ameghino>
- Bellati, JI, JF Barbagallo y LJ Sabella (1978). *Recuperación de áreas deprimidas inundables mediante el ordenamiento y manejo racional del recurso hídrico en cuencas organizadas o módulos*. IDIA 367-372: 100-121.
- Burkart SE, MF Garbulsky, CM Ghersa, JP Guerschman, RJC León, M Oesterheld, JM Paruelo y SB Perelman (2005). Las comunidades potenciales del pastizal pampeano bonaerense. En Oesterheld, M., M Aguiar, C Ghersa y JM Paruelo (eds.). *La heterogeneidad de la vegetación de los agroecosistemas*: 379-399. Argentina: Editorial Facultad de

- Agronomía. Recuperado de: <https://www.agro.uba.ar/users/garbulsk/pdfs/Burkart%20et%20al%20%202005.pdf>
- Damiano F. (2005). *Técnicas agrohidrológicas para el manejo de áreas Anegables*. Instituto de Clima y Agua, CIRN, INTA-Castelar. Recuperado de: <https://www.fecic.org.ar>
- Damiano F. (2016). *Agrohidrología: una estrategia de manejo*. La red del Campo Chacra. Recuperado de: <https://www.revistachacra.com.ar/suelos/agrohidrologia-una-estrategia-de-manejo/>
- Damiano F, GN Parodi, MA Taboada y D Prieto Garra. (2017). Propuesta de sistematización agrohidrológica en cuencas de llanura con énfasis predial y consorciado. Revista FAVE. Secc. Ciencias agrarias. 16 (1). Recuperado de: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1666-77192017000100002
- Etchevehere, PH. (1976). *Normas de Reconocimiento de Suelos*. Publicación 152. INTA Castelar. 222 p
- García, E. y ME Hernández. (1988). *Anomalías de la Precipitación en la República Mexicana 1921-1980*. Revista de Geografía, VII (3):1-3.
- Morrás H. (2003). *Distribución y origen de sedimentos loessicos superficiales de la Pampa Norte en base a la mineralogía de arenas. Resultados preliminares*. Revista Asociación Argentina de Sedimentología V10 (1):53-64. Recuperado de: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1853-63602003000100005
- Pereyra FX. y MI Tobio. (2018). *Geomorfología de la Provincia de Buenos Aires*. Serie Contribuciones Técnicas Ordenamiento territorial N°10. Dirección de Geología Ambiental y Aplicada SEGEMAR Servicio Geológico-Minero Argentino. 92p. Recuperado de: <https://repositorio.segemar.gov.ar/handle/308849217/2776;jsessionid=86A06DBE3B4A696CDF5915C2E3C36E9D>
- SAMLA (2006). Sistema de apoyo metodológico de laboratorios de Suelos y Aguas; SAGPyA, INTA, UBA, CONICET, SRA, y TECNOAGRO).
- Scoppa, CO. y RM Di Giacomo. (1998). *Edafogénesis pampeana*. Anales de la ANAV; tomo LII: 7-38. Recuperado de: <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/30629>
- Soil Survey Staff. (2014). *Claves para la Taxonomía de suelos*. USDA, Dpto de Agricultura de los Estados Unidos. Traducción, Ortiz Solorio C.A., Gutiérrez Castorena M.C. y Gutiérrez Castorena E.V. 410p. Page, A.L., Miller R.H., Keeney D.R. (1982) Methods of Soil Analysis. Part 1. Physical Properties. Second Editions. Madison, Wisconsin, USA.
- Svärd, L. (2023). *Characterization of Landscape Structures and Precipitation in relation to Flooding events in Pampa Deprimida A Minor Field Study in Argentina*. UPTEC W 23002 Examensarbete 30 hp. Uppsala Universitet, SLU. 73p. Programme in Environmental and Water Engineering at Uppsala University and the Swedish University of Agricultural Sciences.

Torri. EP. (2011). *Ameghino y la estratigrafía pampeana un siglo después*. Publicación Electrónica de la Asociación Paleontológica Argentina. 12 (1): 69-79.

Recuperado de: <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/115940>

Tricart J. (1973). *Geomorfología de la Pampa Deprimida*. Colección Científica XII, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Buenos Aires. 202 p.

CAPÍTULO 5

Indicadores de calidad de suelos

Juan Esteban Baridón, Bárbara Novillo y Marco D'Amico

En este capítulo se presentan procedimientos metodológicos referidos al estudio, selección y aplicación de indicadores de calidad de suelos. Se analiza el efecto de prácticas de manejo en un sector del establecimiento Don Joaquín a partir de la evolución de indicadores.

-MARGARITA ALCONADA,
Campos de la UNLP

5.1 Introducción. Concepto de Indicadores de Calidad de suelos

Los conceptos de calidad y salud del suelo suelen emplearse como sinónimos; en ocasiones también resulta común asociar “calidad” a potencialidad de uso y “salud” al estado actual del suelo. En este capítulo emplearemos a ambos términos como sinónimos.

Si bien existen varias definiciones para la “calidad del suelo” adoptaremos el concepto que asocia a la misma con la capacidad que tiene un suelo de cumplir con ciertas funciones. Estas funciones difieren en su enunciación según distintos autores. Así, para Doran y Parkin (1994), Karlen y Stott (1994), Karlen et al. (1997), estas son: promover la productividad del sistema sin perder sus propiedades físicas, químicas y biológicas (productividad biológica sostenible); atenuar contaminantes ambientales y patógenos (calidad ambiental); y favorecer la salud de las plantas, animales y humanos. Andrews et al. (2004), amplían el listado considerando: ciclado de nutrientes, movimiento hídrico, soporte estructural, filtro y buffer, resistencia-resiliencia y hábitat- biodiversidad.

Doran y Parkin (1994) señalan que al momento de considerar si un sistema de manejo es sustentable en el corto y largo plazo se hace indispensable evaluar la calidad del suelo, lo cual puede realizarse mediante el empleo de indicadores.

Un “*indicador*” es una variable o proceso que es capaz de resumir, simplificar o incluir información proveniente de otras variables, haciendo que un fenómeno o condición de interés se haga

perceptible, mediante la cuantificación y comunicación en forma comprensible. Las principales funciones de los indicadores son: evaluar condiciones o tendencias, comparar transversalmente sitios o situaciones, para evaluar metas y objetivos, proveer información preventiva temprana y anticipar condiciones y tendencias futuras (Wilson et al., 2017). Así, por ejemplo, el “pH”, como medida de la reacción del suelo, es causa y tiene efecto sobre distintas variables. Sin duda está determinado por la concentración y tipo de sales en solución; pero también está directamente relacionado con el contenido de materia orgánica, la estabilidad de los agregados del suelo, el ciclo del nitrógeno edáfico y la disponibilidad de fósforo, entre muchas otras variables y procesos.

Respecto a las características que deben reunir los indicadores, éstos deben ser: limitados en número y manejables por diversos tipos de usuarios; sencillos, fáciles de medir, de bajo costo y tener un alto grado de agregación, es decir, deben ser propiedades que resuman otras cualidades o propiedades; interdisciplinarios; en lo posible deberán incluir todo tipo de propiedades de los recursos naturales (químicas, físicas, biológicas, etc.), tener una variación en el tiempo tal que sea posible realizar un seguimiento de las mismas, asimismo, no deberán poseer una sensibilidad alta a los cambios climáticos y/o ambientales pero la suficiente como para detectar los cambios producidos por el uso y manejo de los recursos (Gallopin, 1997; Doran y Parkin, 1996; Cantú et al., 2008).

Si bien la temática de indicadores de calidad de suelos no es nueva; su aplicación en el monitoreo de la calidad del suelo frente a distintos sistemas productivos y manejos resulta más reciente. Arshad y Martín (2002), señalan que distintas regiones agroecológicas requieren la selección de un conjunto de indicadores y sus límites críticos (valores umbral). Segnestam (2002), Wilson y Sione (2017), destacan la importancia de establecer para cada indicador la línea base de referencia o punto de partida, para reflejar la generación de impactos positivos o negativos en el ambiente, y los valores umbrales (V_u) para el monitoreo de impactos negativos, los cuales no deben exceder un determinado nivel o valor. Esto permite monitorear el funcionamiento normal del suelo, sus cambios y determinar tendencias de deterioro o mejora en la calidad de este. Rezaei et al. (2006) definen a un conjunto mínimo de indicadores como un grupo reducido de variables capaz de sintetizar la mayor parte de la variabilidad total de un suelo en un sitio determinado. Una limitación a la integración y análisis de un conjunto mínimo de indicadores es que estos se miden en diferentes unidades. Por tal razón resulta necesario transformar los valores de laboratorio o campo a una escala única, estandarizando los resultados a efectos de integrarlos, por ejemplo, en índices o representaciones gráficas (Rojas et al., 2017). Aplicaciones recientes de indicadores utilizan metodologías basadas en sistemas de puntuación para estandarizar los valores de las variables (Bravo Medina et al., 2017; Rojas et al., 2017; Baridón y Casas, 2019) y luego integrarlos matemática, estadística y/o gráficamente para su análisis.

Cómo se ha mencionado en capítulos anteriores “Don Joaquín” y “El Amanecer” son dos establecimientos rurales pertenecientes a la Universidad y por lo tanto tienen fines docentes, de investigación y extensión. Estos fines se cumplen siguiendo modelos productivos reales, característicos del área en que están insertos los campos, por lo cual la ganadería y la agricultura

para abastecer a los sistemas ganaderos, constituyen el eje productivo implementado. Los distintos sistemas de manejo ganadero, el uso del pastizal natural, las rotaciones de cultivos, la implantación de pasturas, entre otras prácticas, son evaluadas desde las distintas disciplinas. Partiendo del concepto de que todas las prácticas y manejos productivos impactan en forma distinta sobre el recurso suelo, resulta indispensable realizar el seguimiento de la calidad del suelo en los distintos ambientes del paisaje presentes en los campos de la UNLP.

En el presente capítulo se presenta la evaluación de la calidad de un suelo identificado como *Argiudol vertical*, dominante en uno de los ambientes de mejor aptitud en el establecimiento “Don Joaquín”, sometido a dos manejos distintos. La misma se realiza mediante el análisis integrado de un conjunto mínimo de indicadores de calidad de suelos. Asimismo, se plantea la necesidad de avanzar en la definición y aplicación de indicadores para monitorear y definir los manejos más adecuados para los distintos ambientes de Don Joaquín, y al corto plazo del establecimiento “El Amanecer”.

5.2 Metodologías para la selección de indicadores.

Los indicadores de calidad incluyen, como se mencionó anteriormente, a variables y procesos que pueden ser de naturaleza física, química y biológica. La mayoría de los autores coincide en que los indicadores de calidad de suelo no son universales, sino deben referirse a situaciones regionales particulares, paisajes, suelos, climas y sistemas productivos, entre otros. No obstante, esto debemos admitir que algunos indicadores han resultado seleccionados en prácticamente todos los casos en que han sido evaluados. Entre ellos podemos mencionar: contenido de carbono orgánico y sus fracciones, estabilidad de los agregados, densidad aparente, pH y actividad de algunas enzimas (ureasa, nitrogenasa, fosfatasa), entre otros. Estas variables, junto con aquellas que se estiman de interés para cada situación particular, son medidas y analizadas en trabajos de investigación sobre áreas representativas de la región. Posteriormente, mediante procesos estadísticos que generalmente se basan en análisis multivariados como componentes principales, análisis discriminante y redes neuronales, por ejemplo, se determina un conjunto mínimo de indicadores, que sea capaz de absorber y resumir la mayor variabilidad del sistema.

5.3 Aplicación de indicadores en “Don Joaquín”

5.3.1 Características del área de trabajo

La Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales dispone actualmente de 200 ha, sobre los 426 totales del establecimiento Don Joaquín, la superficie restante es manejada actualmente por la Facultad de Ciencias Veterinarias. En las 200 ha de Ciencias Agrarias se distinguen tres usos del suelo bien definidos: *uso ganadero* (sobre pastizal natural), *uso agrícola* (destinado a alimentación animal, pero sin pastoreo) y *uso mixto*, agrícola ganadero, con rotación de cultivos, pasturas y eventuales pastoreos rotativos (se detalla en Capítulo 3). Estos usos se llevan adelante en diferentes ambientes del paisaje, los cuales se caracterizan y definen en el Capítulo 4 y Capítulo 7 del presente libro. Los primeros análisis, selección y aplicación de un conjunto mínimo de indicadores de calidad de suelos, se llevaron a cabo en el ambiente identificado como “Naranja” en la zonificación por ambientes correspondiente a un Año Seco, realizada por M. Rowan (en Capítulo 7). En la Figura 5.1, se presentan dichos ambientes (adaptada de Figura presentada en Capítulo 7). Este ambiente fue seleccionado como punto de partida para la aplicación de indicadores debido a que sobre el mismo, se han realizado diferentes manejos del suelo. Los efectos que los mismos han tenido sobre la calidad del suelo fueron analizados en un “área de interés” (AI) del ambiente indicado, con uso mixto “agrícola-ganadero”.

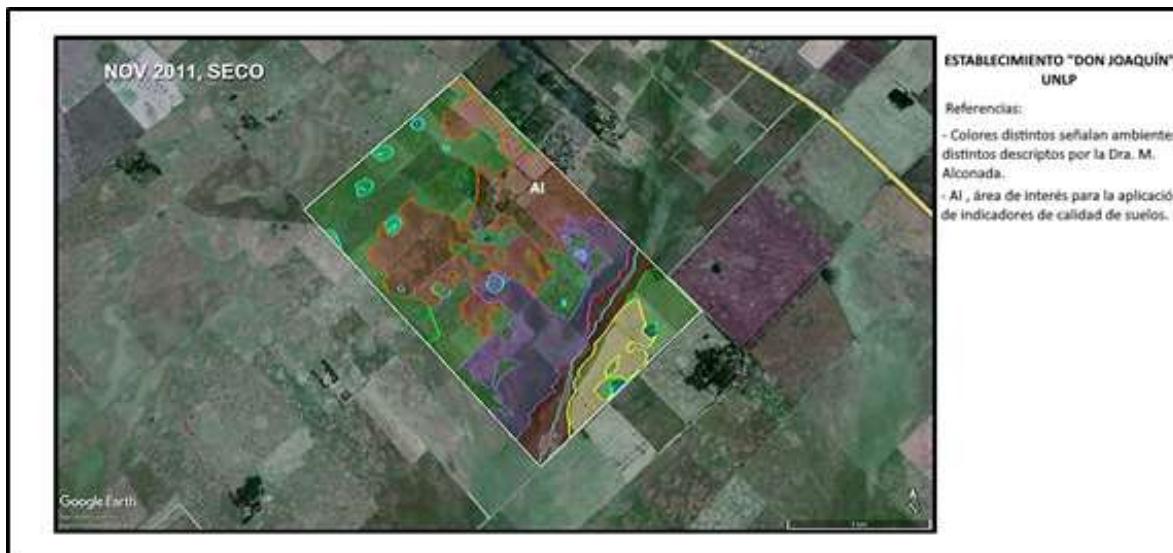


Figura 5.1 Ambientes del establecimiento Don Joaquín (ext y adap.de Figura 7.13 en Capítulo 7)

El área de interés inicial ocupa una superficie de 33 ha, distribuida en lotes linderos, L4, L5, L6 y L7 que se ubican sobre la unidad de suelos identificada como “Etc1” en la carta de suelos de Magdalena, Hoja Oliden 3557-20-3 (INTA, 1989). La unidad cartográfica mencionada corresponde a una asociación de suelos, en posición topográfica alta, con presencia de microdepresiones. El 70 % de la asociación está representado por la serie Etcheverry, clasificada como *Paleudol típico* y el 30 %, ubicado en las microdepresiones de la unidad, por la serie Poblet, clasificada como *Natracualf* *vértico* (INTA, 1989). La información sobre suelos, se presenta en detalle en el Capítulo 4, donde se incluye además de la información preexistente, la desarrollada en el propio establecimiento sobre suelo y agua subterránea.

En la Figura 5.2 se presenta la ubicación esquemática del “área de interés” AI sobre la cual se aplicaron los indicadores.

Área de Aplicación de Indicadores de Calidad de Suelos

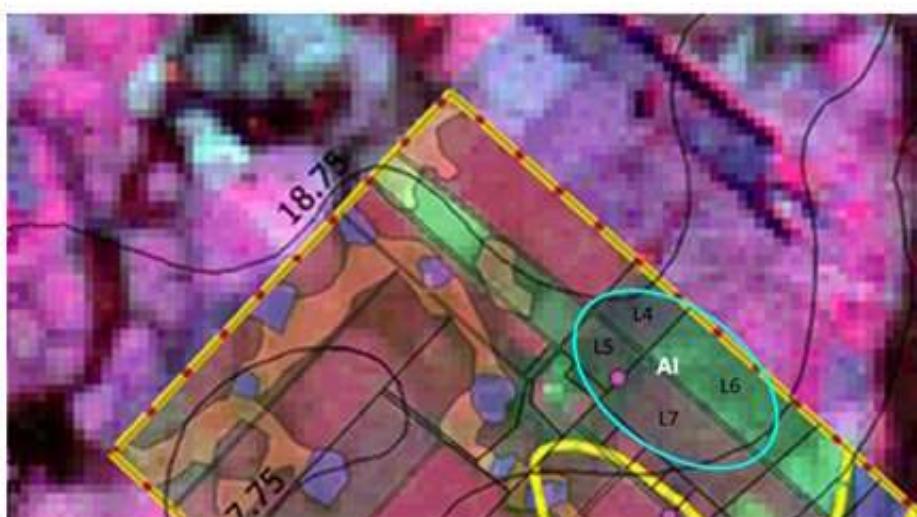


Figura 5.2 Área de aplicación de Indicadores de Calidad de Suelos

Una vez analizada la historia agrícola de los distintos lotes, entre los años 2010 y 2021, y atendiendo a los objetivos didácticos de la presente obra, se decidió presentar los resultados obtenidos confrontando las dos rotaciones más contrastantes entre sí, y un testigo. Este último equivalente a la posible situación prística del suelo. Los lotes con manejo más contrastante, siempre en siembra directa, resultaron L5 y L7, mientras que las rotaciones realizadas en el período considerado fueron las siguientes:

L5: M-M-M-B-M-M-S-M-S-M-S

L7: S-M-Cebada/Soja2da-M-B-M-M-S-B-A-A-A

M: maíz; B: barbecho; S: soja; A: alfalfa

Como se observa el lote 5 corresponde a un manejo de agricultura continua, con un predominio de maíz, soja ocasional y un único barbecho.

El lote 7 presenta una rotación más diversificada, con mayor ocurrencia de barbecho, un cultivo de invierno y tres años con pastura de alfalfa. El esquema de apotreramiento se presentó en el Capítulo 3 (Figura 3.7), y en el Capítulo 4 (Figura 4.3). En esta ultima figura se presenta además, las unidades cartográficas de suelo escala 1.50000 del INTA.

El suelo dominante en el área de trabajo

Se realizó el análisis de imágenes del área de interés. En la Figura 5.3 se visualiza el microrrelieve existente el cual puede asociarse a las distintas componentes edáficas de la asociación de suelos. Mediante prospecciones a campo y apertura de calicatas se individualizaron los suelos presentes en el área y su participación areal aproximada. Una vez identificados los mismos se decidió trabajar sobre el suelo de mayor representatividad en la unidad de manejo. En la Figura 5.3 se observa un detalle de los lotes y la ubicación de la calicata representativa del suelo dominante en los mismos, el cual se corresponde con el suelo *Paleudol* vértico descripto por INTA en la serie Etcheverry, sin embargo, se clasificó como *Argiudol* vértico, debido a que no cumple con el requisito para ser *Paleo* (Capítulo 4).



Figura 5.3 Lotes 5 y 7, y ubicación del perfil de suelo representativo, Don Joaquín, UNLP

Descripción Morfológica del perfil representativo en el Lote 7

El suelo descripto se encuentra en una posición topográfica elevada cubierto con una pastura de alfalfa degradada.

Ubicación geográfica: 35° 10'52'' S.; 57° 50' 13'' O.

Fecha de observación: 13-09-2022.

Broza en superficie, límite difuso, 1 a 1,5 cm.

Ap	0 a 10 cm. 7,5 YR 2/3 en húmedo, 7,5 YR 4/2 en seco; estructura granular, media fuerte; límite inferior claro y sueve.
AB	10 a 35 cm. 7,5 YR 2/3 en húmedo, 7,5 YR 4/3 en seco; bloques medios fuertes; escasos barnices; límite inferior claro y sueve.
Bt	35 a 50 cm. 7,5 YR 3/2 en húmedo, 7,5 YR 4/3 en seco; prismas medios moderados que rompen a bloques medios fuertes; barnices comunes; límite inferior claro y sueve.
BCK	50 a 70 cm. 7,5 YR 3/3 en húmedo, 7,5 YR 5/3 en seco; prismas medios moderados; escasa presencia de barnices; concreciones de carbonato de calcio comunes.
CBK	70 a 90 cm. 7,5 YR 3/4 en húmedo, 7,5 YR 5/4 en seco; prismas medios débiles a masiva; abundantes concreciones calcáreas.
Ck	90 a +100 cm. 7,5 YR 4/4 en húmedo, 7,5 YR 6/4 en seco; masivo.

Tabla 5.1 Descripción Analítica. Perfil Representativo Lote 7

Horizonte	pH	CE (dS)	CO (%)	MO (%)	Nt (%)	Na (meq/l)	Ca+Mg (meq/l)	RAS
Ap	5,60	0,56	2,60	4,48	0,250	3,32	2,88	2,77
BA	5,92	0,81	---	---	---	4,39	3,68	3,24
Bt	6,54	0,80	---	---	---	4,56	4,16	3,16
BCK	7,08	0,77	---	---	---	4,05	4,40	2,73
CBK	7,29	0,76	---	---	---	3,81	4,60	2,51
C	7,51	0,71	---	---	---	4,65	3,00	3,79



Figura 5.4 Fotografías del perfil de suelo representativo

5.3.2 Muestreo de suelos y medición de indicadores

Los indicadores de calidad propuestos inicialmente para ser analizados, consistieron en variables físicas y químicas, que presentan antecedentes como indicadores en suelos y regiones con características similares. Estas variables fueron: *reacción del suelo (pH)*, *salinidad (CE)*, *densidad aparente (Dap)*, *estabilidad estructural (DMP)*, *carbono oxidable (COox)*, *carbono particulado fracción gruesa (COpg)* y *carbono particulado fracción fina (COpf)*.

Sobre los lotes 5, 7 y bajo alambrado, se distribuyeron al azar 5 puntos, correspondientes a futuros sitios de muestreo. En cada sitio se realizó una prospección preliminar en donde se verificó que en los 30 cm superficiales no estuviese presente un horizonte Bt. En caso de detectarlo se reemplazó el sitio por uno próximo que cumpliese la condición establecida. Alrededor los puntos de muestreo se tomaron muestras compuestas por 3 submuestras. Se trabajó a tres profundidades de muestreo (0-5 cm, 5-10 cm y 10-20 cm). Todas las muestras estuvieron comprendidas en los horizontes A y AB del suelo dominante en el complejo de suelos. Alrededor de cada punto de muestreo se determinó la densidad aparente (Dap) utilizando cilindro extractor.

Las muestras fueron trasladadas al laboratorio de suelos de la Cátedra de Edafología, FCAyF, donde se determinó: pH, método potenciométrico; conductividad eléctrica; carbono orgánico oxidable (CO) por el método de Walkley-Black; carbono particulado fracción gruesa (COpg) y fracción fina (COpf) (Galantini, 2005); estabilidad estructural (EE) a través del valor del diámetro medio ponderado (DMP) de los agregados por el método de Le Bissonnais y fósforo extractable (Bray Kurtz N°1) en

muestras compuestas hasta los 10 cm de profundidad. Los resultados se analizaron por ANOVA y test de Tukey ($p<0,05$) con el programa InfoStat v. 2018.

5.3.3 Análisis de los indicadores

Los datos obtenidos en el laboratorio fueron analizados con técnicas de estadística descriptiva entre las cuales se incluyó ANOVA y test de diferencias mínimas significativas de Fisher. En la Tabla 5.2 se presenta un resumen de estos análisis. En la misma se observa que las variables pH, y Da no presentaron diferencias significativas entre los valores medios correspondientes a las distintas situaciones de manejo; razón por la cual se las excluyó de los siguientes análisis. Esto concuerda con Dalurzo *et al.* (2001) que encuentra que el pH es uno de los indicadores que menos se ve influenciado por distintos manejos del suelo. De esta manera se conformó un conjunto mínimo de indicadores de calidad de suelo (CMI) que quedó integrado por: carbono orgánico oxidable y sus fracciones particuladas, la estabilidad de los agregados medida a través de diámetro medio ponderado de los mismos, el contenido de fósforo extractable y la conductividad eléctrica.

Tabla 5.2 Resumen de valores medios de los indicadores

	Testigo			Lote 5			Lote 7		
	0-5 cm	5-10 cm	10-20 cm	0-5 cm	5-10 cm	10-20 cm	0-5 cm	5-10 cm	10-20 cm
pH	5,89 a	5,92 a	6,07 a	5,89 a	5,7 a	5,98 a	6,14 a	5,84 a	5,65 a
CE	0,99 a	1,02 a	0,95 a	1,31 b	1,64 b	0,92 a	1,85 c	1,36 ab	0,87 a
Dap	1,05 a			1,08 a			1,02 a		
DMP (mm)	2,83 a	2,50 a	2,05 a	1,77 b	1,80 b	0,91 b	2,09 a	2,19 a	1,18 b
COox (g.kg ⁻¹)	46,4 a	31,5 a	24,3 a	39,1 b	32,8 a	24,5 a	44,1 a	32,2 a	26,6 a
COpg (g.kg ⁻¹)	10,0 a	3,4 a	1,2 a	5,4 b	3,1 a	0,7 a	11,6 a	2,7 a	1,0 a
COpf (g.kg ⁻¹)	12,3 a	7,0 a	3,5 a	9,2 ab	7,3 a	3,3 a	9,1 ab	7,1 a	3,3 a
P ext	35,1 b			143,5 c			21,6 a		

Nota. Letras distintas señalan diferencias significativas entre las medias a una misma profundidad de muestreo ($p<0,05$)

A fin de analizar el efecto de los manejos sobre la calidad del suelo dominante en los lotes 5 y 7 resulta indispensable establecer una **línea base o de partida** para los indicadores que se utilizan (Tabla 5.3). En nuestro caso definimos como “**valores iniciales**” (VI) a aquellos obtenidos en

muestras bajo alambrado. Con respecto a este punto es conveniente aclarar que, de haber dispuesto de lotes con clausuras, como existen en el establecimiento “El Amanecer”, podría considerarse a estos para obtener los valores iniciales.

Tabla 5.3Valores referenciales de los indicadores de calidad de suelo

INDICADOR	UNIDAD	Método de determinación	Valores iniciales (Vi)			Valores umbrales (Vu)		
			0-5	5-10	10-20	0-5	5-10	10-20
COox	g.Kg ⁻¹	Walkley Black	46,4	31,5	24,3	6,0 (min)**		
COpg	g.Kg ⁻¹	Galantini (2005)	10,0	3,4	1,2	3,3	1,1	1,1
COpf	g.Kg ⁻¹	Galantini (2005)	12,3	7,0	3,5	6,1	3,5	2,1
EE (dmp)	mm	Le Bissonnaises (1996)	2,83	2,50	2,05	0,5*		
CE	dS.m-1	Conductimetría	0,99	1,02	0,95	3*		
P ext	mg.Kg ⁻¹	Bray Kurtz	35,1			15*		

Nota. * Antecedentes y consulta a expertos. **Valor mínimo de Ct establecido como requisito para un epipedón mólico (NRCS, 2014)

Cómo se mencionó anteriormente el monitoreo y detección de posibles impactos negativos también requiere el establecimiento de **valores umbrales** (Vu). Es decir, fijar aquellos niveles o valores que un indicador no debería exceder. Los valores umbrales (Vu) se fijaron a partir de antecedentes bibliográficos y consultas a expertos (Tabla 5.3).

5.4 Integración gráfica e interpretación del conjunto mínimo de indicadores

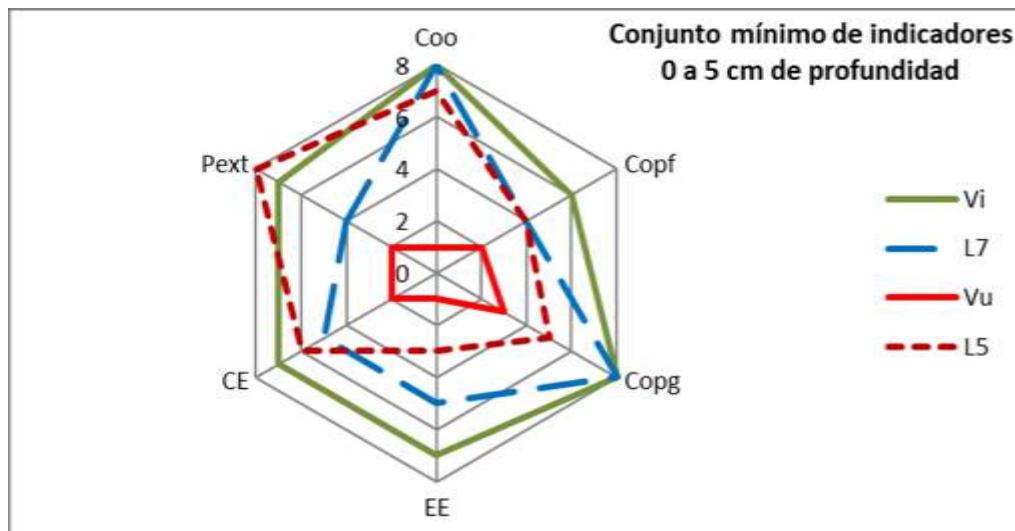
Al trabajar con un CMI que está integrado por indicadores representados por variables que se miden en distintas unidades y poseen diferentes escalas, surge la necesidad simplificar y unificar la información. Con esta finalidad se efectuó una sistematización de los indicadores, normalizando los datos obtenidos, según una escala de 0 a 8. La escala se estimó individualmente, para cada indicador, considerando niveles de referencia óptimos y críticos. La Tabla 5. 4 presenta las escalas utilizadas para la normalización.

Tabla 5.4 Criterio normalización de datos analíticos

COo [g.kg ⁻¹]		Cpf [g.kg ⁻¹]		Cpg [g.kg ⁻¹]		EE [DMP en mm]		CE [dS.m ⁻¹]		Pext [mg.kg ⁻¹]	
< 5	0	<1	0	< 0,5	0	<0,5	0	≥4	0	< 5	0
5 a 9,9	1	1 a 3	1	0,5 a 1,9	1	0,5 a 0,8	1	3,5 a 3,9	1	5 a 9,9	1
10 a 14,9	2	3,1 a 6	2	2 a 2,9	2	0,9 a 1,2	2	3 a 3,4	2	10 a 14,9	2
15 a 19,9	3	6,1 a 8	3	3 a 3,9	3	1,2 a 1,5	3	2,5 a 2,9	3	15 a 19,9	3
20 a 24,9	4	8,1 a 10	4	4 a 4,9	4	1,6 a 1,9	4	2 a 2,4	4	20 a 24,9	4
25 a 29,9	5	10,1 a 12	5	5 a 5,9	5	2 a 2,3	5	1,5 a 1,9	5	25 a 29,9	5
30 a 34,9	6	12,1 a 14	6	6 a 6,9	6	2,4 a 2,7	6	1 a 1,4	6	30 a 34,9	6
35 a 39,9	7	14,1 a 16	7	7 a 7,9	7	2,8 a 3,1	7	0,5 a 0,9	7	35 a 40	7
>40	8	>16	8	≥8	8	>3,1	8	< 0,5	8	>40	8

La valoración de la calidad de suelo en los distintos usos se realizó utilizando un diagrama de estrella junto a valores iniciales y umbrales para el CMI.

En la Figura 5.5, se observa a los 6 indicadores que integran el CMI distribuidos en el diagrama gráfico. El polígono en color verde (Vi) representa a los valores iniciales del suelo, los cuales como recordarán fueron obtenidos bajo el alambrado. En forma similar el polígono rojo representa los valores umbrales, límites que no deberían ser alcanzados por los indicadores.

**Figura 5.5** Conjunto Mínimo de Indicadores de 0 a 5 cm de profundidad

Doce años con distintos manejos del suelo en los lotes 5 y 7, produjeron efectos diferentes en los 5 cm superficiales del mismo. En el lote 5, con una agricultura continua dominada por cultivo de maíz,

se evidencia la diminución del carbono oxidable (Coo), de su fracción asociada a partículas gruesas y la correspondiente a partículas finas. Esta disminución se correlaciona en forma directa con la pérdida de estabilidad estructural de los agregados, la cual queda expuesta a través del menor diámetro medio ponderado (DMP) de los mismos (Tabla 5.2 y Figura 5.3). También queda de manifiesto un incremento en la concentración de sales solubles que, si bien posee significancia estadística, por el momento no afecta la productividad del lote. Debemos el muy elevado contenido de fósforo extractable registrado en L5. Al no disponer de registros fidedignos de la historia agrícola previa a la adquisición del campo, no se avanzan en hipotetizar sobre el origen de este. La disminución de Pext en L7 con respecto a los valores iniciales, de 35,1 a 21,6 mg.Kg⁻¹, resulta consistente con un manejo en donde la reposición del nutriente no ha sido cubierta con aportes vía fertilización.

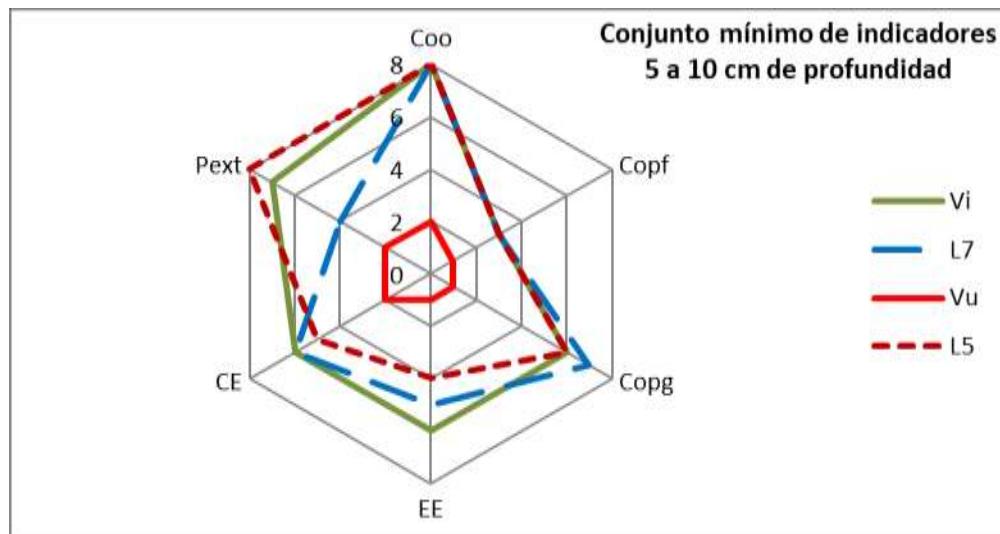


Figura 5.6 Conjunto Mínimo de Indicadores de 5 a 10 cm de profundidad

De 5 a 10 cm de profundidad el CMI de la Figura 5.6 muestra que en los lotes 5 y 7 se produjeron modificaciones negativas en la estabilidad estructural, resultando esta de mayor magnitud en el lote 5. En la figura también se observa el incremento de sales en el lote 5 evidenciado por la CE. La gráfica presenta diferencias en Copg; no obstante, estas carecen de significancia estadística.

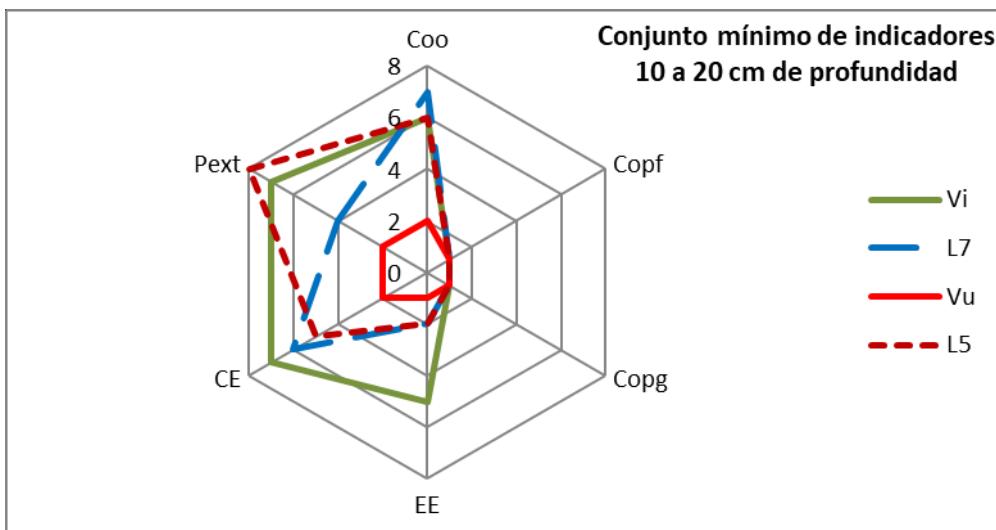


Figura 5.7 Conjunto Mínimo de Indicadores de 10 a 20 cm de profundidad

Las muestras de 10 a 20 cm de profundidad (Figura 5.7) permiten observar que la perdida de estabilidad estructural continua en profundidad, tanto para el lote 5 como para el lote 7. Es interesante observar que el carbono asociado a las fracciones particuladas gruesa y fina ha disminuido hasta los valores adoptados como umbrales por lo tanto el Coo presente a esta profundidad se encuentra comprendido en el carbono asociado a la fracción mineral del suelo, el cual constituye el carbono humificado más antiguo y polimerizado. Si bien la CE es algo mayor que la del suelo testigo, esto no tiene relevancia estadística.

A modo de **conclusión** podemos afirmar que el CMI seleccionados, ha puesto de manifiesto diferencias significativas entre los efectos de dos secuencias de cultivos distintas, en un Paleudol vértico de lotes vecinos. Estas diferencias se evidencian principalmente en los primeros centímetros del suelo y se mantienen para algunos indicadores como la estabilidad estructural, hasta los 20 cm.

El lote 5 ha sufrido un mayor impacto durante el ciclo analizado, evidenciando que el COpf es un buen indicador para poner de manifiesto cambios de calidad debidos a las rotaciones realizadas. Esto concuerda con lo reportado por Duval et al. (2014) quienes encontraron que el COpf resultó sensible ante sistemas agrícolas con rotación de cultivos y monocultivos. Según estos autores la segregación de fracciones orgánicas con labilidad intermedia, como el COpf, puede emplearse como un indicador sensible para distinguir prácticas agrícolas, sin que su precisión se vea significativamente afectada por las fluctuaciones temporales y meteorológicas. Contrariamente el lote 7 ha mejorado en algunos de sus parámetros, posiblemente debido a una rotación con mayor diversificación de cultivos.

El análisis, aplicación de indicadores de calidad de suelos y monitoreo temporal de la evolución de estos, constituyen prácticas de manejo necesarias para la evaluación de la sustentabilidad de los sistemas agroproductivos que se implementan en los establecimientos de la UNLP.

Para visualizar la evolución a lo largo del tiempo, es necesario realizar mediciones en intervalos secuenciales lo suficientemente espaciados como para detectar variaciones en los parámetros asociados con las prácticas de uso y manejo de los suelos.

Referencias

- Andrews, SS, DL Karlen and CA Cambardella. (2004). *The Soil Management Assessment Framework: A Quantitative Soil Quality Evaluation Method*. Soil Sci. Soc. Am. J., 68: 1945-1962.
- Arshad, MA & S Martin. (2002). *Identifying critical limits for soil quality indicators in agro-ecosystems*. Agr. Ecosyst. Environ., 88:153-160.
- Baridón, JE y RR Casas. (2019). Application of Quality Indicators in the Evaluation of Subtropical Argiudolls and Hapludolls in Formosa (Argentina). International Journal of Plant & Soil Science, 31(4): 1-10.
- Bravo-Medina, C, H Marín, P Manero Labrador, M Ruiz, B Torres-Navarrete, H Navarrete-Alvarado, G Durazno-Alvarado y D Changoluisa-Vargas. (2017). *Sustainability evaluation through indicators in production units in the province of Napo, Ecuadorian Amazonia*. Bioagro, 29(1):23-36.
- Cantú, MP, A Becker y JC Bedano. (2007). *Evaluación de la calidad de suelos mediante el uso de indicadores e índices*. Cl. Suelo (Argentina), 25 (2): 173-178.
- Dalurzo, M, D Toledo y S Vázquez. (2005). *Estimación de parámetros químicos y biológicos en Oxisoles con uso citrícola*. Cl. Suelo (Argentina), 23 (2):159-165.
- Doran, WJ, B Parkin. (1994). *Defining and Assessing Soil Quality*. In: Doran, JW, DC Coleman, DF Bezdicek and Stewart, *Defining Soil Quality for a Sustainable Environment*. SSSA. Special Publication Number 35. Madison, Wisconsin, pp 3-21
- Doran, JW and TB Parkin. (1996). *Quantitative indicators of soil quality: A minimum data set*. pp. 25-37. In Doran JW and AJ Jones (ed.) *Methods for assessing soil quality*. SSSA Special Publication Nº 49 (401). Wiscosin.
- Duval, ME, E de Sa Pereira, JO Iglesias y JA Galantini. (2014). *Efecto de uso y manejo del suelo sobre las fracciones de carbono orgánico en un argiudol*. Cienc. suelo [online]. 2014, vol.32, n.1, pp.105-115. Disponible en: <http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1850-20672014000100011&lng=es&nrm=iso>. ISSN 1850-2067.

- Galantini, JA. (2005). *Separación y análisis de las fracciones orgánicas*. En: Marban L & S. Ratto (Eds.), Manual “Tecnología en Análisis de Suelos: Alcances a laboratorios agropecuarios” de la AACS. Capítulo IV parte 2, 103-114.
- Gallopín, G. (1997): *Indicators and Their Use: Information for Decision-making. Part One-Introduction*, en B. Moldan y S. Bilharz (eds.): Sustainability Indicators. A Report on the Project on Indicators of Sustainable Development. Chichester, Wiley, SCOPE 58, pp. 13-27
- INTA, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, CIRN. (1989). *Carta de Suelos de la República Argentina*. Hoja 3557-20-3, Oliden. 1:50.000.
- Karlen, DL. and DE Stott. (1994). *Framework for evaluating physical and chemical indicators of soil quality*. In: Doran, JW, DC Coleman, DF Bezdicek and Stewart, *Defining Soil Quality for a Sustainable Environment*. SSSA. Special Publication Number 35. Madison, Wisconsin, pp 53-72.
- Karlen, DL, MJ Mausbach, JW Doran, RG Cline, RF Harris and GE Schuman. (1997). *Soil quality: a concept, definition, and framework for evaluation*. Soil Science Society of America J., 61: 4-10.
- Le Bissonnais YL. (1996). *Aggregate stability and assessment of soil crustability and erodibility: I. Theory and methodology*. European Journal of Soil Science. 2016;47(4):425-437
- Rezaei, S, R Gilkes, S Andrews. (2006). *A minimum data set for assessing soil quality in rangelands*. Geoderma, [136 \(1-2\)](#): 229-234.
- Rojas JM, J Prause, G Sanzano, O Ernesto, A Arce y MC Sánchez. (2016). *Soil quality indicators selection by mixed models and multivariate techniques in deforested areas for agricultural use in NW of Chaco, Argentina*. Soil & Tillage Research, 155: 250-262
- Rojas J, N Mórtola, R Romaniuk y E Russo. (2018) *Guide for assessing the quality of soils under agriculture in Sub-humid Chaco*. National Institute of Agricultural Technology (INTA). Available:https://inta.gob.ar/sites/default/files/guia_evaluacion_calidad_de_suelos_chaco.pdf
- Segnestam, L. (2002). *Indicators of environmental and sustainable development. Theories and practical experience, environmental economic*. Series, Paper Nº 89. World Bank, Washington DC.USA. 61 p.
- Wilson, MG. (2017). *Manual de indicadores de calidad del suelo para las ecorregiones de Argentina* - 1a ed. Entre Ríos: Ediciones INTA. Libro digital, PDF. Archivo Digital: descarga y online: ISBN 978-987-521-826-0
- Wilson, MG y SM Sione. (2017). *Selection of soil quality indicators. Obtaining the minimum set of indicators (CMI). Criteria for defining threshold values and obtaining indexes*. 93-105p. In: Wilson, MG, editor. Manual of soil quality indicators for the ecoregions of Argentina. Digital book. 2017. National Institute of Agricultural Technology (INTA). Available: HTTPPs://inta.gob.ar/sites/default/files/manual_ics_final.pdf

CAPÍTULO 6

Condiciones de la vegetación natural en Don Joaquín y El Amanecer

*Alejandra Carbone Federico Fernández, Marcelo Hernández,
Adrián Rodríguez Guiñazú, Cristian Antonelli y Bárbara
Heguy*

En este capítulo se presentan los procedimientos de estudio de la vegetación natural y comunidades vegetales que prevalecen. Caracterización morfológica, fenológica y sistemática de los taxones según estación del año en dos ambientes. Obtención de índices de diversidad biológica, identificación de la especie invasora más problemática: *Baccharis notosergila*. Se plantean estrategias futuras de control para la preservación del pastizal natural.

MARGARITA ALCONADA,
Campos de la UNLP

6.1 Procedimientos de estudio de la vegetación natural en los ecosistemas presentes en el establecimiento El Amanecer

Para abordar el estudio de la vegetación en un ecosistema es imprescindible conocer que las relaciones que se establecen entre los individuos presentes están determinadas por el entorno natural imperante. Esta rama de estudio es abordada por la ecología, y en este sentido, el trabajo de campo resulta de gran importancia. Las relaciones que establece un organismo con su ambiente son mucho más complejas de lo que en una primera apreciación pudiera parecer, dado que hay que considerar a los individuos no solamente por como se presentan en la actualidad, sino tener en cuenta otros momentos de su historia, probablemente surgida o transcurrida en otros sitios. Es por esta razón, que para comprender porqué una planta o un animal se encuentra en un actual emplazamiento se necesita conocer dónde y cuando iniciaron su vida, que requerimientos tenían en

ese momento, y qué competencia han tenido que superar para sobrevivir. El estudio del ambiente y sus interacciones se torna imprescindible para comprender la tasa y ritmo de crecimiento, reproducción, y ciclo de vida de los organismos analizados como poblaciones, ya que el grupo de individuos de una determinada especie manifiesta propiedades que no pueden expresarse a nivel de organismos aislados.

El grupo más claro lo constituye la especie, quien se mantiene unida por cruzamiento con intercambio de material hereditario, teniendo un acervo genético común. Sin embargo, las especies no se distribuyen de manera uniforme y homogénea, sino que se encuentran divididas en numerosas poblaciones menores y separadas unas de otras de tal manera que difícilmente se cruzan. Las especies que se encuentran compartiendo un determinado tiempo y espacio forman las poblaciones, y éstas que se solapan e interactúan constituyen un modelo que se conoce como comunidad. Se entiende por comunidad a un conjunto de poblaciones de plantas y animales que son claramente distinguibles de otros conjuntos de este tipo. Como ejemplo se puede citar a los bosques, las dunas o las praderas dado que es muy frecuente que se denominen a las comunidades por las plantas dominantes.

Las plantas constituyen el primer eslabón en las comunidades ya que son los productores primarios y pueden transformar la energía lumínica del sol (fotones) en energía química, sintetizando compuestos orgánicos complejos a partir del dióxido de carbono y agua presente en la atmósfera. Esta propiedad convierte a los vegetales en seres autóctonos ya que son capaces de generar su propio alimento y todos los animales dependen, tanto directa como indirectamente, de esa energía química almacenada para poder crecer y reproducirse. De esta manera es como se establece en las comunidades las cadenas alimentarias donde se produce una pérdida en cada eslabón, ya que parte del alimento se emplea en proporcionar energía para los procesos vitales y el movimiento. Las relaciones de una cadena alimentaria pueden representarse por una pirámide de números o por una pirámide de biomasa y los escalones que conforman dicha pirámide se conocen como niveles tróficos.

En los diferentes niveles tróficos se establecen rutas de flujo de energía, donde no es posible tener certeza de cuánta energía fluye, se pierde o se gana en cada nivel. Se estima que hay una enorme pérdida dado que se aprovecharía solamente un 10% de la energía disponible en un nivel trófico para ser utilizada en el siguiente. La proporción de energía transmitida por este medio es la medida de la eficiencia ecológica y puede variar de un nivel a otro.

La biomasa de una población en un momento determinado no siempre es un buen indicador del flujo de energía, sino que hay que calcular la productividad del material comestible en cada nivel trófico.

Los organismos vivos frecuentemente dependen, para su perpetuación, de la capacidad para responder a condiciones desfavorables, de tal manera que los efectos adversos sean anulados o antagonizados. El mantenimiento de un rango limitado de condiciones se denomina homeostasis y

los mecanismos homeostáticos pueden encontrarse en todos los niveles de organización desde las células individuales hasta un organismo completo e incluso las poblaciones.

El ambiente físico (conformado por el aire, agua, suelo) y las comunidades existentes, funcionan como un ecosistema donde los elementos esenciales (como el nitrógeno, carbono y fósforo) pasan de un lado a otro desde las partes vivas y no vivas del ecosistema recicrándose y constituyendo los ciclos biogeoquímicos. Así como cada especie tiene su nicho alimentario, también posee un nicho ambiental.

Un organismo en un determinado momento tiene un ambiente efectivo particular, y su nicho ambiental puede considerarse como la suma total de sus distintos ambientes efectivos a lo largo de su vida. Aunque una planta permanezca en el mismo sitio la mayor parte de su vida, el ambiente efectivo de una planta juvenil es muy diferente de una planta completamente adulta y desarrollada. El ambiente efectivo vuelve a cambiar durante la fase de reproducción, dependiendo primero y fundamentalmente de los agentes de polinización, y luego, de los mecanismos de dispersión de los frutos y las semillas. Su nicho ambiental resulta ser entonces la suma de todos estos ambientes efectivos, y está asentado en un solo lugar. Por el contrario, los animales, a medida que crecen, se trasladan con frecuencia a nuevas zonas de su nicho ambiental.

El término nicho se utiliza frecuentemente y en forma errónea para referirse al nicho alimentario, nicho ambiental, hábitat o microhábitat. Resulta importante definir dichos términos con exactitud destacando que los nichos ambientales “no son sitios específicos como los hábitats y microhábitats”. El hábitat denota “un área determinada en la que viven plantas y animales” y que resulta tema de estudio. Dentro de cada comunidad particular hay siempre numerosos hábitats resultando entonces los hábitats y microhábitats entornos efectivos que forman parte de los nichos ambientales de muy diferentes organismos.

Los cambios operados en el ambiente hacen que los organismos vivos deban trasladarse generando lo que se conoce como dispersión que es el movimiento de alejamiento del centro de la población. Estos movimientos suelen comenzar antes que las condiciones del nicho se tornen muy adversas resultando en que las nuevas zonas apropiadas se colonizan rápidamente. La dispersión suele continuar durante un período muy largo, aunque en la vida de los organismos hay repentinas explosiones de movimiento dispersivo asociados a adaptaciones estructurales como por ejemplo afinar los mecanismos de dispersión de frutos y semillas en los vegetales.

Sin embargo, la dispersión no debe confundirse con la distribución ya que ésta última describe “la situación de los organismos unos respecto a otros dentro de una población y en relación con las características del ambiente”. Una especie tiende a distribuirse en grupos más que uniformemente, y la disposición cambia con los cambios generales del entorno.

El estudio de las poblaciones en proceso de cambio se conoce como dinámica de las poblaciones, y las fluctuaciones asociadas a los cambios estacionales y del ambiente son factores importantes por analizar en este ámbito del conocimiento. Algunos cambios son naturales por cuestiones estacionales y otros están claramente relacionados con la densidad de la población donde la

superpoblación puede provocar pautas de segregación o emigración, y dar mayor oportunidad para organismos depredadores o parásitos.

En numerosas ocasiones las distribuciones cambiantes dentro de una comunidad llevan a la misma, o a diferentes especies, a la competencia por la limitación de recursos de alimentos, luz, agua o refugio. Los vegetales que proyectan sombra densa sobre otras especies compiten exitosamente por la luz, ya que pocas plantas podrán establecerse bajo ellas. Como resultado de la competencia por la luz, las plantas de una comunidad se suelen disponer en estratos claramente definidos: estrato arbóreo de mayor altura, estrato arbustivo de hasta 5 metros de altura y debajo de ellos está el estrato herbáceo, formado por vegetales no leñosos de pequeño porte y sobre el suelo puede haber un estrato rastreiro.

Las comunidades no son estáticas, sino que están en permanente cambio, que son fundamentalmente cílicos, y se asocian a variaciones estacionales de precipitación, temperatura y duración del día. Además de estos cambios estacionales algunas comunidades varían con el paso de los años, reemplazándose unas a otras según un orden definido. El desarrollo histórico de una comunidad se denomina sucesión y “se define como sucesión primaria cuando comienza con la colonización de un suelo desnudo por una población pionera”. La mayoría de los suelos nuevos se originan por la acumulación de arena llevada por el viento provenientes de las mareas o de sedimentos fluviales, o por la eliminación de la superficie del suelo en derrumbes. Otros nuevos suelos son producto de la actividad industrial como la minería de la arcilla y del carbón, o del subsuelo profundo expuesto por la extracción a cielo abierto. Todos estos tipos de suelos se caracterizan por la ausencia de restos orgánicos que proveen nutrientes, estabilidad al suelo y regímenes hídricos favorables.

Las sucesiones vegetales se nombran de acuerdo con las condiciones en que comienzan, y se dividen en dos grupos principales. Cuando las condiciones son muy secas o áridas, como la roca desnuda o las arenas eólicas, las especies pioneras están adaptadas a la escasez de agua y se conocen como xerófitas. Estas plantas proporcionan mayor estabilidad al suelo y un grado de cobertura que permite a otras plantas introducirse y cambiar el carácter de la comunidad. Cada nueva comunidad afecta las condiciones, preparando así el camino a su propia sustitución. Una sucesión de comunidades que se desarrolla sobre suelo seco como la descripta se denomina un xoserie.

El otro tipo de sucesión primaria comienza en aguas poco profundas con plantas pioneras que pueden crecer en condiciones de inundación o sumergidas, y se conocen como hidrófitas. De nuevo se inicia una sucesión de comunidades a medida que el hábitat se hace más seco a consecuencia de la acumulación de restos vegetales que levantan gradualmente el suelo por encima de la superficie del agua. Este tipo de sucesión se conoce como hidroserie.

Las xoseries y las hidroseries llevan finalmente a etapas de carácter intermedio o mesoseries constituidas por la vegetación que se encuentra en las praderas y estepas. A partir de estas series se desarrollan las comunidades clímax que están en equilibrio con las condiciones climáticas y que no se desarrollan a menos que éstas cambien.

Cuando la vegetación es dañada por un incendio o cualquier otra alteración severa, comienza una sucesión secundaria. Esta empieza sobre un suelo ya formado, a diferencia de la sucesión primaria que comienza sobre la roca desnuda o el lodo. En la sucesión secundaria el punto de partida puede ser un bosque talado, un terraplén de ferrocarril, una tierra de labranza en barbecho o un cantero de jardín. Las primeras etapas son muy diferentes de las de una sucesión primaria, y el curso de la sucesión es más corto, pero en general las plantas colonizadoras vuelven a sufrir nuevas sustituciones hasta que finalmente restablecen la comunidad clímax. Las sucesiones vegetales pueden verse reflejadas por la zonación del terreno operando a niveles diferentes de organización. Estas comunidades dependen no solamente de los tipos de interacción ya mencionados, sino también de los niveles de organización más bajos, como células, tejidos y órganos. Estos determinan las potencialidades de los individuos y sus poblaciones para responder y adaptarse a las nuevas situaciones imperantes. Por ejemplo, la capacidad de una planta para poder crecer y multiplicarse en condiciones de sequía está fundamentalmente determinada por la estructura anatómica de sus tallos y hojas, como por ejemplo la presencia de cutículas y ceras que impiden la pérdida excesiva de agua, la presencia de pelos y tricomas para frenar la incidencia lumínica y transpiración o la reducción de las láminas foliares. Las plantas ante situaciones adversas también realizan un ajuste fenológico acelerando el ciclo de crecimiento y pasando al estado reproductivo cumpliendo su ciclo ontogénico en un período de tiempo más reducido.

6.2 Recolección del material vegetal

Para efectuar la recolección del material vegetal se deben demarcar parcelas por medio de bastidores rectangulares metálicos o estacas para relevar la presencia de especies que en una primera instancia puedan haber pasado desapercibidos en una observación superficial y general.

El instrumental para realizar la recolección de material consiste fundamentalmente en lupas de bolsillo que resultan útiles para el reconocimiento e identificación de pequeñas estructuras en plantas; tijeras, bolsas de plástico de varios tamaños, papeles de diarios y prensa para la colección de material vegetal y su posterior herborizado, libreta de campo para tomar nota de información y cámara fotográfica.

6.2.1 Recolección y conservación del material vegetal

Para recoger material que se destinará a herbarios es necesario seleccionar ejemplares idóneos y completos teniendo, debiendo adjuntar los datos ecológicos vinculados. Si bien las bolsas de plástico son adecuadas cuando se trata de una recolección con fines exclusivos de determinación, un recipiente grande protege mejor los ejemplares.

Se debe tener a disposición un cuaderno o agenda con páginas numeradas y etiquetas con la misma numeración, de ser posible que sean autoadhesivas. Se debe tomar anotación referida a la localización del ejemplar que incluya además de su nombre científico y vulgar, información sobre:

-Biotipo: árbol, arbusto, herbácea perenne o anual, trepadora o enredadera, rizomatosa, etc. Si se toman fotografías o realizan esquemas lo ideal es adjuntar una escala u objeto de tamaño conocido para tener datos de su tamaño, tanto en alto como ancho.

-Hábitat: tipo de comunidad, especies asociadas, frecuencia, topografía, factores ambientales.

-Raíz: pivotante o fibrosa, en cabellera, almacenamiento.

-Tallo: tipo de ramificación, forma de la planta, aspecto y grosor del tallo, estructuras de almacenamiento o de defensa y supervivencia.

-Hojas y Folíolos: color, tamaño y forma, disposición, adaptaciones y estructuras de defensa.

-Flores: color, estructura floral, aroma, posición de las yemas florales, presencia y características de las inflorescencias.

-Frutos: tipo de fruto, estado de madurez, color y textura, si es dehiscente o indehiscente, olor, tamaño y forma, método y tipo de dispersión. Es conveniente recoger todas las partes del vegetal, incluyendo la raíz siempre que sea posible. Antes de recoger las especies poco corrientes hay que asegurarse que queden otros ejemplares en cantidad suficiente en el sitio de estudio y solamente extraer una.

Para conservar las plantas, se deben disponer cuidadosamente de manera que queden expuestos sus caracteres distintivos y se prensan entre hojas de papel secante. Si el ejemplar es grueso, puede cortarse a lo largo y prensar una de las mitades, o bien pueden colocarse rodillos de papel secante a lo largo del tallo, de tal forma que la presión sea pareja en todas las partes. Se deben cambiar los papeles secantes diariamente si es necesario hasta que los ejemplares estén secos.

Cuando un ejemplar está totalmente rígido y parece frágil al tacto se considera que alcanzó el punto de secado correcto para proceder a su montado. La planta se fija a una hoja de buena calidad tipo cartulina de herbario por medio de pequeñas tiras de papel adhesivo o con una goma que no penetre los poros del ejemplar ni altere su color (Figura 6.1). Se prepara una etiqueta botánica que se coloca en el ángulo inferior derecho de la hoja que contendrá la información que se muestra en la Figura 6.2.



Figura 6.1 Material vegetal de *Baccharis notosergila* Griseb. herborizado en cartulina con su correspondiente etiqueta identificatoria

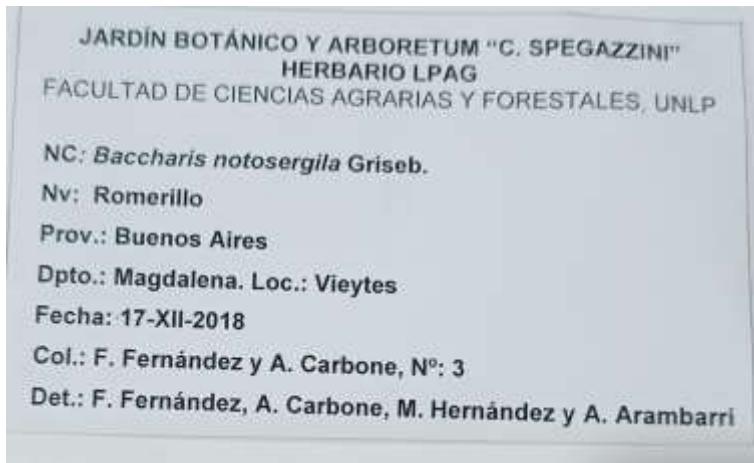


Figura 6.2 Detalle de la etiqueta identificatoria que se coloca en el margen inferior derecho del material vegetal herborizado

Las estructuras reproductivas como frutos y semillas que no estuviesen disponibles en el momento de la recolección del ejemplar pueden añadirse en una bolsa igualmente etiquetada y fija al ángulo inferior izquierdo de la hoja.

En estudios de campo es de mayor utilidad ordenar sistemáticamente el material vegetal por hábitats o comunidades. En caso de ser necesario, puede hacerse referencia a las especies relevadas sobre mapas de vegetación o transectas.

6.3 Técnicas de observación y toma de datos

Para estudiar la dinámica de poblaciones o la conformación de las diferentes comunidades vegetales en una zona determinada, es importante relevar los organismos presentes y su distribución en el tiempo y el espacio. Esto supone la determinación, identificación y recuento de los organismos en numerosas ocasiones a lo largo del año debiendo localizar sobre mapas los límites de las áreas a relevar.

El trazado de transectas se utiliza frecuentemente cuando hay una transición clara o definida de la flora y la fauna en una zona determinada. Debe elegirse con mucho cuidado el trazado de dicha línea, eligiendo en primera instancia aquellos lugares donde hay muchos cambios evidentes a primera vista. La línea se señalará en el suelo con un cordón o cinta de plástico, acompañada de su demarcación en el mapa correspondiente.

Las transectas a lo largo de un perfil es muy utilizada para efectuar el registro de plantas que aparecen a lo largo de la línea junto con cambios de nivel que experimente el terreno. Para una transecta corta, los cambios de nivel pueden determinarse mediante el uso de cinta métrica y estacas o palos graduados. Los organismos vegetales presentes se relevan cada 10 cm y los cambios de nivel cada 30 cm, o menores en caso de variaciones abruptas. Se registra la planta presente más cercana al punto en que se ha de hacer la observación, junto con el dato de su altura. Los datos relevados se anotarán en la libreta de campo, siendo conveniente colocar el nombre científico a los nombres vulgares.

El trazado de una transecta a lo largo de un perfil deberá acompañarse de un inventario de especies. Es importante remarcar que las plantas se tornan más conspicuas cuando están en su período reproductivo respecto al estado vegetativo. La disposición de los organismos en la comunidad también puede afectar a la conspicuidad, dado que una especie que está uniformemente distribuida no llama mucho la atención y se vuelve más vistosa cuando se agrupa formando macizos.

Otra técnica de observación muy utilizada es la demarcación de parcelas o histogramas de una transecta en bandas que permite registrar la composición florística de la zona demarcada que debe tener como mínimo de 0,5 a 1 metro de lado. En esta superficie delimitada se debe relevar cada una de las especies presentes con la mayor precisión posible. Dependiendo del propósito de estudio con determinar la presencia o ausencia de una especie resulta significativo cuando se lo vincula o relaciona con algunos factores ambientales tales como salinidad o encharcamiento prolongado. La elección de la zona de la demarcación debe ser cuidadosa y representativa, ya que de no ser así

podrían quedar sin relevar especies. Estos relevamientos o censos florísticos deben efectuarse con periodicidad cubriendo todas las estaciones del año contemplando las variables ambientales imperantes.

La toma de datos mediante el trazado de transectas o demarcación de parcelas pueden no abarcar toda la información necesaria para la total comprensión de la distribución de las especies vegetales en una zona. Para tener un completo conocimiento de la zona a estudiar se debe preparar un inventario de especies con su correspondiente evaluación de frecuencias. El inventario consiste en la confección de un listado con todos los organismos registrados en la zona de estudio. Estos deben dividirse en grupos afines o funcionales, como por ejemplo: gramíneas de crecimiento otoño, invierno, primavera (OIP) anuales (con metabolismo C3 anuales, grupo 1), gramíneas OIP perennes (metabolismo C3 perennes, grupo 2), gramíneas de crecimiento primavera, verano, otoño (PVO) anuales (metabolismo C4 anuales, grupo 3), gramíneas PVO perennes (metabolismo C4 perennes, grupo 4), dicotiledóneas no leguminosas (grupo 5), monocotiledóneas no gramíneas (grupo 6) y leguminosas (grupo 7).

Una vez confeccionado el inventario, se procederá a la evaluación de frecuencias para cada especie.

Una vez realizado el inventario de las especies presentes en la zona delimitada y en las diferentes estaciones del año se procede al cálculo de diversos índices de relevancia para el estudio de las dinámicas poblacionales y de las comunidades vegetales presentes, como ser:

- Porcentaje de cobertura vegetal total (%CT);
- Porcentaje de suelo desnudo (%SD);
- Porcentaje de broza (%B);
- Riqueza florística (R), que es el número de especies totales que se encontró en cada parcela.
- El índice H de Shannon-Weaver (Shannon & Weaver, 1949) se obtiene utilizando los datos de cobertura específica obtenidos en los censos florísticos y se define como:

$$H = - \sum p_i \ln p_i$$

donde p_i = cobertura proporcional de la especie i -ésima (desde $i = 1$ hasta $i = n$).

El índice H se expresa con un número positivo. En la mayoría de los ecosistemas naturales varía entre 0,5 y 5, aunque su valor normal está entre 2 y 3. Valores inferiores a 2 se corresponde a ambientes bajos en diversidad y superiores a 3 son altos en diversidad de especies. Este índice H refleja la heterogeneidad de una comunidad vegetal sobre la base de dos factores: el número de especies presentes y su abundancia relativa. La ventaja de su uso es que no es necesario identificar las especies presentes; basta con poder distinguir unas de otras para realizar el recuento de individuos de cada una de ellas y el recuento total (Pla, 2006). Una vez descripta la metodología de estudio de la vegetación a continuación se presentan resultados de las determinaciones efectuadas en el Establecimiento El Amanecer durante los últimos años con el objetivo de analizar las

comunidades vegetales y determinar la preponderancia de alguna/s especies que afecten la productividad del pastizal natural.

6.4 Caracterización de la vegetación natural en los establecimientos El Amanecer y Don Joaquín

Los establecimientos El Amanecer y Don Joaquín (UNLP) se encuentran en la región denominada Pampa Deprimida, en el centro este de la región pampeana argentina (Figura 6.3). Es la principal zona ganadera bovina del país donde se produce más de la mitad del stock ganadero de terneros destinados a engorde (INTA, 2015; IPCVA, 2019) donde se articulan los pastizales, de buena calidad forrajera y de producción no estacional, con los requerimientos nutricionales del ganado de cría vacuna que permite obtener terneros con alta eficiencia en el uso de la energía fósil (Cahuepé *et al.*, 1982).

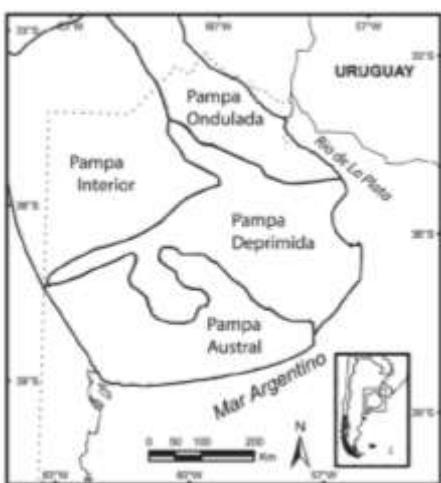


Figura 6.3 La región pampeana y sus sub-regiones en la provincia de Buenos Aires (adaptado de Chaneton, 2006)

Los sistemas de cría de estos establecimientos utilizan al pastizal natural como principal recurso forrajero. A partir de diferentes relevamientos fitosociológicos, llevados a cabo en diferentes áreas de la región, se realizaron estudios donde relacionaron las comunidades naturales, los suelos y la topografía y permitieron sintetizar cuatro grandes unidades de vegetación: la pradera de mesófitas (PM), pradera húmeda de mesófitas (PHM), pradera de hidrófitas (PH) y estepa de halófitas (EH) (Figura 6.4). Fueron definidas según la posición que ocupa en la toposecuencia del

relieve teniendo en cuenta las especies presentes, el régimen hídrico y a dos rasgos edáficos que hacen a las principales limitantes de los suelos en la región: el hidromorfismo y la salinidad/alcalinidad. Su distribución en el paisaje es heterogénea y la proporción que representa cada una respecto a la superficie total del pastizal es variable (Perelman et al., 2001; Burkart et al., 2005).

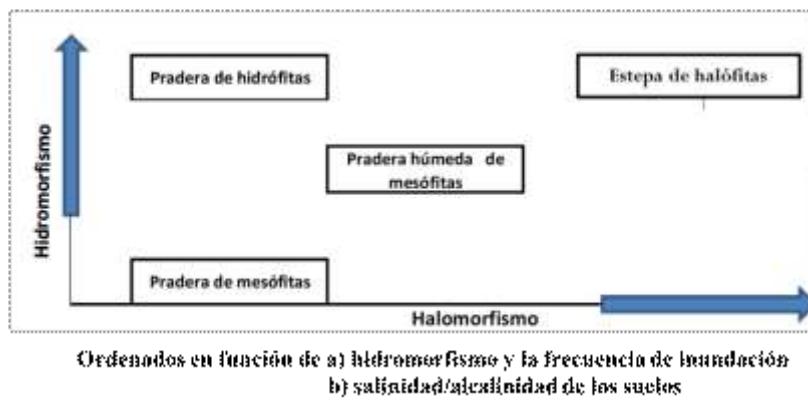


Figura 6.4 Factores edáficos que determinan las distintas comunidades vegetales. Adaptado de Burkart et al., (2005)

1. **Pradera de mesófitas (PM):** se encuentra en las lomas con suelos profundos, con buen drenaje, que no se inundan y sin limitaciones por alcalinidad o salinidad en todo su perfil. Este ambiente ha sido remplazado casi en su totalidad por la agricultura o pasturas implantadas y ocupa un 42% de la superficie total de la Pampa Deprimida. Es una comunidad altamente productiva, de alta calidad forrajera por la presencia de pastos C3 de crecimiento otoño-invierno-primaveral (OIP), y C4 de crecimiento primavero-estivo-otoñal (PVO). Este tipo de vegetación determina que esta comunidad produzca todo el año (Tabla 6.1).

Tabla 6.1 Principales especies y sus ciclos de crecimiento (OIP: otoño, invierno, primavera; PVO: primavera, verano, otoño) de la comunidad Pradera de mesófitas

Nombre científico	Nombre común	Ciclo de crecimiento
<i>Bromus unioloides</i>	Cebadilla criolla	OIP anual
<i>Nasella neesiana</i>	Flechilla brava	OIP perenne
<i>Piptochaetium bicolor</i>		
<i>Bothriocloa laguroides</i>	Plumerillo o penacho blanco	
<i>Paspalum dilatatum</i>	Pasto miel	
<i>Setaria geniculata</i>	Cola de zorro	PVO perenne

2. Pradera húmeda de mesófitas (PHM): corresponde al ambiente de la media loma, se ubica en posiciones planas y extendidas, puede presentar limitaciones de drenaje y rasgos de sodicidad y/o alcalinidad en horizontes subsuperficiales. El horizonte superficial tiene buen contenido de materia orgánica, no es alcalino ni salino y suele tener de 15 a 20 cm de profundidad. Le sigue un horizonte sub-superficial con alto contenido de arcillas, prácticamente impermeable, alcalino y/o con mayor contenido de sales. En estos ambientes suelen ocurrir anegamientos o saturación hídrica del suelo durante el invierno y principios de primavera y ocupan el 30% de la superficie de la Pampa Deprimida. Si bien en estos sitios no hay salinidad ni alcalinidad en superficie, las sales del horizonte sub-superficial pueden ascender si el suelo queda con poca cobertura vegetal debido al sobrepastoreo, aplicaciones de herbicidas o a labores mecánicas. La productividad de esta comunidad es buena en cantidad y calidad forrajera. También se encuentran gramíneas C3 (OIP) y C4 (PVO) por lo tanto esta comunidad también produce todo el año (Tabla 6.2).

Tabla 6.2 Principales especies y sus ciclos de crecimiento (OIP: otoño, invierno, primavera; PVO: primavera, verano, otoño) de la comunidad Pradera húmeda de mesófitas

Nombre científico	Nombre común	Ciclo de crecimiento
<i>Bromus mollis</i>	Cebadilla peluda	
<i>Lolium multiflorum</i>	Raigrás criollo	OIP anual
<i>Gaudinia fragilis</i>		
<i>Nasella papposa</i>	Flechilla mansa	
<i>Piptochaetium bicolor</i>		OIP perenne
<i>Adesmia bicolor</i>	Babosita	
<i>Paspalum dilatatum</i>	Pasto miel	
<i>Setaria geniculata</i>	Cola de zorro	
<i>Stenotaphrum secundatum</i>	Pasto colchón	PVO perenne
<i>Lotus tenuis</i>	Trébol de cuernitos	
<i>Baccharis notosergila</i>	Rama negra	
<i>Cirsium vulgare</i>	Cardo negro	OIP anual o bianual

3. Pradera de hidrófitas (PH): ocupa suelos con mayores problemas de drenaje, pero sin rasgos de sodicidad superficial y poseen un horizonte orgánico por sedimentación de poco espesor, pero rico en nutrientes y con reacción ácida (bajos dulces). Se presenta en forma de cubetas en las que permanecen decenas de centímetros de agua en superficie por largos períodos, todos los años. Además, se la encuentra alrededor de cuerpos de agua permanentes de totorales o juncales. Abarca el 6% de la superficie de la Pampa Deprimida. Dominan las especies de crecimiento estival (C4), con buena productividad y calidad forrajera (Tabla 6.3).

Tabla 6.3 Principales especies y sus ciclos de crecimiento (PVO: primavera, verano, otoño) de la comunidad pradera de hidrófitas

Especie	Nombre común	Ciclo de crecimiento
<i>Leersia hexandra</i>	Arrocillo	
<i>Glyceria multiflora</i>	Cebadilla de agua	
<i>Echinochloa helodes</i>	Lagunilla	PVO perenne
<i>Paspalidium paludivagum</i>	Canutillo	

4. Estepa de halófitas (EH): conocida como bajos alcalinos, se caracteriza por no tener un horizonte orgánico superficial y por la falta de estructura debido a la presencia de sodio; registra limitaciones por alcalinidad y/o salinidad en superficie e intercalan, según la estación del año, déficits hídricos y problemas de anegamiento. Generalmente en zonas planas, que forman manchones o grandes anillos circundando los bajos dulces. La vegetación es escasa y la más representativa es de tipo halófita, las especies son en su mayoría de ciclo estival C4 (Tabla 6.4), de escasa productividad y bajo valor forrajero. Ocupa un 16% de la superficie total de la Pampa Deprimida.

Tabla 6.4 Principales especies y sus ciclos de crecimiento (OIP: otoño, invierno, primavera; PVO: primavera, verano, otoño) de la comunidad estepa de halófitas

Nombre científico	Nombre común	Ciclo de crecimiento
<i>Distichlis spicata</i>	Pelo de chancho	
<i>Distichlis scoparia</i>	Pelo de chancho	
<i>Stapfochloa berroi</i>		PVO perenne
<i>Hordeum pusillum</i>	Centenillo	
<i>Hordeum stenostachys</i>	Centenillo	
<i>Nesella papposa</i>	Flechilla mansa	OIP perenne

6.5 Caracterización de la vegetación en el establecimiento El Amanecer

El establecimiento El Amanecer se encuentra ubicado en el partido de Magdalena, zona conocida como Pampa Deprimida en la zona centro este de la provincia de Buenos Aires. Esta subregión presenta relieve casi plano, pendientes menores al 3%, predominancia de suelos salinos y/o alcalinos con drenaje deficiente. Las características edáficas fueron definidas en capítulos anteriores

siendo limitantes para la implantación de cereales y oleaginosas para cosecha, por lo cual el 80% de la superficie del establecimiento no se cultiva, manteniendo su vegetación natural o semi-natural. La superficie restante es ocupada por promociones de especies invernales y pasturas base festuca.

La vegetación corresponde a pastizales naturales, que se utilizan para la cría de ganado vacuno fundamentalmente. En dicha región se pueden distinguir ambientes diversos determinados por la posición topográfica y el tipo de suelo, conformando un mosaico florístico constituido por tres comunidades vegetales potenciales (Burkart et al., 2005) principales definida su ocupación superficial por Vecchio (2006) (Figura 6.5).

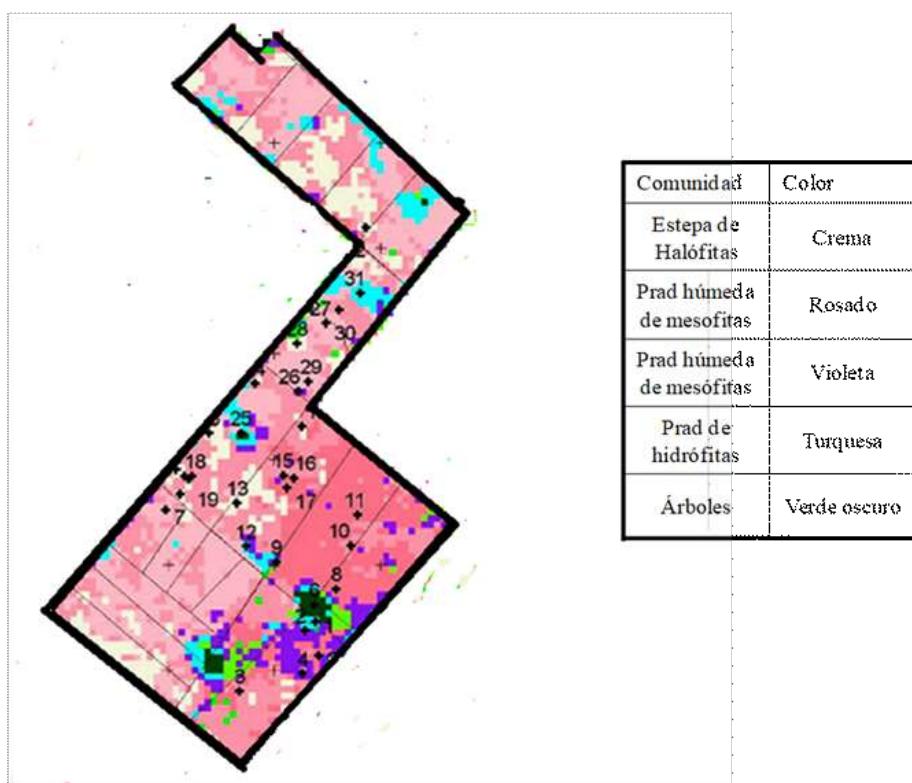


Figura 6.5 Mapa de comunidades de El Amanecer.

En la Figura 6.5 cada color corresponde a una clase caracterizado por su dinámica anual del índice verde. A su vez cada clase se asocia a una comunidad vegetal. Áreas cremas: *estepa de halófitas*, áreas rosadas y violetas: *pradera húmeda de mesófitas*, áreas turquesas: *pradera de hidrófitas* y verde: *árboles*. La pradera húmeda de mesófitas, con aproximadamente el 70 % de superficie, habita las áreas planas y extendidas, o las depresiones ligeras en las que el drenaje tiene algunas limitaciones y en donde existen rasgos de acumulación de sodio en horizontes subsuperficiales. La pradera de hidrófitas con el 15 % de superficie, ocupa los suelos con mayores problemas de drenaje, pero sin rasgos de sodicidad superficial o sub-superficial; y la estepa de

halófitas que representan un 15 % de la superficie se desarrolla en los suelos con altos niveles de salinidad y sodicidad desde la superficie o muy cerca de ésta.

La zona cuenta con una historia productiva de pastoreo continuo, sin pautas racionales de manejo, lo que produjo la degradación del pastizal natural (Agnusdei, 1991) con la consecuente abundancia de especies invasoras que se convirtieron en malezas. Esta aparición de malezas ocasionaron una disminución cuali-cuantitativa de la oferta de forraje (Sturges, 1986) siendo el enmalezamiento un importante indicador agroecológico de deterioro (Sabattini et al., 1999) constituyendo un grave problema en los sistemas productivos, implicando el sub-uso y mal manejo de los recursos (Sabattini et al., 2002).

En este sentido, las comunidades arbustivas producen una fuerte competencia por recursos como el agua, nutrientes y luz con las especies de valor forrajero del pastizal natural, a la vez que reducen con su cobertura la superficie accesible al pastoreo, generando un proceso creciente de degradación que normalmente concluye con una baja productividad y receptividad de estos ambientes (Sione et al., 2006).

Efectuando un control eficiente de las malezas se puede mejorar la oferta de forraje tanto en cantidad como calidad, además de prolongar la vida útil del recurso y lograr una mayor producción de forraje en momentos críticos y estratégicos (Hidalgo y Cauhépé, 1987). Este manejo adecuado de malezas impacta fuertemente en el aumento de la producción de carne, favoreciendo o promoviendo el semillado de aquellas especies naturales de alto valor zootécnico (Hidalgo y Cauhépé, 1987).

6.5.1 ¿A qué nos referimos cuando hablamos de malezas?

El concepto de malezas está referido a “cada una de las especies vegetales que invaden los cultivos y son difíciles de eliminar”, pero es necesario ampliar esta definición haciendo referencia que “se trata de plantas que llegan a ser perjudiciales o indeseables en determinado lugar y en cierto tiempo” (Marzocca et al., 1976). Con frecuencia, las especies que se comportan como malezas resisten mejor que las plantas cultivadas ciertos factores adversos, como los climáticos, edáficos e incluso los de orden biológico. Frecuentemente, son más resistentes a determinados agentes patógenos que las plantas cultivadas e incluso, inmunes a ellos (Baker, 1974).

Numerosas malezas poseen órganos vegetativos de propagación, tales como rizomas, estolones, bulbos, xilopodios, etc. que les permite invadir los campos con rapidez; comportándose de manera más vigorosa que las plantas cultivadas, desplazándolas y ahogándolas. Ejercen una fuerte competencia por la luz, el espacio y los nutrientes. Producen semillas maduras que caen antes o maduran al mismo tiempo que las del cultivo y normalmente son muy difíciles de separar en las trilladoras comunes. Algunas malezas producen semillas que cuentan con órganos de diseminación

muy especializados que aseguran su dispersión a zonas alejadas de su ubicación original. Cuando esto ocurre, el número de semillas que producen es tan elevado que la descendencia queda siempre asegurada, manteniendo la capacidad de conservar su poder germinativo durante muchos años (Zimdahl, 1993).

La introducción y la intensa adopción de nuevas alternativas en el manejo integrado de las malezas (MIP) a menudo producen cambios en la composición de especies que integran el agroecosistema, con la aparición de biotipos o poblaciones de malezas desde susceptibles a otras más tolerantes a herbicidas (Tuesca et al., 2001; Culpepper et al., 2004). Estos cambios se pueden observar tanto bajo la acción de control químico como de otras alternativas de manejo cultural (Aldrich y Kremer, 1997; Marshall et al., 2003; Tuesca et al. 2001; Culpepper et al., 2004). Los cambios poblacionales ocurren de manera más rápida en respuesta a la presión ejercida por el control químico que a la selección de poblaciones resistentes (Shaner, 2000).

6.5.1.1 El caso de *Baccharis notosergila* “rama negra”

En el Establecimiento El Amanecer fue observada elevada preponderancia de la especie *Baccharis notosergila* Griseb. (Familia Asteraceae = Compositae) conocida como “rama negra”. Es una especie que posee hábito arbustivo dioica con tallos que tienen la particularidad de presentar yemas basales donde se emiten brotes al retornar la época de crecimiento junto con las yemas ubicadas en las ramas superiores. La inflorescencia es un capítulo solitario en el extremo de ramitas cortas y el fruto es una cipsela pequeña (Cabral, 1963). Esta especie comienza su crecimiento vegetativo entre los meses de agosto y septiembre, presentando brotes con pequeñas hojas oval lanceoladas. Su fase reproductiva es hacia fines del verano donde se produce la floración y posterior fructificación. Vegeta un breve período, para luego entrar en latencia a lo largo de la época fría, en la cual es común observar sus ramitas secas (Pensiero et al., 2013). Las semillas son dispersadas por el viento y los animales facilitando y favoreciendo su dispersión a otras zonas.

Su hábitat es el clima templado húmedo que caracteriza al litoral de nuestro país llegando hasta el sur de la Depresión del Salado (provincia de Buenos Aires). Se la puede observar en las praderas húmedas de mesófitas, no tolerando condiciones de anegamiento, pero se adapta muy bien a las texturas finas de estos ambientes. Prolifera de forma agresiva, cuando estos ambientes son sometidos a condiciones de sobre pastoreo o labranzas de suelos intensas, colonizando y ejerciendo una presión negativa sobre el resto de las especies que componen el pastizal, formando lo que en la zona del litoral se conoce como "chilcales" (poblaciones muy densas de *B. notosergila* y algunas otras especies del mismo género).

Marchesini (2013) informó que en los establecimientos ganaderos donde hay presencia de *B. notosergila* se minimiza significativamente la producción de forraje disminuyendo la receptividad en relación directa con el grado de invasión presente. Este autor señaló que la rama negra restringe la cantidad y calidad de las especies forrajeras, descendiendo a cero en situaciones de muy alta densidad de chilcas, puesto que no sólo incide la competencia por nutrientes, sino que también la

falta de luz por sombreo. En estas condiciones se dispone entonces de un potrero totalmente inutilizado e improductivo.

Marchesini (2013) informó que la producción de carne en campos enmalezados, ronda los 25 kg.ha⁻¹.año⁻¹; mientras que de aplicarse algunas técnicas de mejoramiento y manejo se pueden alcanzar niveles de alrededor de los 90-95 kg.ha⁻¹.año⁻¹.

Jalil (2013) informó que la arbustización provocada por *B. notosergila* en establecimientos ubicados en el partido de Magdalena produce efectos negativos sobre la estructura (composición florística) y el funcionamiento (productividad) del pastizal natural.

Jalil (2013) evaluó la respuesta de diferentes mezclas de herbicidas aplicados al principio y hacia fines de verano en dos establecimientos de la pampa deprimida con poblaciones naturales de *B. notosergila*. Los tratamientos que evaluó fueron una mezcla compuesta por los herbicidas hormonales 2,4-D (éster-butírico) y Picloram (dosis de 1500 cm³ y 2600 cm³/ha, respectivamente), y otra mezcla conteniendo Metsulfurón metil (inhibidor de la enzima ALS: polvo mojable 60%) y Picloram (dosis de 10 gr y 600 cm³/ha, respectivamente). Los resultados que observó para ambos establecimientos y momentos de aplicación indicaron que la mezcla compuesta por los herbicidas hormonales produjo significativamente mayores porcentajes de daño o control que la mezcla de Metsulfuron Metil + Picloram. No informó diferencias significativas de daño en cuanto a la fecha de aplicación de los herbicidas. Si bien el control observado fue óptimo en el momento del ensayo, los mismos no arrojaron buenos resultados a futuro, dado que tres años más tarde, la parcela donde se había realizado el experimento evidenció una elevada cantidad de matas arbustivas de *B. notosergila*.

Sabattini et al. (2014) evaluaron la respuesta del desarbustado mecánico con motoguadaña en un monte nativo natural sometido a pastoreo en un establecimiento agropecuario mixto en Villaguay (Entre Ríos) con diferentes niveles de enmalezamiento con especies arbustivas. Dichos autores indicaron que en las áreas desarbustadas se evidenció una tendencia favorable en la composición del pastizal, registrándose una importante reducción de especies arbustivas, mientras que en las áreas sin desarbustar, si bien las especies forrajeras incrementaron su abundancia-cobertura, las no forrajeras (en especial *Baccharis punctulata* y *Melica macra*) mantuvieron valores similares a los registrados inicialmente. Estos autores señalaron que el desarbustado mecánico evidenció una mayor eficiencia al aplicarse en áreas con bajo enmalezamiento inicial, sin embargo, concluyeron que la realización de un único desarbustado resulta insuficiente para el control de *B. punctulata* y *M. macra*, requiriéndose un ciclo de desarbustados cuya frecuencia dependerá de cada caso en particular. Asimismo, señalaron que pasados dos años desde el desarbustado se produjo una reinfestación con las especies arbustivas respecto a la situación inicial (Sabattini et al., 2012).

Con la información previa disponible referida al control de *B. notosergila* en campos productivos de la Pampa Deprimida y en función de la alta incidencia poblacional de esta especie en los pastizales naturales del establecimiento El Amanecer, se planificó un ensayo experimental a campo

para evaluar la eficacia de diversos tratamientos, químicos, culturales y consociados, como posible estrategia de control de sus poblaciones.

6.5.1.1.1 Ensayo experimental

Fueron evaluados los mismos herbicidas probados por Jalil (2013), pero en distintas dosis y con el agregado del factor mecánico (con/sin corte previo). Se propuso incorporar el factor mecánico solo y consociado con el control químico, para evaluar si tiene efecto sobre el control poblacional de *B. notosergila* presente en el establecimiento El Amanecer.

Para tal fin, fueron demarcadas parcelas demostrativas de 9 m². en un lote clausura con alta densidad poblacional de *B. notosergila* para efectuar un seguimiento de la dinámica poblacional y control de esta maleza ante diferentes situaciones de control mecánico con motoguadaña - desmalezadora y/o químico. Dichas observaciones permitieron realizar estudios preliminares de tecnologías que posibiliten indagar en posibles estrategias futuras de manejo para controlar las poblaciones de *B. notosergila* en establecimientos ganaderos de la zona bajo estudio.

Los tratamientos (T) que se realizaron fueron:

T1: Mezcla de 2,4D (amina) "Asimax 50" marca comercial Chemotecnica y Picloram (concentrado soluble al 24%) "Tordón 24K" marca comercial Dow. Dosis: 1000 y 624 g i.a./ha, respectivamente. Agregado de corrector de pH (500 ml/ha).

T2: Desmalezado y posterior aplicación a los 78 días con una mezcla de 2,4D (amina) "Asimax 50" marca comercial Chemotecnica y Picloram (concentrado soluble al 24%) "Tordón 24K" marca comercial Dow. Dosis: 1000 y 624 g i.a./ha, respectivamente. Agregado de corrector de pH (500 ml/ha).

T3: Mezcla de 2,4D (amina) "Asimax 50" marca comercial Chemotecnica y Metsulfuron metil (polvo mojable al 60%) "60 DVA" marca comercial DVA Agro. Dosis: 1000 y 4,2 g i.a./ha, respectivamente. Agregado de corrector de pH (500 ml/ha).

T4: Desmalezado y posterior aplicación a los 78 días con una mezcla de 2,4D (amina) "Asimax 50" marca comercial Chemotecnica y Metsulfuron metil (polvo mojable al 60%) "60 DVA" marca comercial DVA Agro. Dosis: 1000 y 4,2 g i.a./ha, respectivamente. Agregado de corrector de pH (500 ml/ha).

T5: Testigo (sin aplicación de fitosanitario). Aplicación de agua con el agregado de corrector de pH (500 ml/ha).

T6: Testigo Desmalezado (sin aplicación de fitosanitarios). Aplicación a los 78 días de agua con el agregado de corrector de pH (500 ml/ha).

Los Tratamientos 1 y 3 y de agua (T5) fueron realizadas el 04/01/2017. En esa fecha se efectuó el desmalezado en las parcelas correspondientes a T2, T4 y T6. A los 78 días de efectuado el desmalezado se aplicaron los fitosanitarios (T2 y T4) y de agua (T6).

Se realizaron observaciones visuales, fotográficas y censos fitosociológicos por el método de Braun Blanquet (1950) en los meses de enero, marzo, mayo y septiembre, determinando:

- Número y Porcentaje de especies presentes
- Porcentaje de Cobertura total verde (% CT)
- Porcentaje de suelo desnudo (%SD)
- Porcentaje de broza (%B)
- Indice de Shannon-Weaver (H)

Las observaciones y censos realizados permitieron conocer la estructura y dinámica de las unidades demostrativas para identificar el grado de eficacia de los tratamientos culturales y químicos.

Los datos obtenidos demostraron que el %CT aumenta en todos los tratamientos, excepto en T1 y T3 donde disminuye, y en T6 los valores se mantienen constantes.

En aquellos T donde se efectuaron controles químicos y culturales + químicos, la presencia de *B. notosergila* disminuye respecto a los valores iniciales o se mantiene igual.

En T5 y T6 se registraron incrementos en el porcentaje de *B. notosergila* respecto al valor inicial, indicando que los tratamientos de control químico y mecánico, solos y/o consociados resultaron ser eficaces para disminuir la presencia de esta especie.

El número de especies totales disminuye excepto en T1, T4 y T5 siendo estos incrementos de valores absolutos bajos. El control químico y la aplicación conjunta del control químico y mecánico no afecta en mayor grado la diversidad de especies en las zonas evaluadas.

Los tratamientos con control químico y aquellos donde se realizó control cultural más químico, produjo disminución del índice H a excepción del tratamiento 1. Estos resultados indican un efecto supresor del número de especies totales, y en consecuencia de índice H.

En T5 se observó incremento de H, mientras que T6 manifestó disminución en la heterogeneidad de la comunidad vegetal. Esto indicaría que la práctica del control mecánico no resultó eficaz para el control de las poblaciones de *Baccharis sp.* pero, sin embargo, disminuye notoriamente la diversidad de poblaciones y su abundancia relativa.

Los resultados obtenidos en este ensayo indicaron que los tratamientos de control químico y la combinación de control mecánico y químico, resultaron ser efectivos para disminuir el porcentaje de *B. notosergila* presentes en las parcelas demostrativas.

El T de aplicación de 2,4- D + Metsufuron metil fue el que mostró mayor disminución absoluta de porcentaje de *B. notosergila* a través del tiempo.

El desmalezado mecánico y la posterior aplicación 2,4-D + Metsulfuron metil indicó una respuesta errática en el porcentaje de *B. notosergila*.

El incremento observado en el porcentaje de *B. notosergila* en la primavera, podría deberse al rebrote y aparición de nuevas ramificaciones aéreas, producto de la actividad de las yemas ubicadas en la base del xilopodio, como fue observado en otras especies invasivas (Nisensohn et al., 2007; Cortés y Venier, 2012; Carbone, 2015).

T5 y T6 registraron aumentos del porcentaje de *B. notosergila*. Aquellos tratamientos donde no fue realizado desmalezado manifestaron suba en la presencia de *B. notosergila*, acompañado de una disminución del número de especies. Esta respuesta indica una prevalencia o predominancia de las poblaciones de *B. notosergila* con la consecuente merma en la presencia de otras especies que ven afectada su supervivencia.

La aplicación de 2,4-D + Metsulfuron mantuvo estable el %CT disminuyendo el número de especies y el índice H. En T4 se registraron bajos incrementos en el %CT, sin cambios destacables en el número de especies presentes a través del tiempo. En T5 se observó aumento en el %CT manteniendo casi constante el número de especies mientras que en T6 no se manifestaron cambios en el %CT.

La heterogeneidad de una comunidad vegetal expresada a través de H mostró que dicho parámetro descendió en los tratamientos de control químico y en aquellos donde se combinó control químico y control mecánico El T4 fue el que menor disminución del índice H produjo. El T6 también redujo el valor de H, mientras que T5 fue el único que incrementó este índice. Se podría inferir que el desmalezado favorecería la disminución de la diversidad de la comunidad vegetal, no constituyendo una práctica efectiva para controlar las poblaciones existentes de *B. notosergila* en las parcelas experimentales.

En conclusión, los tratamientos químicos y la combinación de éstos con prácticas de desmalezado resultaron ser eficaces para disminuir la presencia de *B. notosergila* en lapsos de tiempo corto, aunque sin resultados evidentes de control en la estación de crecimiento siguiente. A largo plazo las poblaciones de *B. notosergila* vuelven a tomar relevancia y predominancia sobre las otras especies presentes en las parcelas experimentales, tal como fue observado por Fernández (2016). Estos resultados coinciden con lo informado por Jalil (2013) quien señaló que las aplicaciones de las mezclas de herbicidas en dos momentos diferentes (inicio y finales del verano), y en dos establecimientos, afectó el crecimiento y desarrollo de las poblaciones de *B. notosergila*. Este autor señaló que la mezcla compuesta por los herbicidas hormonales 2,4-D + Picloram resultó ser más efectiva para el control poblacional de *B. notosergila* pero atribuye dicho éxito a las condiciones edáficas del suelo con un pH débilmente ácido, lo que acortaría o reduciría el período de residualidad y de actividad fitotóxica del Metsulfuron metil (Sahid y Quirinus, 1997).

Resulta importante resaltar que los tratamientos testigos (con y sin desmalezado) aumentaron el porcentaje de *B. notosergila*, disminuyendo el número de especies y en consecuencia el valor del índice H. La diversidad de especies en las parcelas disminuyó cuando no se realizó control químico ni mecánico, indicando que dichas prácticas son un mecanismo viable de control de las poblaciones de *B. notosergila* que deben ser consociadas con otras prácticas de manejo (Urdampilleta, 2019).

6.5.1.1.2 Estudio morfo-anatómico del órgano subterráneo de *B. notosergila* como estructura de perpetuidad de la especie

Para la realización del estudio morfológico y anatómico de la estructura subterránea se descalzaron plantas de *B. notosergila* con el fin de realizar evaluaciones visuales y determinar la presencia de posibles rebrotes.

Un ejemplar completo de la especie fue herborizado y depositado en el herbario LPAG (FCAyF, UNLP), mientras que el resto del material fue acondicionado convenientemente, lavado con agua destilada y fijado en FAA (formol, agua destilada, ácido acético y alcohol etílico; 100:350:50:500 V/V/V/V).

Fueron aplicadas diferentes técnicas histológicas por medio de las cuales se obtuvieron preparados semipermanentes de raíces, los que fueron observados y analizados bajo microscopio óptico. Los cortes transversales de raíz se efectuaron a mano alzada en distintas zonas de la misma (raicillas laterales, raíz principal, zonas engrosadas y zona cercana al cuello o xilopodio) de uno a dos mm de diámetro. Se seleccionaron los cortes más delgados, los cuales fueron decolorados con hipoclorito de sodio al 50% y posteriormente montados en gelatina glicerina coloreada con safranina alcohólica.

La vista general de la raíz principal pivotante se observa en la Figura 6.6 y el corte transversal de la raíz principal con los tejidos se presenta en la Figura 6.7.

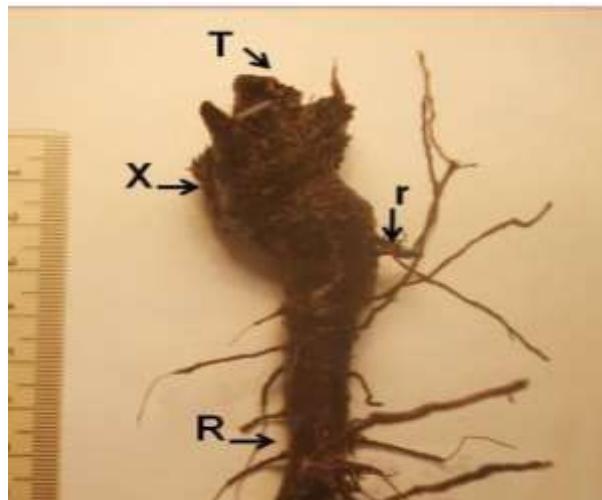


Figura 6.6 Vista general de la raíz principal pivotante (R) formando con las raíces secundarias (r) un profuso sistema radical. Las raíces secundarias superficiales (r) se comportan como raíces gemíferas. El engrosamiento que se observa sobre la raíz principal constituye el Xilopodio (X), que conecta con el tallo aéreo (T)

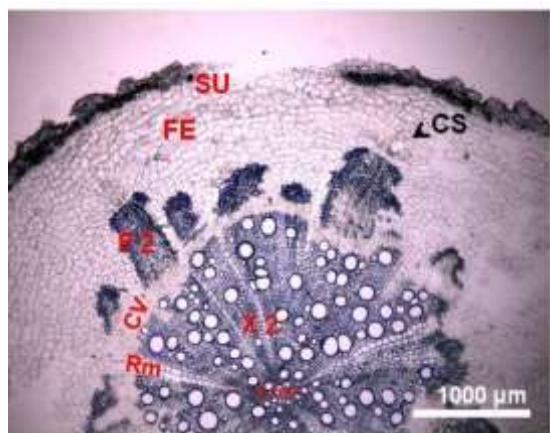


Figura 6.7 Vista general y corte transversal de raíz principal con los tejidos: en el centro el xilema primario (x1rio); xilema secundario (X2) con amplios radios medulares (Rm) que se continúan en el Floema secundario (F2), el cual presenta abundantes fibras. Entre el X2 y F2 la zona de Cambium Vascular (CV). Externo a los grupos de floema secundario mayores se ubica un conducto esquizógeno secretor (cs, punta de flecha). Corteza secundaria formada por parénquima y felodermis (FE), felógeno y súber periférico (SU)

En la Figura 6.8 se observa el corte transversal de una raíz secundaria de crecimiento horizontal y superficial con crecimiento secundario y la salida de una ramificación lateral.

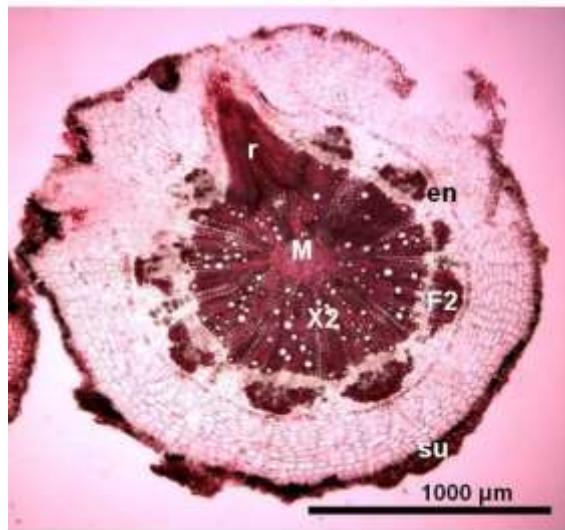


Figura 6.8 El corte transversal de una raíz secundaria de crecimiento horizontal y superficial, donde se observa la médula lignificada (M), rodeada por el xilema secundario (X2) y éste separado por el cambium vascular del floema secundario (F2), el conjunto rodeado por la endodermis (en). Externamente la corteza secundaria o peridermis. Se observa la salida de una ramificación de la raíz endógena, coincidiendo con el parénquima del radio medular (r)

En la Figura 6.9 se presenta un corte longitudinal de la raíz secundaria de crecimiento horizontal superficial con la formación de yemas y la generación de primordios foliares que posibilitan el posterior rebrote de la especie.

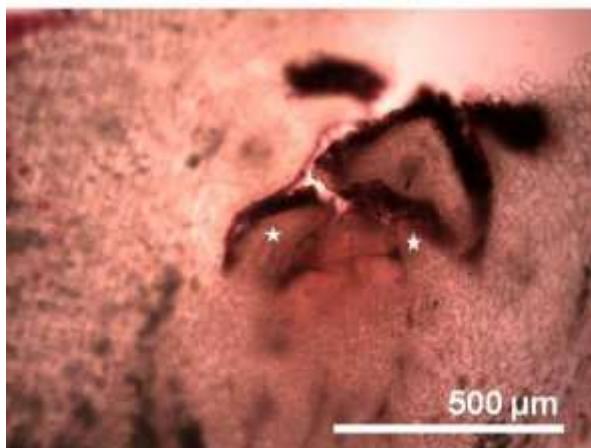


Figura 6.9 Corte longitudinal de raíz secundaria de crecimiento horizontal superficial, donde se muestra la formación de una yema, con primordios foliares y un detalle de los pelos en la epidermis de los primordios foliares

Las imágenes confirman que la estructura subterránea de *B. notosergila* se comporta como un órgano que confiere perennidad y supervivencia a la especie. La presencia de xiopodio con yemas adventicias y raíces gemíferas constituyen estrategias de escape al tratamiento químico como ha sido informado en otras especies invasoras que se comportan tolerantes a diversos herbicidas (Valverde y Gressel, 2006; Carbone, 2015). Este tipo de estructura subterránea le confiere a la especie la capacidad de generar brotes, tanto subterráneos como caulinares, que le permiten ir colonizando nuevas áreas. El rebrote y posterior crecimiento de ramificaciones aéreas se observó en las parcelas donde fueron realizados controles químicos y/o mecánicos indicando que dichas prácticas no fueron efectivas para el control a largo plazo de la especie bajo estudio. Este comportamiento fue observado en diferentes zonas del Establecimiento El Amanecer con elevado porcentaje de infestación.

El conocimiento de la estructura y funcionalidad del órgano subterráneo de *B. notosergila* indica que es necesario la incorporación de diversas prácticas de manejo a largo plazo para lograr un efectivo control poblacional de esta especie. Esto implicaría que no sólo se contemple el uso de fitosanitarios de diversos modos de acción, sino también la consociación con otras prácticas de manejo cultural y de control mecánico.

Estos resultados coinciden con lo informado por otros autores que trabajaron en establecimientos mixtos con diferentes niveles de infestación de especies arbustivas.

Sería una alternativa de control producir el desgaste del órgano subterráneo de *B. notosergila* y evitar en consecuencia el rebrote aéreo, sería indicado el pasaje de una rastra de disco o arado. Sin embargo, el mayor desafío que se presenta es la preservación del pastizal natural sin afectar la cobertura y la diversidad florística que presenta el mismo. La aplicación de un herbicida total como el glifosato, o el pasaje de una rastra o disco, posiblemente genere buen nivel de control sobre *B. notosergila* pero se vería seriamente afectado el recurso forrajero. La preservación del mismo es vital para mantener la diversidad de las comunidades vegetales dentro del establecimiento y el efecto sobre el pastizal sería negativo y muy probablemente también en el suelo.

El desafío es seguir en la búsqueda de nuevas alternativas de control de las poblaciones de *B. notosergila* a diferentes dosis de los principios activos estudiados en este primer ensayo e incorporar otros que no afecten las especies que componen el pastizal. Como referencia, se puede mencionar que en aquellos sectores del establecimiento El Amanecer donde se aplica glifosato se logró controlar *B. notosergila* pero afectando la riqueza de las especies que constituyen el pastizal, registrándose únicamente la presencia de *Lolium multiflorum* “raigrás anual”, *Gaudinia fragilis* y *Bromus mollis* “cebadilla peluda”. La implementación de esta práctica resulta en la “promoción de raigrás” ocasionando que la oferta forrajera o la Productividad Primaria Neta Aérea del recurso se concentre entre los meses de mayo a octubre, de modo tal que si se aplica esa práctica a todo el establecimiento se genera un déficit forrajero en el resto de los meses del año.

En consecuencia, los resultados obtenidos en este trabajo aportan información sobre el control de *B. notosergila* y genera nuevos interrogantes para evaluar cuál de todos los métodos (químicos, mecánicos, o consociados) resultan ser más convenientes y eficaces y que, además, representen el menor costo económico con el mayor beneficio para implementar en el establecimiento El Amanecer.

6.6 Caracterización de la vegetación en el Establecimiento Don Joaquín

El establecimiento Don Joaquín por su mejor capacidad de uso de suelo presenta su mayor superficie ocupada por recursos implantados (Capítulo 3). Dentro del sector ganadero se encuentra la influencia de un arroyo quedando manifiesta principalmente dos zonas, una por pradera de hidrófitas y otra referida al relieve de media loma cuya cobertura vegetal es generada por *Lolium arundinacea*, *Lotus tenuis*, *Paspalum dilatatum*, entre otras. Entre el verano de 2019 y otoño de 2020 se generó un estudio en un sitio clausura al pastoreo en la comunidad F (León, 1979) presente en el sector ganadero con vegetación natural. Se planteó como objetivos: caracterizar la estructura de la comunidad vegetal “F”; estimar la dinámica de crecimiento de la comunidad “F”, referida a los grupos funcionales que la componen, y de *Echinocloa helodes* en particular; y comparar metodologías de

estimación de la PPNA (productividad primaria neta aérea). Se realizaron censos florísticos mediante la adaptación del método fitosociológico de Braun Blanquet (1950) y se estimó la productividad primaria neta aérea (PPNA), mediante cortes e imágenes satelitales (Sentinel-2).

La cobertura vegetal total y la cobertura específica de *E. helodes*, otras gramíneas, Monocotiledóneas no gramíneas y Leguminosas no presentaron diferencias significativas entre las estaciones. La cobertura vegetal total promedio entre las dos estaciones fue 86%, la cobertura específica de *E. helodes* 35%, otras gramíneas 9%, Monocotiledóneas no gramíneas 22 % y Leguminosas 1%, dicotiledóneas no leguminosas 19%, broza 9% y suelo desnudo 6%.

La estimación de PPNA por corte fue de 4316 kgMS/ha y por imágenes satelitales de 2241 kgMS/ha durante el período de evaluación. Como puede observarse, la PPNA estimada con el método de corte registró valores de aproximadamente el doble respecto a la registrada con los sensores remotos. Esto nos señala la necesidad de la realización de futuros relevamientos para la obtención de los registros de PPNA por ambos métodos, para poder realizar el ajuste necesario de la información obtenida.

Referencias

- Acciari, H. y Chidichimo, H. (2005). *Ecophysiological response of Sorghum halepense populations to reduced rates of nicosulfuron*. Pesq. Agrop. Bras. Brasilia 40(6):451-457.
- Acosta, J.M.; Carbone, A. y Perreta, M. (2018). *Gomphrena perennis* L. En: Malezas e invasoras de la Argentina. Tomo III. Historia y Biología. Editores: Fernández, O.; Leguizamón, E. y Acciari, H. Serie Extensión Colección Ciencias y Tecnología. 1ra Ed. Ediuns, 813 p. Pp. 415-425.
- Agnusdei, M. (1991). *Análisis de gradientes de vegetación, suelo y uso en pastizales de áreas bajas de la Depresión del Salado*. Tesis M.Sc. Facultad de Ciencias Agrarias Universidad Nacional de Mar del Plata. 133 p.
- Aldrich, R. y Kremer, R. (1997). *Principles in weed management*. Chapter VI. Iowa State University Press. Ames. Pp:133-164.
- Arregui, M.C. y Puricelli, E. (2008). *Mecanismo de acción de plaguicidas*. Dow AgroSciences. Rosario, Argentina. 208 p.
- Baker, H. (1974). *The evolution of Weeds*. Annual Review of Ecology and Systematics 5:1-24.
- Bennett, D.P and Humphries, D. (1974). Introducción a la ecología de campo. Edward Arnold (Publishers) Ltda. London. Primera edición española (1978). ISBN 84-7214-135-7. 326 p.
- Braun- Blanquet, J. (1950). *Sociología Vegetal*. Acmé Agency, Buenos Aires. 444 p.
- Bukovac, M. (1976). *Herbicide entry into plants*. In: *Herbicides: Physiology, Biochemistry, Ecology*. Vol. I (ed. By Audus L.J.). Academic Press, New York, 335-364.

- Burkart, S.; Garbulsky, M.; Ghersa, C.; Guerschman, J.; León, R.; Oesterheld, M. y Perelman, S. (2005). *Las comunidades potenciales del pastizal pampeano bonaerense*. pp. 379-400. En: La heterogeneidad de la vegetación de los agroecosistemas. Un homenaje a Rolando León. Ed. Fac. Agronomía. Buenos Aires.
- Cabrera, A. L. (1963). *Flora de la provincia de Buenos Aires*. Secretaría de Estado de Agricultura y Ganadería de la Nación. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Vol. 4, pp. 443.
- Cauhépé, M. y Hidalgo, L. (2005). *La Pampa Inundable: el uso ganadero como base de la sustentabilidad social, económica y ambiental. La heterogeneidad de la vegetación de los agroecosistemas. Un homenaje a Rolando JC León*. Facultad de Agronomía. pp. 403-414.
- Cahuepé, M., R.J.L. León, O. Sala, y A. Soriano. 1982. *Pastizales naturales y pasturas cultivadas, dos sistemas complementarios y no opuestos*. Rev. Fac. de Agromomía 3:1-11.
- Carbone, A. (2015). *Caracterización morfo-anatómica de dos poblaciones de Gomphrena perennis L. y su posible relación con la sensibilidad al herbicida glifosato*. Tesis presentada para optar al Título de Mag. Sc. de la FCAyF. UNLP. Pp.105.
- Chaneton, E.J., M Omacini, O.J. Trebino & R.J.C. León. (2001). *Disturbio, dominancia y diversidad de especies nativas y exóticas en pastizales pampeanos húmedos*. Anales Acad. Cs. Ex., Fis. y Nat. 53:121-140. Disponible en: http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/48707/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=3&isAllowed=
- Carbone, A.; Fernández, F.; Hernández, M. y Arambarri, A. (2019). *Morphoanatomy, histochemistry and crystals of the underground system of Baccharis notosergila (Asteraceae)*. Bol. Soc. Argent. Bot. 54: 519-532. DOI: <http://dx.doi.org/10.31055/1851.2372.v54.n4.24930>.
- Carbone, A.; Fernández, F.; Hernández, M.; Martínez Alonso, S. y Arambarri, A. (2021). *Morpho-anatomical features of the leaves and stems of Baccharis notosergila (Asteraceae) and their relationship with the environment and chemical control*. Bol. Soc. Argent. Bot. 56(4): 1-22. DOI: <https://doi.org/10.31055/1851.2372.v56.n4.33519>.
- Cortés, E. y Venier, F. (2012). *Alternativas de control de Gomphrena perennis L. “siempre viva del campo” en San Francisco, Córdoba (Argentina)*. INTA Unidad de Extensión y experimentación San Francisco. Hoja de información técnica Nro 26. 5 pp. ISSN 2250-8546.
- Culpepper, A.; Flanders, J.; York, A. y Webster, T. (2004). *Tropical spidewort (Commelina benghalensis) control in glyphosate-resistant cotton*. Weed Technol. 18:432-436.
- Dall'Armellina, A. y Zimdahl, R. (1989). *Effect of watering frequency, drought, and glyphosate on growth of field bindweed (Convolvulus arvensis L.)*. Weed Sci. 36: 438-447.
- Dinelli, G.; Marotti, I.; Bonetti, A.; Catizone, P.; Urbano, J. y Barnes, J. (2008). *Physiological and molecular bases of glyphosate resistance in Conyza bonariensis biotypes from Spain*. Weed Research 48:257-265.
- Fernández, F. (2016). Comunicación personal.

- Greenberg, A.; Trussell, R. y Clesceri, L. (1985). *Standard methods for the examination of water and wastewater*, American Public Health Association, American Water Works Association and Water Pollution Control Federation, Washington. USA.
- Gressel, J. (2009). *Evolving understanding of the evolution of herbicide resistance*. Pest Management Science 65:1164-1173.
- Herbicide Resistant Plants Committee. (1998). *Herbicide resistance and herbicide tolerance define*. Weed Technol. 12: 789.
- Hess, E. (1985). *Herbicide absorption and translocation and their relationship to plant tolerances and susceptibility*. In: Weed Physiology, Vol. II (ed. By Duke S.O). CRC Press, FL. 191-214.
- Hidalgo, L. y Cauhépé, M. (1987). *Los resultados funcionales de las plantas forrajeras*. INTA, EEA Balcarce. Argentina.
- Hull, H. (1970). *Leaf structure as related to absorption of pesticides and other compounds*. Residue Reviews 31:1-150.
- Jalil, H. (2013). *Evaluación de herbicidas selectivos sobre pastizales colonizados por Baccharis notosergila (Asteraceae) en la depresión del salado*. Tesis para optar al Título de Ingeniero Agrónomo. FCAYF, Universidad Nacional de La Plata, Argentina. 48 p.
- INTA (2015). *Caracterización de la Producción Bovina*. Sistema de monitoreo del sector de la carne bovina.
- IPCVA (2019). *Base de datos del Instituto de Promoción de la Carne Vacuna Argentina* - Sitio web: www.ipcva.com.ar. Base de datos del Servicio.
- León R.J. y Bertiller, M. (1982). *Aspectos fenológicos de dos comunidades del pastizal de la Depresión del Salado (Prov. Bs. As.)*. Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica 20: 329-347.
- Lorraine-Colwill, D.; Powles, S.; Hawkes, T.; Hollinshead, P.; Warner, S. y Preston, C. (2003). *Investigations into mechanism of glyphosate resistance in Lolium rigidum*. Pesticida Biochemistry and Physiology 74:62-72.
- Marchesini, E. J. (2013). *Control de chilca. Hoja informativa electrónica*. EEA Concepción del Uruguay, (86). Disponible en http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_naturales_especies/26-control_chilcas.pdf. Último acceso junio de 2021.
- Marshall, E.; Brown, V.; Boatman, N.; Lutman, P.; Squire, G. y Ward, L. (2003). *The role of weeds in supporting biological diversity within crop fields*. Weeds Res. 43:77-89.
- Marzocca, A.; Márscico, O. y Del Puerto, O. (1976). Manual de malezas. Editorial Hemisferio Sur. 564 p.
- Mc Whorter, C. (1985). *The physiological effects of adjuvants on plants*. In: Weed Physiology: Herbicide Physiology. Vol. II (ed. By Duke S.O) CRC Press, Boca Raton, FL, 141-158.
- Nisensohn, L.; Tuesca, D.; Angelotti, P. y Bonifazi, S. (2007). *Portulaca gilliesii Hook. y Gomphrena perennis L.: especies con tolerancia al herbicida glifosato*. Revista Agromensajes de la Facultad de Ciencias Agrarias, UNR. ISSN:16698584.

- Pensiero, J.; Muñoz, J. y Martínez, V. (2013). *Alternativas de sustentabilidad del bosque nativo del Espinal*. Área Etnobotánica. Proyecto de Investigación Aplicada a los Recursos Forestales Nativos (PIARFON).
- Perelman, S.B., R.J.C. León & M. Oesterheld. (2001). *Cross scale vegetation patterns of flooding Pampa grasslands*. Journal of Ecology. 89: 562-577.
- Pla, L. (2006). *Biodiversidad: inferencia basada en el Índice de Shannon y la riqueza*. Disponible en http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S0378-18442006000800008&script=sci_arttext. Último acceso julio 2018.
- Pórfigo, O. (2007). *Guía de productos fitosanitarios para la República Argentina: 2007*. Tomo 1. 1068 pp.
- Puricelli, E. y Tuesca, D. (2005). *Efecto del sistema de labranza sobre la dinámica de la comunidad de malezas en trigo y en barbechos de secuencias de cultivos resistentes a glifosato*. Agriscientia 22:69-78.
- Rodríguez, A., E. Jacobo y Deregibus, V.A. (1995). *Efecto de la metodología de pastoreo sobre la condición y el valor zootécnico del pastizal de la Pampa Deprimida*. Rev. Arg. de Producción Animal. 15:74-77.
- Rodríguez, A y Jacobo, E. (2012). *Manejo de pastizales naturales para una ganadería sustentable en la Pampa Deprimida. Buenas prácticas para una ganadería sustentable de pastizal*. Kit de extensión para las pampas y campos.
- Sabattini, R.; Wilson, M.; Muzzachiodi, N. y Af, D. (1999). *Guía para la caracterización de los agroecosistemas del centro-norte de Entre Ríos*. Revista Científica Agropecuaria, vol. 3:7-19.
- Sabattini, R.; Sione, S.; Dorsch, A.; Muzzachiodi, N. y Cencig, G. (2002). *Alternativas de manejo silvopastoril en montes nativos del centro-norte de Entre Ríos*. Informe Final PID UNER 2044-1.
- Sabattini, R.; Ledesma, S. y Sione, S. (2012). *Dinámica de la cobertura de Melica macra Ness. y Baccharis punctulata D.C. en un bosque nativo sometido a desarbustado mecánico*. Revista de Investigaciones de la Facultad de Ciencias Agrarias. UNR. S.I. n.19. p. 13-19. Disponible en: <<http://www.cienciasagronomicas.unr.edu.ar/journal/index.php/agronom/article/view/24>>. Fecha de acceso: 15 mar. 2019.
- Sabattini, R.; Ledesma, S.; Sione, S.; Fontana, E. y Sabattini, J. (2014). *Recuperación del pastizal natural degradado en un monte nativo sometido a desarbustado mecánico*. Ciencia, Docencia y Tecnología Suplemento. S.I. v.4. n.4. p.20-36. Disponible en: <<http://pcient.uner.edu.ar/index.php/Scdyt/article/view/1>>. Fecha de acceso: 15 Mar. 2019.
- Sahid, I. y Quirinus, L. (1997). *Activity and mobility of metsulfuron-methyl in soils*. Department of Botany, Faculty of Life Sciences, University Kebangsaan, Malaysia, 43600 UKM, Bangi, Malaysia. Plant Protection Quarterly 12:125-127.
- Servicio Meteorológico Nacional. Servicios Climáticos. Disponibles en: <http://www.smn.gov.ar/?mod=acerca&id=2>. Último acceso: diciembre de 2022.

- Shaner, D. (2000). *The impact of glyphosate-tolerant crops on the use of other herbicides and on resistance management*. Pest Manag. Sci. 54:263-273.
- Shannon, C. y Weaver, W. (1949). *The Mathematical Theory of Communication*. University of Illinois Press, Urbana.
- Sione, S.; Sabattini, R.; Ledesma, S.; Dorsch, A. y Fortini, C. (2006). Notas: *Caracterización florística y estructural del estrato arbustivo de un monte en pastoreo (Las Garzas, Entre Ríos)*. Revista Científica Agropecuaria, vol.10, 59-67.
- Sturges, D. (1986). *Responses of vegetation and grown cover to spraying a high elevation, big sagebrush water-shed with 2,4 D*. J. Range Manage 39 (2):699-700.
- Tuesca, D.; Puricelli, E. y Papa, J.C. (2001). *A long term study of weed flora shifts in different tillage Systems*. Weed Res. 41:369-382.
- Urdampilleta, J. (2019). *Métodos de control poblacional de Baccharis notosergila Griseb.: maleza arbustiva de alta incidencia en la zona de la Pampa Deprimida*. Tesis presentada para optar al Título de Ingeniero Agrónomo de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. UNLP. Disponible en: http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/74210/Documento_completopdf?sequence=1&isAllowed=y
- Valverde, B. y Gressel, J. (2006). *El problema de la evolución y diseminación de la resistencia del Sorghum halepense a glifosato en Argentina*. Informe de consultoría para SENASA.
- Vecchio, M.C. 2006. Estimación de la receptividad en un pastizal de la Pampa Deprimida. Un ejemplo a escala de potrero. Tesis para Especialista en Manejo de Sistemas Pastoriles. Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires. 43 p.
- Vervoort, F. (1967). *Las comunidades vegetales de la Depresión del Salado* (Provincia de Buenos Aires). INTA. Instituto de Botánica Agrícola. Buenos Aires, 262 pp.
- Wanamarta, G. y Penner, D. (1989). *Foliar absorption of herbicides*. Weed Sci. 4: 215-231.
- Wu, H.; Pratley, J.; Lemerle, D. y Haig, T. (2001). *Allelopathy in wheat (Triticum aestivum)*. Annals of Applied Biology 139:1-9.
- Yannicci, M.; Istilart, C.; Gimenez, D. y Castro, A. (2012). *Effects of glyphosate on the movement of two Lolium perenne L. populations with differential herbicide sensitivity*. Environmental and Experimental Botany (ISSN:0098-8472) 82:14-19.
- Yannicci, M. (2014). Estudio fisiológico y genético de biotipos de Lolium perenne L. resistentes a glifosato. Tesis doctoral Facultad de Ciencias Exactas, Departamento de Ciencias Biológicas, UNLP.
- Zimdahl, R. (1993). *Fundamentals of Weeds Science*. Academic Press. San Diego, California. Pp.15-39.

CAPÍTULO 7

Ambientes en Don Joaquín

Margarita Alconada Magliano, Mateo Rowan, Facundo Carricaburu, Juan Pablo Vitale, Ariel Germán y Cynthia Waldman

En este capítulo se presentan los ambientes definidos en Don Joaquín, mediante el uso de imágenes satelitales, precipitaciones, y observaciones de campo en suelo, vegetación, agua, y manejo
-MARGARITA ALCONADA, Campos de la UNLP

7.1 Procedimiento de análisis y etapas en la definición de ambientes

La definición de ambientes se realizó considerando la evolución de las *coberturas con agua, precipitaciones, patrón de distribución de suelo, geomorfología y vegetación*, mediante la **fotolectura y técnicas geománticas**, de un gran número de imágenes satelitales, y su posterior selección por condiciones climáticas extremas.

El detalle de las **imágenes satelitales** utilizadas en Don Joaquín, se presentaron en el Capítulo 4, punto 4.1. Asimismo, se incorporaron imágenes adicionales, a fin de obtener el índice NDWI (cobertura con agua) de una región más amplia, y para la definición de ambientes en Don Joaquín, tal como se explica en punto siguiente.

Las **precipitaciones** que se produjeron en Don Joaquín, localidades vecinas y a nivel país, se presentaron en punto 4.2 Clima (Tabla 4.2, 4.3, y Figuras 4.1a, 4.1b, y 4.2).

7.1.1 Precipitaciones y cobertura con agua

Coberturas con agua en la región

En el Capítulo 4, se analizaron tres **índices espectrales** realizados para el establecimiento Don Joaquín. En este punto, se presenta con mayor detalle, y para una mayor superficie que involucra los establecimientos Don Joaquín y El Amanecer, el índice **NDWI** (índice de agua), a fin de analizar el comportamiento regional del agua, coberturas, y como se vincula con lo obtenido en Don Joaquín.

En las Tablas 7.1 a 7.6 se presenta para una **zona arbitraria de 53.500 ha**, las superficies con cobertura con agua en 21 años (entre 2000 y 2022, excepción 2012). Se observaron las imágenes Landsat disponibles entre 2000 hasta 2022 (total 132). Hasta el año 2017 se usaron imágenes LANDSAT 5 y a partir del 2018, LANDSAT 8.

Significado de las columnas de las Tablas 7.1 a 7.6: 1) Columna SIN AGUA: *superficie sin agua de las 53.500 ha*; 2) Columna AGUA: *Superficie con agua de las 53.500 ha*; 3) Columna porcentaje (*presencia de Agua en relación a sin Agua*); 4) Columna Fecha: *Fecha de adquisición de la imagen LANDSAT*; 5) Columna SECO/AGUA: *en base a lo observado visualmente en las imágenes (subjetivo)*; 6) Columna CLASIFICACION tipo de Año por precipitaciones en Ardití, Magdalena. A fin de facilitar la visualización, se indican las imágenes de cada año con diferentes colores. El **tipo de Año** por precipitación, pertenece a la localidad de Ardití Magdalena, debido a que de Don Joaquín, sólo se dispone de datos desde 2010 (punto 4.2 Clima del Capítulo 4).

Tabla 7.1 Coberturas con agua en una superficie arbitraria de 53.500 ha que incluye los establecimientos Don Joaquín y El Amanecer: años 2000, 2001 y 2003

1) sin agua	2) agua	3) porc aneg	4) Fecha	5) obs.visual	6) Tipo de año
1 53.321	178	0,3	2000-04-25	Seco	1447mm
2 48.564	4.935	10,2	2000-06-12	Agua	Muy lluvioso
3 50.732	2.766	5,5	2000-08-15	Agua	
4 52.707	791	1,5	2000-11-03	Agua	
5 53.228	271	0,5	2001-01-22	Seco	1521 mm
6 53.397	102	0,2	2001-02-07	Seco	Muy lluvioso
7 53.463	35	0,1	2001-02-23	Seco	
8 52.692	806	1,5	2001-09-19	Agua	
9 53.357	142	0,3	2001-11-22	Seco	
10 53.482	16	0,0	2001-12-24	Seco	
11 53.410	88	0,2	2002-01-09	Seco	1392 mm
12 50.590	2.908	5,7	2002-03-14	Agua	Muy lluvioso
13 52.289	1.210	2,3	2002-08-05	Agua	
14 47.681	5.817	12,2	2002-08-21	Agua	
15 52.999	500	0,9	2003-07-23	Seco	872 mm
16 53.125	374	0,7	2003-08-24	Seco	Seco
17 51.907	1.592	3,1	2003-09-09	Agua	
18 53.249	249	0,5	2003-09-25	Seco	
19 53.448	50	0,1	2003-10-27	Seco	
20 53.476	23	0,0	2003-12-30	Seco	

Tabla 7.2 Coberturas con agua en una superficie arbitraria de 53.500 ha que incluye los establecimientos Don Joaquín y El Amanecer: años 2004, 2005 y 2006

	1) sin agua	2) agua	3) porc aneg	4) Fecha	5) obs.visual	6) Tipo de año
21	53.494	5	0,0	2004-03-03	Seco	855 m
22	53.494	5	0,0	2004-04-04	Seco	Seco
23	53.466	32	0,1	2004-04-20	Seco	
24	52.450	1.048	2,0	2004-05-06	Aqua	
25	53.228	271	0,5	2004-06-07	Seco	
26	50.500	2.999	5,9	2004-08-10	Aqua	
27	51.517	1.982	3,8	2004-08-26	Aqua	
28	51.738	1.761	3,4	2004-09-11	Aqua	
29	53.450	49	0,1	2004-11-30	Seco	
30	53.453	46	0,1	2004-12-16	Seco	
31	53.489	9	0,0	2005-01-17	Seco	1024 mm
32	53.157	341	0,6	2005-02-02	Seco	Normal
33	53.383	115	0,2	2005-05-25	Seco	
34	52.952	546	1,0	2005-08-13	Seco	
35	52.678	821	1,6	2005-09-30	Aqua	
36	53.466	32	0,1	2005-11-17	Seco	
37	53.488	10	0,0	2006-02-21	Seco	1020
38	52.680	819	1,6	2006-03-09	Aqua	Normal
39	53.374	125	0,2	2006-04-26	Seco	
40	53.406	93	0,2	2006-05-12	Seco	
41	51.218	2.281	4,5	2006-07-31	Aqua	
42	53.412	87	0,2	2006-09-17	Seco	
43	53.336	163	0,3	2006-11-04	Seco	
44	53.476	22	0,0	2006-11-20	Seco	

Tabla 7.3 Coberturas con agua en una superficie arbitraria de 53.500 has que incluye los establecimientos Don Joaquín y El Amanecer: años 2007, 2008, 2009, 2010 y 2011

	1) sin agua	2) agua	3) porc aneg	4) Fecha	5) obs.visual	6) Tipo de año
45	53.494	4	0,0	2007-02-08	Seco	862mm
46	53.415	84	0,2	2007-02-24	Seco	Seco
47	53.292	207	0,4	2007-03-12	Seco	
48	53.090	408	0,8	2007-04-13	Seco	
49	53.173	325	0,6	2007-04-29	Seco	
50	53.493	6	0,0	2008-10-24	Seco	
51	53.496	3	0,0	2008-11-09	Seco	Seco/ Ext Seco
52	53.498	0	0,0	2009-02-13	Seco	1052 mm
53	53.497	1	0,0	2009-03-01	Seco	Normal
54	53.497	1	0,0	2009-03-17	Seco	
55	51.946	1.553	3,0	2009-09-09	Aqua	
56	52.817	682	1,3	2009-09-25	Aqua	
57	53.398	101	0,2	2009-11-12	Seco	
58	53.453	45	0,1	2010-01-15	Seco	769 mm
59	53.487	11	0,0	2010-04-05	Seco	Seco
60	52.897	601	1,1	2010-04-21	Aqua	
61	53.496	2	0,0	2011-01-18	Seco	635 mm
62	53.495	3	0,0	2011-02-03	Seco	Seco
63	53.496	2	0,0	2011-04-24	Seco	
64	53.428	71	0,1	2011-08-30	Seco	
65	53.487	12	0,0	2011-10-17	Seco	
66	53.491	7	0,0	2011-11-02	Seco	

Tabla 7.4 Coberturas con agua en una superficie arbitraria de 53.500 ha que incluye los establecimientos Don Joaquín y El Amanecer: años 2013, 2014 y 2015

	1) sin agua	2) agua	3) porc aneg	4) Fecha	5) obs.visual	6) Tipo de año
67	53.232	266	0,5	2013-07-02	Seco	728 mm
68	52.918	580	1,1	2013-08-03	Seco	
69	53.261	238	0,4	2013-08-19	Seco	
70	53.031	467	0,9	2013-10-06	Seco	
71	53.485	13	0,0	2013-11-23	Seco	
72	52.862	637	1,2	2014-03-31	Aqua	1383
73	52.324	1.174	2,2	2014-04-16	Aqua	Muy lluvioso
74	53.124	375	0,7	2014-05-18	Seco	
75	52.203	1.296	2,5	2014-06-03	Aqua	
76	51.028	2.471	4,8	2014-06-19	Aqua	
77	45.180	8.319	18,4	2014-09-07	Aqua	
78	53.475	24	0,0	2014-10-25	Seco	
79	53.343	155	0,3	2015-01-29	Seco	753
80	53.485	13	0,0	2015-03-18	Seco	Seco
81	53.486	13	0,0	2015-04-03	Seco	
82	53.484	15	0,0	2015-04-19	Seco	
83	53.480	18	0,0	2015-05-05	Seco	
84	53.180	319	0,6	2015-07-08	Seco	
85	53.267	232	0,4	2015-07-24	Seco	
86	53.029	470	0,9	2015-08-25	Seco	
87	53.339	159	0,3	2015-11-29	Seco	

Tabla 7.5 Coberturas con agua en una superficie arbitraria de 53.500 ha que incluye los establecimientos Don Joaquín y El Amanecer: años 2016, 2017 y 2018

	1) sin agua	2) agua	3) porc aneg	4) Fecha	5) obs.visual	6) Tipo de año
88	53.489	9	0,0	2016-01-16	Seco	1060 mm
89	53.498	1	0,0	2016-03-04	Seco	Normal
90	53.286	212	0,4	2016-04-21	Seco	
91	52.980	518	1,0	2016-06-08	Seco	
92	53.348	151	0,3	2016-09-28	Seco	
93	53.415	83	0,2	2016-10-30	Seco	
94	53.482	16	0,0	2016-11-15	Seco	
95	53.488	11	0,0	2016-12-01	Seco	
96	53.492	6	0,0	2016-12-17	Seco	
97	53.489	9	0,0	2017-01-02	Seco	1067 mm
98	53.477	22	0,0	2017-01-18	Seco	Normal
99	53.474	24	0,0	2017-02-19	Seco	
100	53.465	33	0,1	2017-03-07	Seco	
101	50.602	2.897	5,7	2017-05-10	Aqua	
102	49.228	4.270	8,7	2017-08-14	Aqua	
103	46.797	6.702	14,3	2017-08-30	Aqua	
104	53.485	13	0,0	2018-01-21	Seco	1544 mm
105	53.489	9	0,0	2018-02-06	Seco	Lluvioso
106	53.495	3	0,0	2018-03-10	Seco	
107	53.365	133	0,2	2018-03-26	Seco	
108	48.508	4.990	10,3	2018-05-13	Aqua	
109	51.554	1.944	3,8	2018-06-14	Aqua	
110	50.971	2.527	5,0	2018-08-17	Aqua	
111	48.926	4.572	9,3	2018-10-04	Aqua	
112	51.872	1.626	3,1	2018-12-23	Aqua	

Tabla 7.6 Coberturas con agua en una superficie arbitraria de 53.500 has que incluye los establecimientos Don Joaquín y El Amanecer: años 2019, 2020, 2021 y 2022

1) sin agua	2) agua	3) porc aneg	4) Fecha	5) obs.visual	6) Tipo de año
113	53.473	25	0,0	2019-01-24	Seco 976
114	53.381	117	0,2	2019-05-16	Seco Normal
115	52.375	1.123	2,1	2019-07-03	Aqua
116	51.787	1.711	3,3	2019-08-04	Aqua
117	53.371	127	0,2	2019-09-21	Seco
118	53.486	11	0,0	2020-01-27	Seco 675
119	53.465	33	0,1	2020-04-16	Seco Muy seco/seco
120	53.284	214	0,4	2020-05-18	Seco
121	53.232	266	0,5	2020-08-22	Seco
122	53.273	225	0,4	2020-10-09	Seco
123	53.458	40	0,1	2020-11-26	Seco
124	53.480	18	0,0	2020-12-12	Seco
125	53.478	20	0,0	2021-01-13	Seco 755 mm
126	53.484	14	0,0	2021-03-18	Seco Seco
127	53.432	66	0,1	2021-05-05	Seco
128	53.137	361	0,7	2021-06-06	Seco
129	53.332	166	0,3	2021-09-26	Seco
130	53.472	26	0,0	2021-10-28	Seco
131	53.490	8	0,0	2021-11-13	Seco
132	53.492	5	0,0	2022-02-01	Seco 554 mm Seco

De lo presentado en Tablas 7.1 a 7.6 sobre coberturas con agua en un área de 53500 ha puede indicarse lo siguiente:

- La proporción de **suelo anegado** (% de agua sobre el total de superficie considerada, 53.500 ha) en los **años Lluviosos y Muy Lluviosos, 2000, 2001, 2002, 2014, y 2018**, se destacan con máxima cobertura los siguientes: 10,2% en **2000**, 12,2% en **2002**, 18,4% en **2014** y 10,3% en **2018**. Cabe indicar, que los porcentajes mencionados, es el máximo obtenido en una de las imágenes analizadas por año, siendo en el resto, significativamente menor la cobertura con agua (2 - 5%), e incluso valores menores a la unidad.

-En los **años Normales**, se obtuvo como máximo por año, los siguientes porcentajes de cobertura con agua: 1,6 % en **2005**, 4,5% en **2006**, 3% en **2009**, 1% en **2016**, 14,3% en **2017**, y 3,3 % en **2019**. En la mayor parte de las imágenes, con excepción de 2017, que presentó coberturas con agua de 5,7 y 8,7 % en dos de las fechas, en el resto de las imágenes varió entre 0,0- 0,6 % como máximo y en pocos casos 1-1,6 %.

- Respecto a los **años Secos** las máximas coberturas con agua fueron de 3,1 % en **2003**, 5,9 % en **2004**, destacándose algunas otras imágenes de este último año con valores elevados para un año seco (3,4-3,8 %), 0,8 % en **2007**, 1,1 % en **2010**, 0,1 % **2011**, 1,1 % en **2013**, 0,8 % en **2015**, 0,5 % en **2020**, 0,7 % en **2021**, y 0,0% en la única imagen analizada de **2022**. En casi todas las

imágenes los valores son bajos. Sin embargo, semejantes a los obtenidos en muchas imágenes de otros años que incluso fueron lluviosos.

Puede concluirse respecto a las coberturas con agua y precipitaciones, para el periodo considerado entre el año 2000 y 2022, en un área de 53500 ha, considerando 132 imágenes, lo siguiente:

- **No hubo una correspondencia entre precipitaciones y % de cobertura con agua**, en muchos de los años analizados. Así, del total de años analizados, *fueron 4 Muy Lluviosos, 1 Lluvioso, 10 Secos/Ext Seco, y 6 Normales*, prevaleciendo una situación “**seca**” (columna 5 obs visual) en **99** de las **132 imágenes analizadas**.

- Se aprecian variaciones significativas en la cobertura de agua entre imágenes de igual año, así como, valores semejantes en cobertura con agua en algunas imágenes de años cuya condición hídrica fue muy diferente.

- Si se **compara con lo analizado en Don Joaquín**, respecto a la presencia de agua en superficie (Capítulo 4, punto 4.4), y lo aquí presentado para un área mayor, puede indicarse que en algunas fechas las *condiciones locales del establecimiento no tuvieron un correlato con las precipitaciones del sitio ni con lo observado en la superficie de 53500 ha*.

- Esto corrobora lo comentado respecto a la **coexistencia de flujos locales y flujos de largo recorrido** (con bajo y alto Na⁺ respectivamente).

- Los **flujos locales**, responden a la precipitación del sitio o zonas próximas, e inciden de manera directa en la presencia de **agua en superficie**, principalmente en aquellos lotes con **menor infiltración**, por tipo de suelo y manejo, así como, en los ámbitos receptores de los **escurreimientos naturales** y direccionados por **canales**.

- Los **flujos de largo recorrido** (*intermedios o regionales*), se originan por las lluvias que se producen a grandes distancias, por lo cual, se enriquecen en su recorrido en sales, principalmente ricas en Na⁺. Las **características sódicas** que se manifiestan en todo el establecimiento, con un patrón irregular de distribución de suelos, tienen su origen en la incidencia de estos flujos. Sin embargo, en la actualidad los **flujos de largo recorrido**, si bien se reconocieron en todos los ambientes, se hacen evidentes en los ambientes más bajos o medias lomas, por la mayor proximidad de la superficie freática que asciende (zona de descarga). En los sectores más bajos, en algunas fechas se observó el agua subterránea próxima y hasta en superficie. Sin embargo, no siempre tuvo correspondencia con el agua de superficie y de lluvia. Esto es, *puede haber agua en superficie de la lluvia local sin ascenso de freáticas, por formación de “napas colgadas” y/o retardo en la infiltración frente a elevadas precipitaciones en corto tiempo, debido a las características del suelo y manejo (cobertura vegetal)*. Asimismo, puede producirse el **ascenso de las superficies freáticas sin presencia de agua en superficie**, debido a que el agua proviene de otros sitios. Las observaciones en estas 132 imágenes, precipitaciones y observaciones de campo (Capítulo 4), confirma el **funcionamiento de flujos de agua** que aquí se comenta.

7.1.1.2 Coberturas con agua en parte de la provincia de Buenos Aires: Río Samborombón

En base a lo obtenido precedentemente, respecto a coberturas con agua en una región de 53500 ha en un periodo de 20 años, se seleccionó la fecha con mayor cobertura con agua, a fin de analizar el **comportamiento hidrológico de un área aún mayor**, que incluye gran parte de la cuenca del Río Samborombón. De esta manera, definir coberturas con agua, vías de escurrimiento, y cómo se vinculan con los establecimientos de la UNLP.

En la Figura 7.1 se presenta el Índice NDWI a partir del mosaico de dos imágenes Landsat 8 de **septiembre de 2014** (Rowan inédito), fecha donde se registró la mayor cobertura con agua, **8319 ha**, 19.54 % de las **53500 ha**, en el total de imágenes analizadas (Tabla 7.1 a 7.6). Se indica en dicha figura, la ubicación de los establecimientos *Don Joaquín* y *El Amanecer*, el *Río Samborombón* y de la *Cañada Grande*. En la Figura 7.2 se presenta un detalle de la Figura 7.1, en el sector de los establecimientos, y se compara con igual sector de la imagen satelital del 7 de setiembre de 2014.

Los colores de las Figuras 7.1 y 7.2 se corresponden con:

- **azul oscuro**, valores de NDWI > 0, abundantes cuerpos de agua
- **verde oscuro y verde claro**, valores NDWI cercanos a 0, ambientes con suelo saturado, los cuales en general, están asociados a algún cuerpo de agua
- **blanco**, valores negativos de NDWI, suelo no anegados.

Se destaca en la Figura 7.1 la presencia de un gran número de cuerpos de agua al sur del *Río Samborombón*, entre Chascomús y la Bahía de Samborombón. A su vez, en la fecha evaluada, en la *Cañada Grande* se aprecia un elevado anegamiento, al igual que la zona costera por la presencia de una barrera natural de cordones debido a ingestiones marinas.



Figura 7.1 Índice NDWI a partir del mosaico de dos imágenes Landsat 8 Cuerpos de agua, color azul (NDWI > 0); zonas anegadas, tonos verdes (NDWI cercanos a cero); y zona sin anegamiento,

blanco ($NDWI < 0$). Se indican en rojo, la ubicación de los establecimientos Don Joaquín y el Amanecer (Rowan inédito)

En la Figura 7.2 se observa el gran aumento de la masa de agua que se corresponde con la *Cañada Grande* (sectores azules por agua y verdes anegadas). El Arroyo que *atraviesa Don Joaquín*, en épocas de lluvias, se *conecta* con dicha Cañada, siendo entonces parte de su cuenca.

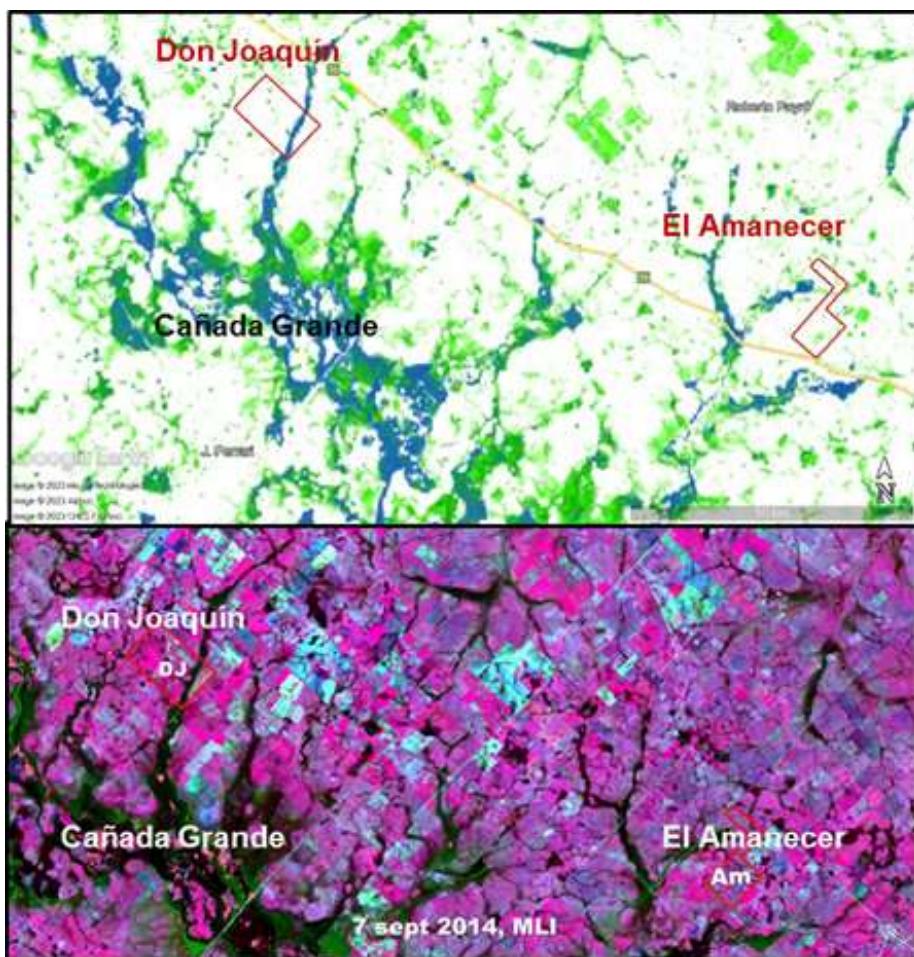


Figura 7.2 Detalle del área que incluye Don Joaquín y El Amanecer en el mapa del NDWI, respecto a imagen satelital de igual fecha (7 de septiembre de 2014)

De las Figuras 7.1 y 7.2 puede indicarse:

- Los tributarios del **Río Samborombón**, se presentan con una **distribución dendrítica con charcos y lagunas** en sus cursos permanentes, con mayor expresión en la **Cañada Grande**, tal como es indicado por diversos autores en punto 2.1 (Capítulo 2). En la Figura 2.6 (Capítulo 2), se presentaron las unidades de paisaje que describe Sánchez et al (1975), que se corresponde con lo que se aprecia en Figuras 7.1 y 7.2. Se destaca que los colores verdes (anegamiento), si bien como es previsible, se presentan próximos a los cursos de agua (azul), también se distribuyen en forma

de mosaico por toda la región, como “*charcos y lagunas*”, y se corresponde con el *irregular patrón de distribución de suelo* (Capítulo 4).

- Los análisis sobre *suelo, agua, vegetación, índices e imágenes*, presentados en Capítulos 2 y 4, permiten **entender el origen de esta distribución de cuerpos de agua**, vinculados local y regionalmente, y a nivel país. Esto es posible por la presencia de materiales sedimentarios, en la mayor parte del país, que posibilita la **continuidad hidráulica subterránea** (Capítulo 1).

7.1.1.3 Cobertura con agua en Don Joaquín respecto a la región, en fechas seleccionadas por su condición hídrica

Años Lluviosos

En la Figura 7.3 se presentan **tres de las fechas** indicadas con **mayor cobertura con agua** en el área que incluye ambos establecimientos, y el detalle en el establecimiento Don Joaquín (**2002, 2014, y 2018**). Cabe indicar que las imágenes aquí presentadas no se corresponden exactamente con el área considerada de las Tablas 7.1 a 7.6.

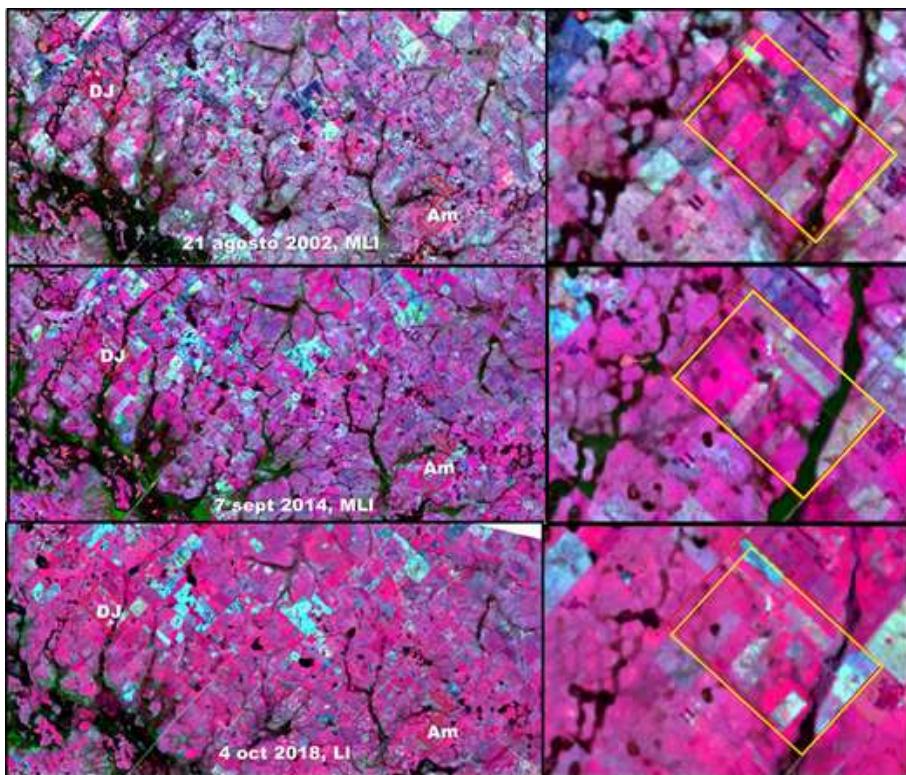


Figura 7.3 Imágenes de años Lluviosos y Muy Lluviosos, con mayor cobertura de agua a nivel regional, 12,2% el 21 de agosto de 2002, 18,4% el 7 de septiembre de 2014, y 9,3% el 4 de octubre de 2018, y detalle de igual imagen en Don Joaquín

Como se indicó, con agua en superficie se midió un máximo de 12,2% el 21 de agosto de **2002** (Tabla 7.1), 18,4% el 7 de septiembre de **2014** (Tabla 7.3), y 10,3% el 13 de mayo de **2018** (Tabla 7.5). La imagen de la Figura 7.3 es del 21 de agosto de **2002**, con 5817 ha con agua en el área de 53500 ha; la imagen de **2014** es también del momento de mayor cobertura con agua (8319 ha); y la de **2018** es del 4 de octubre, habiendo sido el máximo de cobertura en el mes de mayo. Igualmente, en la imagen del 4 de octubre de 2018, se midió una superficie de 4572 ha con agua (9,3%) (Tabla 7.5).

El año **2002**, en todas las localidades analizadas se produjo una condición Lluviosa y Muy Lluviosa (Figura 4.1), y la cobertura con agua fue elevada en toda la región. Esto se corresponde con lo sucedido a nivel país. Así, entre 1997 y 2002 inclusive, a nivel país se transita un periodo con tendencia a lluvioso (Figura 4.2). En Don Joaquín, es también muy elevada la cobertura con agua, y se aprecia la **unión de los cuerpos de agua**, principalmente en el **sector de canales**.

Respecto a las precipitaciones, en **2014** resultó Muy Lluvioso en DJ, al igual que en localidades vecinas (entre LI y MLI). Asimismo, en años previos, en 2012 sólo en Don Joaquín fue también Muy Lluvioso, si bien el año 2013 estuvo en el límite de Seco. La cobertura con agua y sectores con mayor humedad, visible en la imagen en Don Joaquín, se incrementa incluso desde **junio a septiembre de 2014** en dicho establecimiento, tal como se aprecia en Figura 7.4. Las precipitaciones hasta junio inclusive fueron de 682 mm, y hasta septiembre inclusive de 948 mm, total de 2014, 1357 mm (Tabla 4.3), siendo el promedio histórico para dichos períodos de 480,9 mm y 679,4 mm respectivamente (Tabla 4.2). Consecuentemente, la mayor presencia de agua en superficie se debe a mayores precipitaciones. Si se compara respecto a la imagen de **2002**, aunque sigue **igual patrón de acumulación de agua y/o sectores con mayor humedad**, en el año **2014**. Resulta visualmente **algo menor** la superficie con agua en Don Joaquín. Sin embargo, se midió **a nivel regional** una **mayor superficie** con agua en **2014** que en **2002** (Tabla 7.3 y Tabla 7.1 respectivamente). Cabe destacar que, en DJ, hasta la fecha de la imagen, agosto de 2002, llovieron 338,9 mm, inferior a lo llovido hasta esa fecha para 2014. Por lo cual, lo observado se asocia a las lluvias locales.



Figura 7.4 Imágenes de junio y septiembre de 2014 en Don Joaquín

El año **2018** en Don Joaquín fue Lluvioso, al igual que en Ardití y Punta Indio, habiendo sido Normal en las restantes localidades, y Seco en Vieytes. El año precedente, 2017, en Don Joaquín fue Normal, aunque con agua en superficie. Durante el año 2018, se producen cambios en la cobertura con agua. Así, fue relativamente baja hasta **mayo de 2018**, habiendo sido la lluvia en Don Joaquín abundante (447 mm) y algo mayor en Ardití, y en la imagen de **agosto de 2018**, se incrementa la superficie con agua de manera significativa (total hasta agosto 712 mm en DJ, promedio histórico 618 mm, y en Ardití, valores semejantes). Consecuentemente, ***no hubo una precipitación local que explique, por si sola, el aumento del agua en superficie***. En la imagen del 4 de octubre, a pesar de haber continuado el periodo húmedo (total hasta septiembre inclusive en DJ 842 mm, promedio histórico 679,4 mm), la cobertura de agua se mantiene elevada, pero disminuye respecto a la imagen de agosto. Asimismo, cabe indicar, que las *lluvias de los meses de las imágenes*, fueron superiores a los promedios de dichos meses (DJ agosto 43,6 mm y septiembre 61,6 mm, Tabla 4.2), por lo cual, dadas las lluvias acaecidas en dichos meses en 2018 (DJ agosto 85 mm y septiembre 130 mm, Tabla 4.3), supondría una mayor cobertura con agua.

En la Figura 7.5 se presentan las imágenes del año **2018**, la de octubre de la Figura 7.3, y de los meses mayo y agosto. Los cuerpos de agua que se observaban unidos en la imagen de 2002 y 2014, se presentan separados en las tres imágenes de 2018. El año **2018**, regionalmente presentó una menor presencia de agua que en **2014**, y principalmente respecto a **2002** (Tablas 7.1, 7.4 y 7.5).

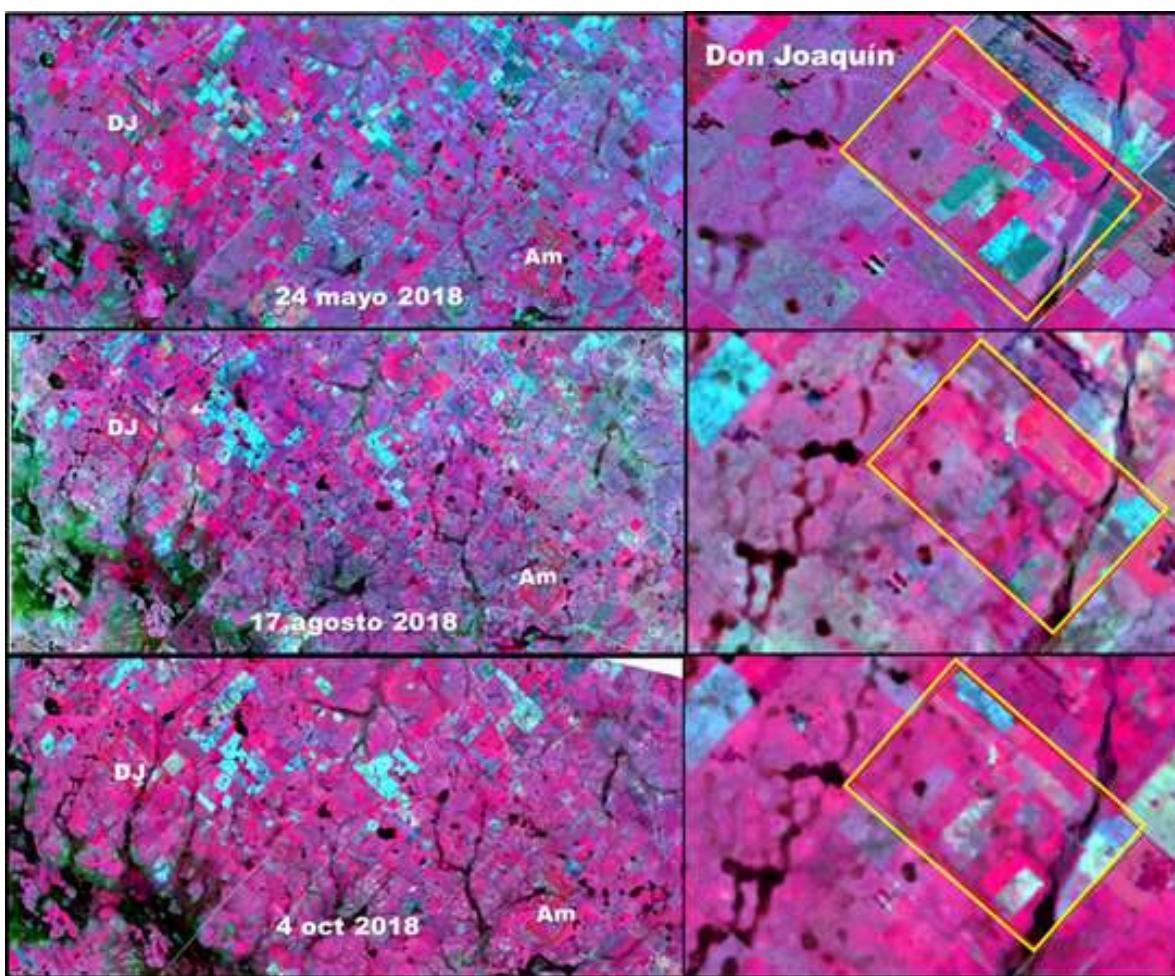


Figura 7.5 Comparación regional y detalle en Don Joaquín, de imágenes de mayo, agosto y octubre de 2018

Años Normales

En los **años Normales**, en el análisis regional, sobre las 53500 ha se obtuvo un máximo con agua de 1,6 % en **2005**, 4,5% en **2006**, 3% en **2009**, 1% en **2016**, **14,3%** en **2017**, 3,3 % en **2019** (Tablas 7.2, 7.3, 7.5 y 7.6). En la mayor parte de las imágenes, con excepción de 2017, que presenta también coberturas de 5,7 y 8,7 % en dos de las fechas, en las restantes fue de 0,0 a 0,6 % como máximo, y en pocos casos de 1 a 1,6 % de cobertura con agua.

En la Figura 7.6 se compara la imagen del **30 de agosto de 2017** con la del **27 de enero de 2020**, a fin de visualizar lo sucedido durante todo **2019**. En la Figura 7.7 se muestra, la imagen del **23 de octubre de 2019** en Don Joaquín, sin agua en superficie, sólo sectores con mayor humedad. Hasta octubre de 2019 llovieron 803 mm, habiendo sido elevada la acaecida en octubre (177 mm),

siendo muy bajas las de los meses siguientes. Esto explica las diferencias entre la imagen de octubre de 2019 y la de enero de 2020.

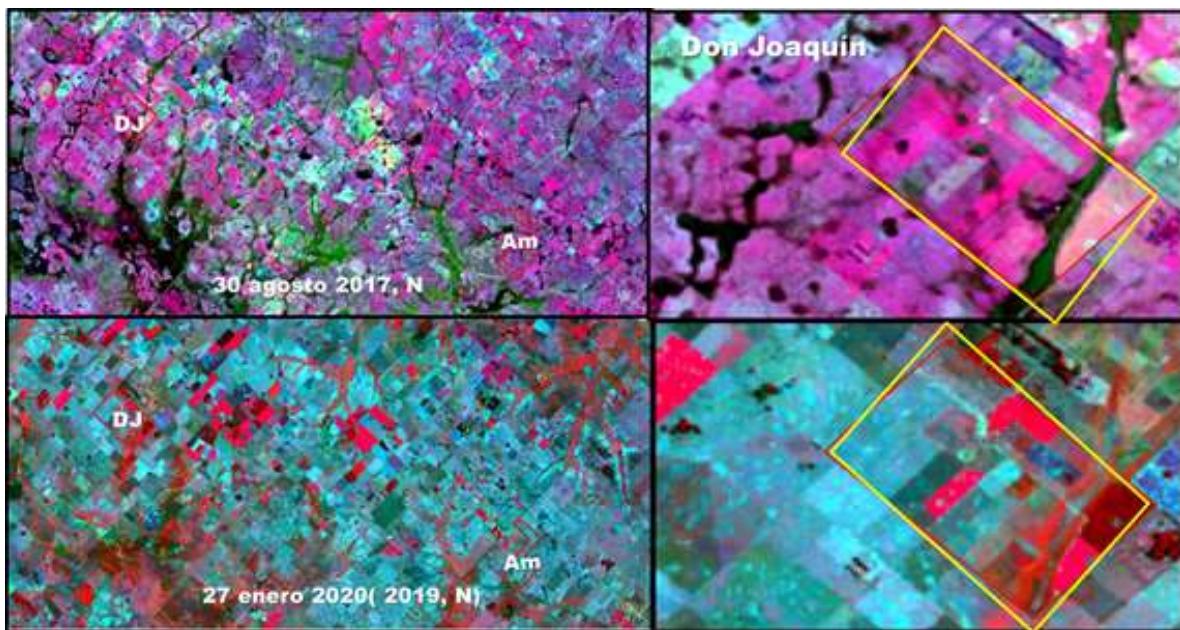


Figura 7.6 Imágenes regionales y detalle de Don Joaquín, del 30 de agosto de 2017 y 27 de enero de 2020



Figura 7.7 Imagen del 23 de octubre de 2019 en Don Joaquín

En la imagen del **30 de agosto de 2017** de la Figura 7.6, se aprecian regionalmente, importantes coberturas con agua, y específicamente en Don Joaquín, se encuentran parcialmente unidos los sectores que frecuentemente se anegan vinculados a los canales, tal como se analizó para las imágenes de años lluviosos (Figura 7.3). El año 2017, así como el precedente, 2016, varió en su condición hídrica según la localidad entre Seco y Lluvioso (Figura 4.1). En Don Joaquín, en 2017 al igual que en Ardití fue Normal, pero en 2016 fue Lluvioso. Esto es coincidente con lo indicado en Tabla 7.5 sobre la cobertura con agua regional (imagen del 30 de agosto de 2017, 6702 ha 14.3%). Regionalmente, desde mayo se aprecia un aumento de la cobertura con agua regional (Tabla 7.5). Respecto a Don Joaquín hasta agosto inclusive habían llovido 751 mm, siendo el promedio histórico de 618 mm, consecuentemente, no hubo una precipitación significativamente mayor. Sin embargo, agosto fue muy lluvioso (216 mm, promedio histórico de agosto 43,6 mm). Se aprecia entonces, condiciones locales y regionales que explican la presencia de agua en superficie de la imagen del 30 de agosto de 2017.

Respecto a la imagen de **enero de 2020** de la Figura 7.6, se aprecia sectores con mayor humedad. Regionalmente, se indicó en 2019 una cobertura máxima de 3,3 % para la imagen de agosto, disminuyendo para la de septiembre, y 0 % de cobertura con agua en la del 27 de enero de 2020 (Tabla 7.6). A nivel país, entre 2014 y 2017 se transita un periodo húmedo, siendo casi normal en 2017, y en 2018 se inicia un periodo seco (Figura 4.2). Estas variaciones en las precipitaciones locales, regionales y a nivel país, explican el mayor o menor impacto sobre las coberturas con agua. Si bien, existe cierta correspondencia, principalmente cuando se producen grandes eventos de lluvia a nivel local, tal como el producido en agosto de 2017 en Don Joaquín, las precipitaciones de otros sitios, también inciden en Don Joaquín.

Años Secos

Respecto a los **años Secos** los máximos porcentajes de cobertura fueron de 3,1 % en **2003**; 5,9 % en **2004** destacándose algunas imágenes con valores elevados para un año Seco (3,4-3,8-5,9 %); 0,8 % en **2007**; 1,1 % en **2010**; 0,1 % **2011**; 1,1 % en **2013**; 0,8% en **2015**; 0,5 % en **2020**; 0,7 % en **2021**, y 0,0% en una sola imagen de **2022**. En **casi todas las imágenes los valores son bajos**, sin embargo, **semejantes a los obtenidos** en muchas imágenes de otros años que *incluso fueron lluviosos*. En la Figura 7.8 se presenta una imagen regional y del sector de Don Joaquín de 2013, y otra imagen del 3 de enero de 2022.

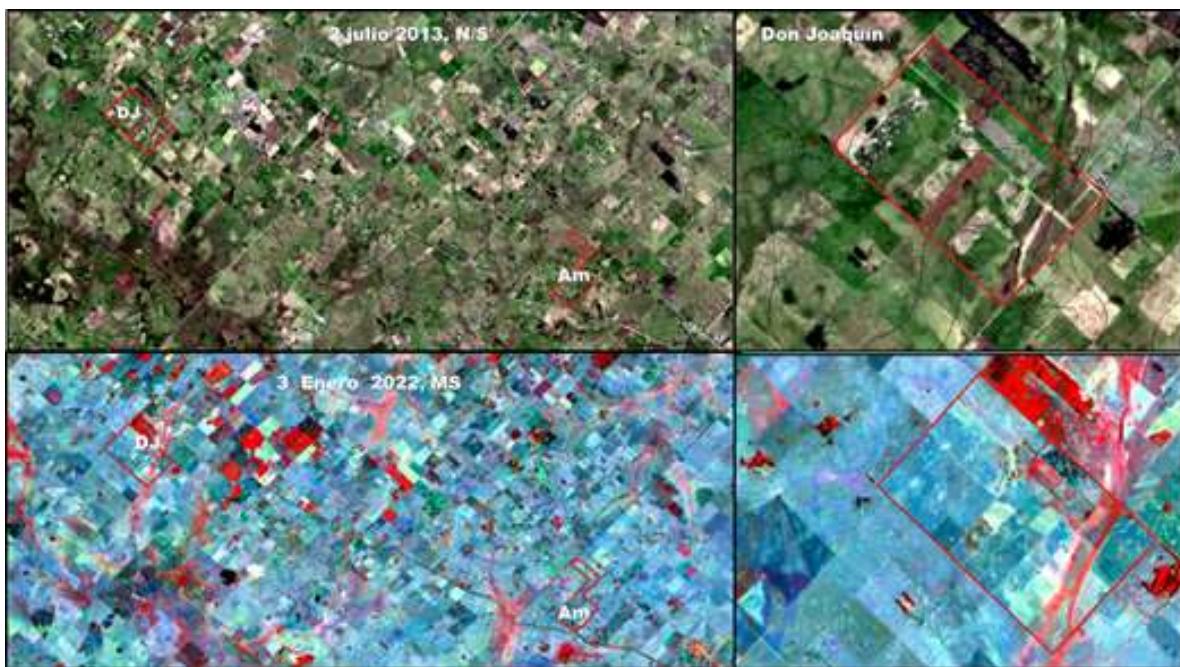


Figura 7.8 Imagen regional y detalle de Don Joaquín del 2 de julio de 2013 y del 3 de enero de 2022

En el año **2013**, el momento con mayor cobertura de agua regional, se produce en la imagen del **3 de agosto de 2013** (580 ha, 1%), destacándose que a los 15 días, la imagen de **19 de agosto de 2013**, disminuyó a 238 ha (0,4%), y en **noviembre de 2013**, no se registra agua en superficie en las 53500 ha consideradas. A nivel país el período entre 2006 y 2013, se caracteriza por déficit hídricos, al igual que regionalmente (año Seco en todas las localidades), con excepción de DJ que estuvo en el límite S/N. La lluvia total hasta la fecha de la toma de la imagen, 2 de julio de 2013, en DJ fue de 491 mm, siendo próximo al promedio histórico para dicho período (Tabla 4.2 y 4.3), no habiendo llovido en el mes de junio. Sin embargo, en DJ se observa la presencia de algunos cuerpos de agua bien definidos (Figura 7.8). Cabe destacar, que esto no se registró al analizar el área regional de 53500 ha, esto es debido a la escala y procedimiento de análisis. La fotolectura posibilita una observación detallada a nivel de lote, dependiendo de la resolución de la imagen.

En el año **2021** en DJ y en las restantes localidades, la condición hídrica fue entre Muy Seca y Seca, al igual que a nivel país. Esto se corresponde con lo observado en DJ, con ausencia de agua en superficie, y escasa presencia de agua a nivel regional. Si bien la imagen presentada corresponde a lo sucedido en 2021, se indica que el año 2022, la sequía general aumenta y no se observa agua en superficie en DJ ni a nivel regional (Tabla 7.6), observándose amplios sectores sin cobertura vegetal, tal como se presentó en la Figura 4.9 (imágenes tomadas con dron, 21 abril 2022). En todo este período, la superficie freática se profundizó (Tabla 4.10). Se destaca, como se indicó (punto 4.4, Cap. 4), en el bajo, entre noviembre de 2020 y marzo de 2023 la profundidad de la superficie freática varió entre 0,52 m y 1,62 m (Tabla 4.10, Cap.4), habiendo estado a una profundidad de 0,60 m en

octubre de 2021, y a 1,65 m en abril de 2022. Esto *confirma la respuesta del sitio a lluvias locales, regionales, y a lo que sucede a nivel país*. Sin embargo, se aprecia la permanencia de **un flujo relativamente poco profundo en ámbitos de bajo, aún en largos períodos secos**. Esto podría corresponderse con lo que describe Custodio Gimena (2001) “...En áreas deprimidas regionales la contribución de agua subterránea puede ser **casi constante, independiente de la fluctuación estacional e interanual de la precipitación, y por tanto de la recarga, a causa del gran tiempo de renovación del agua en el sistema, que puede ser desde muchos años a milenios**”.

En la Figura 7.9 se presenta a modo de **síntesis**, una imagen de Don Joaquín en un año Muy Lluvioso, en la fecha en que se midió regionalmente la mayor cobertura con agua (8319 ha, imagen 77 de Tabla 7.5), respecto a un año Muy Seco, sin agua en superficie (próxima a imagen 132 de Tabla 7.6).

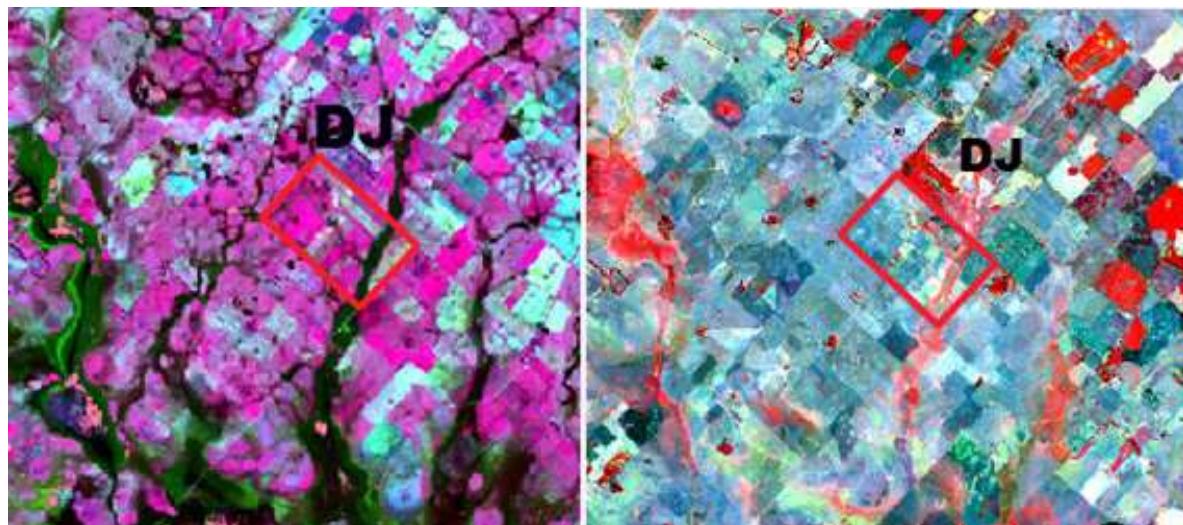


Figura 7.9 Establecimiento Don Joaquín en dos condiciones extremas Año Muy Lluvioso vs Muy Seco (7 septiembre de 2014 vs Año 2021, imagen de 3 de enero de 2022)

Consideraciones finales sobre cobertura de agua y precipitaciones en Don Joaquín

- En Don Joaquín se aprecia un **patrón relativamente definido de los sectores que se presentan con agua**, sin embargo, no hubo en todas las fechas una correspondencia con las lluvias locales.

- **Se observa una incidencia de las precipitaciones de años previos, e incluso en meses próximos** a la toma de las imágenes. Asimismo, la respuesta a las lluvias en Don Joaquín se encuentra vinculada a la **condición hídrica regional** e incluso a **nivel país**.

- Aún en años Secos locales, regionales y a nivel país, se registró la superficie freática en los ambientes más bajos y alcalinos. Esto podría corresponderse con lo que describe Custodio

Gimena (2001) para regiones deprimidas, como la Pampa Deprimida, con aporte casi constante de agua subterránea antigua, que es independiente de los eventos actuales.

- Respecto al patrón de acumulación de agua en Don Joaquín, se estima que la **construcción de canales** en el establecimiento direcciona los escurrimientos, concentrándolos, y si bien, puede resultar pertinente en algunos eventos de excesos hídricos, principalmente para los lotes aguas arriba, **debería reconsiderarse su pertinencia para la mayoría de los años en todo el establecimiento**. No se dispone de la fecha de construcción ni de imágenes más antiguas a las aquí presentadas.

- Lo aquí analizado, se corresponde con lo indicado en puntos anteriores, **el sitio recibe aguas provenientes de otras regiones**, flujos de largo recorrido con alto contenido de sodio, que se vinculan con los flujos locales que se producen en el propio establecimiento (recargas y descargas), y ámbitos regionales próximos. Estos **flujos locales y próximos al establecimiento**, muy posiblemente se modifican por los **canales** realizados.

7.2 Ambientes en Don Joaquín por fotolectura

En base a lo descripto en punto anterior, se seleccionaron imágenes de tres fechas, **2011** año Seco, **2016** inicio de año Lluvioso con año precedente seco, y **2018** año Lluvioso, y se analizó la ocurrencia y patrón de sectores con agua y/o con mayor contenido hídrico. Estos sitios se denominan: **“lagunas”** con agua en superficie y **“lagunas secas”** con mayor contenido de humedad y/o un patrón diferencial de suelo. La importancia de estas zonas se debe a que se constituyen en los sectores que suelen estar ocupado con agua en períodos lluviosos, y presentan una condición edáfica que difiere de su entorno, por lo tanto, se modifican las actividades agropecuarias y prácticas de manejo pertinentes para garantizar la sustentabilidad.

Consecuentemente, el criterio para **delimitar ambientes** es considerar las **“lagunas”**, **“lagunas secas”**, la magnitud de estos sectores, **proporción de agua, humedad, microrelieves, vegetación**, y como se distribuyen.

Asimismo, se delimitaron lo que se denominan **“lagunas promedio”**, basado en la ocurrencia de sectores con diferente contenido de humedad y/o agua, en todas las fechas disponibles de imágenes, algunas de ellas presentadas precedentemente. Se indican también, los **canales** realizados en el establecimiento, los cuales se observan en todas las imágenes estudiadas desde 2002, desconociéndose la fecha en la cual dichos canales fueron realizados. Es también importante mencionar que para definir ambientes, es necesario considerar la calidad de las imágenes y la ausencia de nubes.

7.2.1 Procedimiento utilizado en la división de ambientes por fotolectura

En la Figura 7.10 se presenta a modo de ejemplo, como fue realizada la división de ambientes en cada una de las fechas: A la izquierda de esta imagen Landsat de Google Earth, se aprecia una zona con **mayor densidad de “microlagunas-microdepresiones”**, esto se corresponde con el **ambiente VERDE**, mientras que a la derecha, la **densidad de “lagunas” disminuye** y se corresponde con el **ambiente NARANJA**, donde sólo aparecen algunas *lagunas aisladas* (zona más agrícola). Se amplia sobre la interpretación de colores en punto siguiente.

En esta sectorización, se consideró el **patrón de la imagen (textura)** que presupone condiciones de *suelo, agua y vegetación similares, y consecuentemente, deberían ser manejadas con criterio semejante*. Esto fue confirmado en las fechas seleccionadas, que si bien presentan cambios, se mantienen los ambientes principales. Respecto a las curvas de nivel, no hubo una correspondencia, tal como se explica posteriormente.

Sobre la **vegetación y su incidencia en la definición de ambientes**, puede indicarse lo siguiente:

La vegetación varía con la *epocha del año*, las *condiciones climáticas locales-regionales*, y la *actividad productiva* del establecimiento. Esto facilitó o dificultó la delimitación de ambientes. Por ejemplo, en octubre de 2018, primavera lluviosa, la *abundancia de pasto* enmascaró zonas que aparecen sin pasto en las imágenes de años secos. Asimismo, un *lote trabajado* enmascara, al menos en parte, el patrón de lagunas. En tal sentido, se destaca el lote 7 con alfalfa, en posición de loma, pero con marcada irregularidad del crecimiento vegetal, con sectores erosionados y diferentes tipos de suelos.



Figura 7.10 Ejemplo de sectorización de ambientes realizado en cada fecha. Izquierda zona con mayor densidad de “*microlagunas-microdepresiones*” (ambiente VERDE), y derecha menor densidad de “*lagunas*” (ambiente NARANJA, zona más agrícola)

En las Figuras 7.11 y 7.12 se explica en mayor detalle lo comentado en estos últimos párrafos. En la Figura 7.11 se aprecian las “*lagunas*” del ambiente VERDE con *límites bien definidos*, como “*estriás*” en el terreno. En la Figura 7.12 se aprecia la textura de las “*lagunas*” del ambiente VIOLETA, estas se presentan en forma de *manchones con bordes mas difusos*. Esta *diferente textura* de las imágenes pueden ser debidas a limitantes en la **infiltración** (ambiente VERDE), o a una saturación del suelo debido a la proximidad de la **superficie freática**, y su proximidad al Arroyo (ambiente VIOLETA).



Figura 7.11 Textura de “*lagunas*” del ambiente VERDE con límites bien definidos, atribuibles a limitantes en la infiltración



Figura 7.12 Textura de lagunas del ambiente VIOLETA, manchones con bordes mas difusos, atribuible a una saturacion del suelo debido a la proximidad de la superficie freàtica, y su proximidad al Arroyo

Si bien se comento al inicio de este punto lo que se consideran “**lagunas secas**”, se comenta adicionalmente sobre su patrón (textura). En *años Secos*, dichos sectores están sin vegetacion, o en algunos caso, se presentan con una coloracion blanquecina (posiblemente erosión y enlames de limo), y en *años Lluviosos* con cobertura de agua. Esto puede asociarse a los problemas de drenaje que se describieron en punto 4.3.2 (Capitulo 4), y que conduce a la acumulacion de agua en épocas lluviosas. En tales casos, debe **mejorarse la infiltracion**, para que el agua recargue en el sitio donde cae, y se almacene, **sin generar escurrimientos**. La **eliminación del agua** en los momentos de elevadas precipitaciones, conduce a una **intensificación de la sequía en años Secos**.

Interpretación de colores en ambientes (Figuras 7.13, 7.14, y 7.15)

Color azul, indica los sectores con agua “*lagunas*” presentes en las imágenes analizadas. Asimismo, se indica en azul el Arroyo al Sur del establecimiento, y los canales artificiales que atraviesan el establecimiento.

Color celeste, indica un cambio en el patrón espectral (textura de imágenes) debido a una *condición edáfica diferente*, que se asocia a sectores con mayor humedad y/o microrelieves que con frecuencia son ocupados con agua en años lluviosos (“*lagunas secas*”). Esto fue definido para las fechas seleccionadas.

Asimismo, estos colores, azul y celeste, se utilizan para indicar las “*lagunas*” y “*lagunas secas*” que resulta de analizar un gran número imágenes disponibles, denominadas “**lagunas promedio**” (Figura 7.18).

Color verde, se utiliza para indicar un **ambiente** caracterizado por la presencia de “*micro-lagunas*” (sectores más bajos), dentro de los sectores más elevados del establecimiento (cotas próximas a 18,75 - 17,5 m snm hacia el N del establecimiento), y continua hacia aproximadamente el O (la mitad del establecimiento) con cotas algo menores (16,25 - 15,0 msnm). Su extensión varia con el tipo de año (Figura 7.13 año S, Figura 7.14 año S/LI y Figura 7.15 año LI). Asimismo, se reconoce una zona que podría incorporarse en este ambiente, hacia el S del Arroyo, en el potrero 12 y parte del 11 (Figura 4.3, Cap. 4), que se entremezcla con el ambiente AMARILLO. El ambiente VERDE, es el principal ambiente del establecimiento, especialmente en épocas lluviosas (Figura 7.14 y 7.15).

Color Naranja, se utiliza para indicar un **ambiente** similar al VERDE, pero la densidad de sectores con agua “*lagunas*” es menor, aunque sigue mostrando sectores con agua en épocas de lluvias y/o presenta una condición edáfica diferente al secarse. Se destaca, que si bien estos sectores con agua son en menor número, son de mayor tamaño.

El ambiente NARANJA, es donde más se desarrolla la **actividad agrícola**, incluso mayor que en la VERDE. En este sentido, se destaca que el límite entre VERDE y NARANJA, cambia con las fechas en función de los aportes hídricos, pudiendo deberse estos cambios a la presencia de **discontinuidades litológicas, procesos erosivos pasados y actuales, cambios en el manejo que inciden, en forma diferente, en la natural baja infiltración que caracterizan estos suelos**. En las imágenes se aprecia que el ambiente NARANJA resulta algo mejor en *aptitud de uso* que el VERDE. Sin embargo, podría ser que el manejo haya uniformado condiciones que son más heterogéneas en su distribución. El mosaico de lagunas, no permite definir con precisión la delimitación de ambientes más elevados, como si es posible en el bajo. En cuanto a las cotas de nivel, el ambiente NARANJA, se encuentra en alturas semejantes al ambiente VERDE.

Color Amarillo, se utiliza para indicar un ambiente **agrícola**, que si bien presenta 2 “*lagunas*” bien definidas, no presenta el mosaico de *micro-lagunas* que caracteriza a los otros ambientes, por lo que se estima que no existen las mismas limitantes de infiltración de agua en el perfil, muy posiblemente debido a la presencia de discontinuidades litológicas (punto 4.3) (lote 12 y 14A en Figura 4.3). Como se indicó, un sector vecino a este ambiente, en el lote 11, puede considerarse ambiente VERDE. Estos sectores se ubican en cotas entre 15 y 16, 25 m snm (AMARILLO), y entre 16,5 y 17,5 m snm (VERDE, lote 11) (Figuras 4.3 y 4.24, Cap.4).

Color Violeta, se utiliza para indicar un ambiente más bajo que los dos anteriores, ubicado en curvas de nivel menores a 16,5 y principalmente en la cota 15,0 m snm. Se observa la presencia de mayor contenido de agua y/o anegamiento, dependiendo la profundidad de la superficie freática y ocurrencia de lluvias. Sin embargo, no se aprecian “*lagunas*” definidas. Este ambiente está asociado a una *zona anegable*, por el desborde del Arroyo que atraviesa el campo al S, precipitaciones locales,

escorrimiento de zonas más altas, y principalmente, aportes del agua subterránea de largo recorrido (lluvias de otras zonas).

Color Rojo, se utiliza para indicar un ambiente asociado al Arroyo, presenta un cambio en el color y textura debido a la vegetación. Está asociado a suelos saturados y/o anegados en la mayor parte del tiempo por la superficie freática, muy cerca de la superficie en la mayoría de los años normales.

Sobre las curvas de nivel: cabe indicar que se han indicado las curvas de nivel según la cartografía disponible, no obstante, no se corresponden en todos los casos con lo observado en cuando a la ocurrencia de “lagunas” y ambientes. Esto es debido a la escala de trabajo de la cartografía, planchetas escala 1:50.000 con equidistancia 1,25 m, habiendo sido definidos los ambientes con observaciones de mayor detalle de la geomorfología local, caracterizada por microlomas y microdepresiones, en un elevado número de imágenes satelitales de 30 m de resolución.

7.2.2 Ambientes

Ambientes en noviembre de 2011 (año Seco)

El total de precipitaciones acaecidas hasta noviembre de 2011 fue de 611 mm, siendo el total anual de 641 mm. En la imagen superior de la Figura 7.13, se presentan los **ambientes** definidos para esta fecha, y en la imagen inferior, la misma imagen superior con curvas de nivel, apotreramiento, y puntos de calicatas (rojos) (punto 4.3, Cap.4).

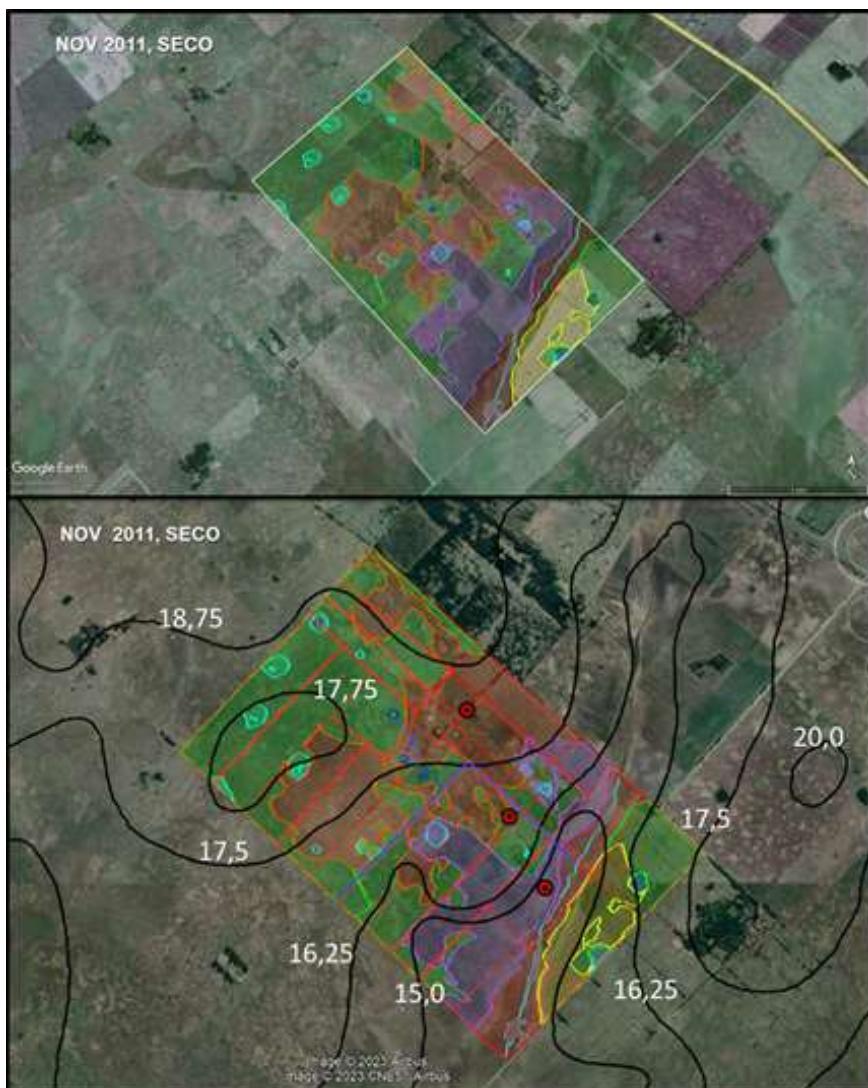


Figura 7.13 Imagen superior: Ambientes y sectores de “lagunas secas”, en noviembre de 2011. Año Seco. Imagen inferior, igual imagen superior, con curvas de nivel, apotreramiento, y ubicación de calicatas

Ambientes en marzo 2016 (año Seco 2015, inicio año Muy Lluviosos 2016)

En la Figura 7.14 se presenta en la imagen superior los ambientes, y en inferior, la misma imagen superior con las curvas de nivel, apotreramiento, y puntos de calicatas. En esta imagen, respecto a la de noviembre de 2011, se aprecia un aumento importante del ambiente VERDE, y disminución del ambiente NARANJA debido a la presencia de un gran número de cuerpos de agua (“lagunas”). Consecuentemente, las precipitaciones de los meses previos a marzo (enero: 94 mm, febrero: 151 mm y marzo: 54 mm = 299 mm,), que sólo resultan superiores a los promedios de dichos meses de manera significativa en febrero (promedios enero: 86,5 mm, febrero: 101,3 mm, marzo: 60,5 mm = 268,3 mm, Tabla 4.2), condujo a una elevada cobertura de agua, principalmente en los sectores

donde se ha canalizado (Figuras 7.18 y 7.19). Se destaca que el año precedente fue un Año Seco (total 2015: 560 mm), habiendo llovido por debajo del promedio en todos los meses en forma significativa, con excepción de enero y mayo de 2015 (122 y 104 mm respectivamente, Tabla 4.3). Se aprecia principalmente en la Figura 7.13 que incluso en el año Seco de noviembre de 2011 se presentan “lagunas” y “lagunas secas” principalmente en el **sector de canales**. Este sector se aprecia en la mayor parte de años analizados, tal como se aprecia en “**Lagunas promedio**” (Figura 7.18).

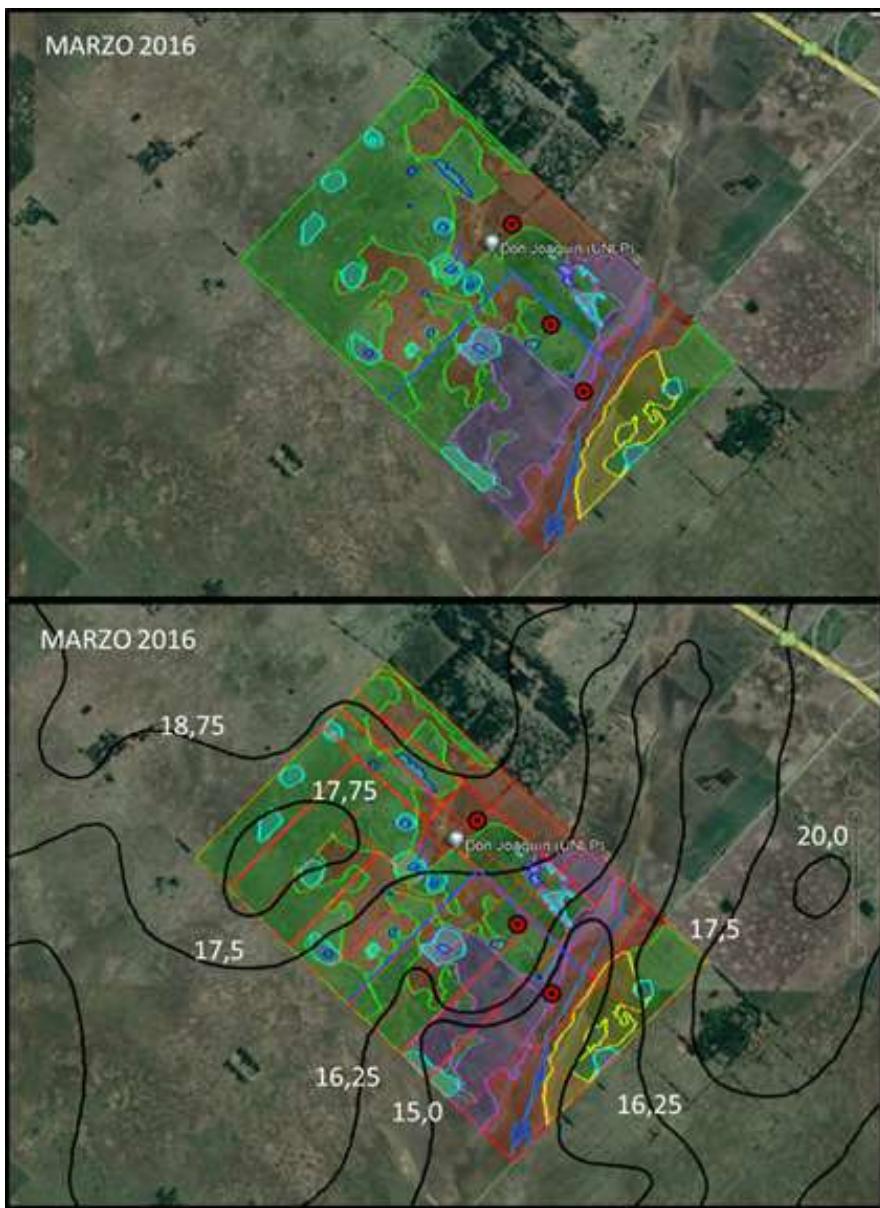


Figura 7.14 Ambientes y sectores con agua “lagunas-lagunas secas” en marzo de 2016 (año Lluvioso, hasta marzo 299 mm, y año precedente año Seco (total 2015: 560 mm) vs igual imagen con curvas de nivel, apotreramiento, y ubicación de calicatas

Ambientes de octubre de 2018 (año Lluvioso)

En la Figura 7.15, en la imagen superior se presentan los ambientes y sectores con agua “*lagunas* - *lagunas secas*” de un año Lluvioso, habiendo llovido 842 mm hasta octubre de 2018, siendo el total del año de 1161 mm; y en la imagen inferior, la misma imagen superior con curvas de nivel, apotreramiento, y ubicación de calicatas. En los meses de enero a octubre de 2018, la precipitación fue variable respecto al promedio (Tabla 4.2 y 4.3, Cap.4), situación que también se produjo en el año precedente 2017 (año Normal, 1011 mm). As, en mayo, julio y septiembre de 2018, las precipitaciones fueron superiores al promedio, y en octubre fueron muy escasas (2018: marzo 195 mm, julio 140 mm, sept 130 mm, oct 5 mm). Respecto a 2017, las lluvias fueron muy elevadas desde julio hasta octubre inclusive, en noviembre muy bajas (12 mm), y en diciembre sin precipitaciones. Muy posiblemente el patrón irregular de las precipitaciones que se produjo en 2017 y 2018, condujo a ambientes que si bien tienen mayor presencia de “*lagunas*”, y consecuentemente, un aumento del ambiente VERDE y disminución del ambiente NARANJA respecto al año Seco (Figura 7.13), no condujo al aumento de “*lagunas*” previsible respecto a la imagen de marzo de 2016 (Figura 7.14), si bien, se produjo un aumento importante del ambiente VIOLETA. Esto se aprecia con mayor detalle en la Figura 7.19 en los sectores con canales, y en menor medida, en la media loma hasta el bajo (Figura 7.20).

Lo comentado puede vincularse, al menos en parte, a lo sucedido a **nivel nacional**, con un periodo seco de 2013 a 2017 inclusive, y un inicio de un periodo húmedo en 2018 (Figura 4.2), condiciones que determinan la ocurrencia de flujos de agua subterránea de largo recorrido. Asimismo, se observa que las precipitaciones elevadas, generan “*lagunas*” temporales, cuya duración depende también de la duración de las precipitaciones locales, siendo su efecto mayor en todas las fechas en el sector de canales.

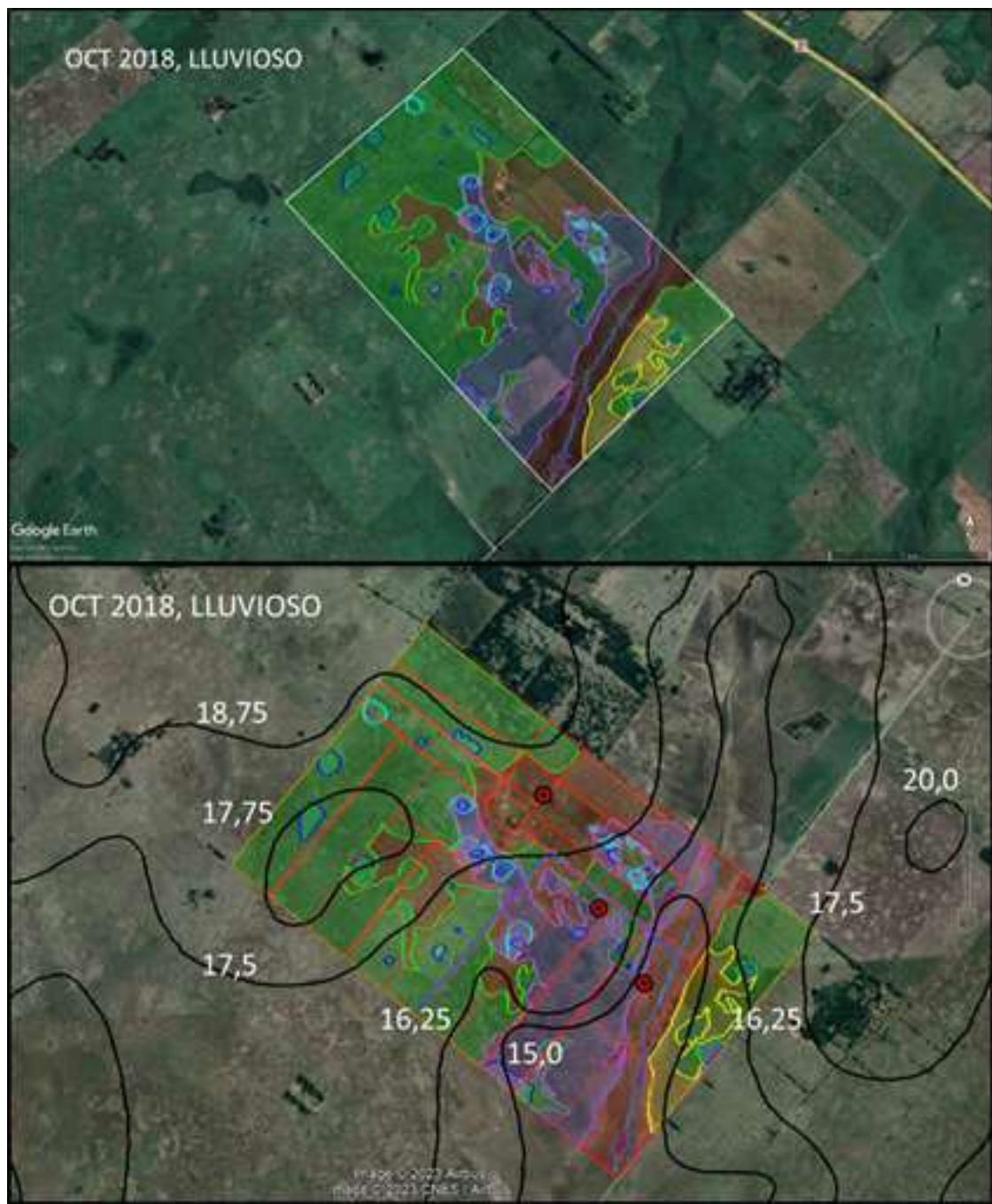


Figura 7.15 Ambientes y sectores con agua “lagunas”, en octubre de 2018, Año Lluvioso (total precipitaciones a oct 2018: 842 mm (total año 1161 mm) (sup) e igual imagen con curvas de nivel, apotreramiento, y ubicación de calicatas inf)

En las Figuras 7.16 y 7.17 se presentan **sólo los sectores con agua** en superficie y/o un patrón diferencial por mayor contenido de agua por microrelieves, definidas como “*lagunas-lagunas secas*”, y que fueron indicadas en los ambientes de las Figuras 7.13, 7.14 y 7.15. En la Figura 7.18

se presentan las “*lagunas promedio*”, que surgen de la visualización de un gran número de imágenes satelitales (punto 7.2.1).

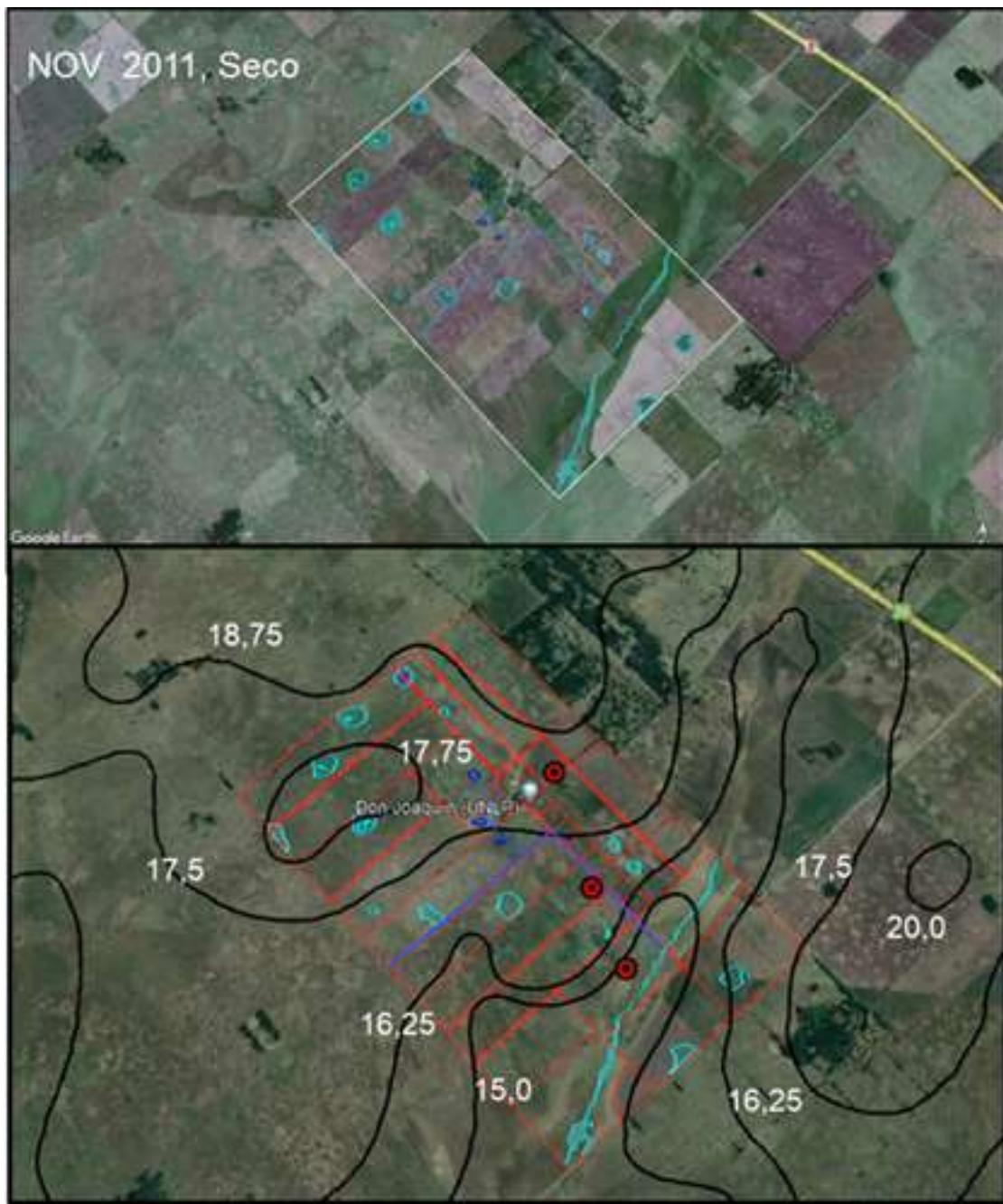


Figura 7.16 Imagen de noviembre de 2011, año Seco: “*lagunas*” sectores con agua, y “*lagunas secas*” sectores con un patrón diferencial por mayor contenido de agua y/o microrelieves (sup) e igual imagen con curvas de nivel, apotreramiento y ubicación de calicatas (puntos rojos) (inf)

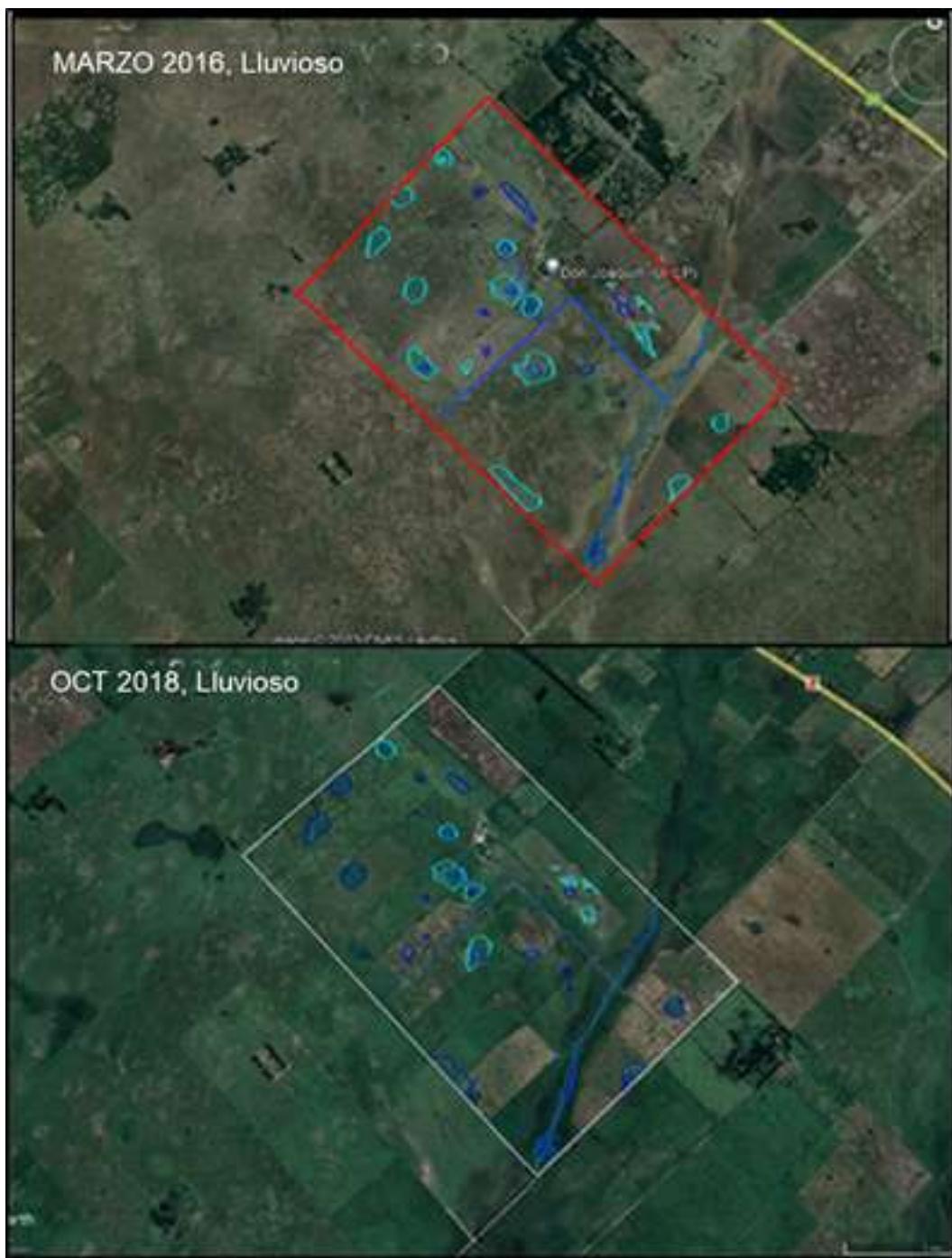


Figura 7.17 Imagen de marzo 2016 y octubre de 2018, años Lluviosos: sectores con “lagunas”, “lagunas secas” y canales

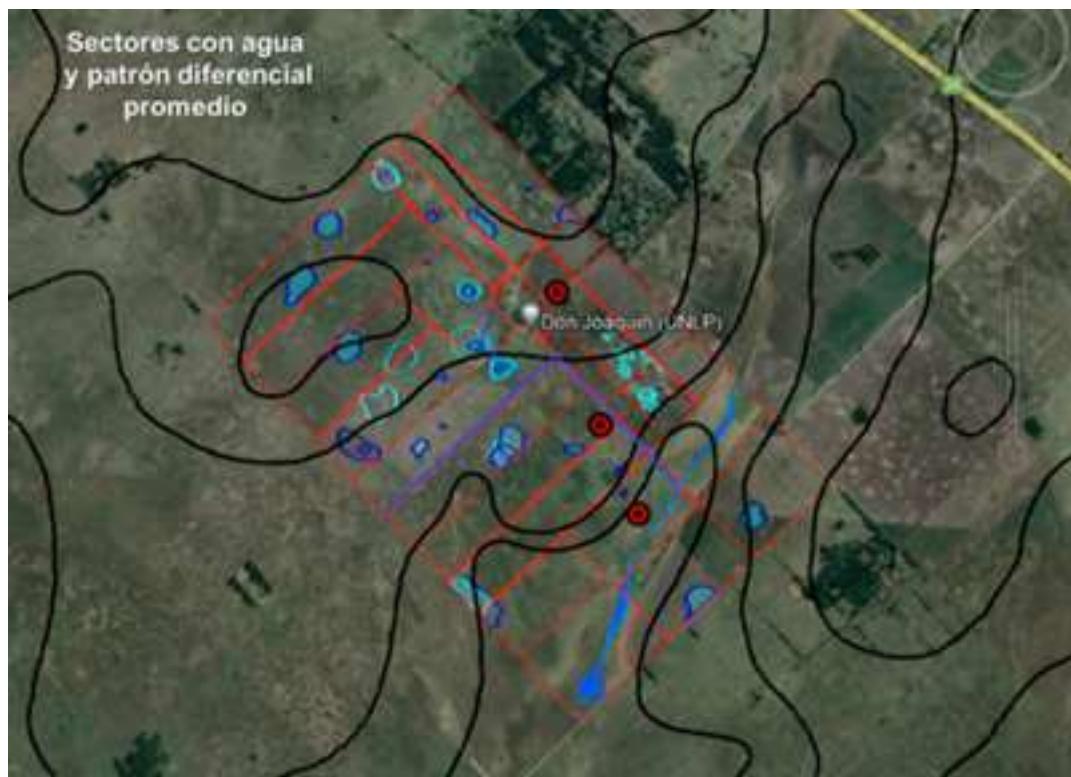


Figura 7.18 *Lagunas promedio*: sectores con agua y sectores con patrón diferencial (mayor humedad-microrelieves) frecuencia de ocurrencia en todos los años analizados

En la Figura 7.19 se presenta un detalle en el sector de **loma con canales**, en las 3 fechas analizadas, y en las “**lagunas promedio**”. En la Figura 7.20, se muestran sólo las lagunas de la Figura 7.19. En la Figura 7.21 se presenta un detalle del sector de la **media loma y del bajo**. Si bien estos ambientes fueron comentados precedentemente, en estas últimas Figuras, se muestra con mayor detalle por sectores a fin apreciar más claramente, las variaciones en las “*lagunas*” con o sin agua, y consecuentemente, en la definición de ambientes, que se producen por las lluvias locales y la influencia del agua subterránea que provienen de otros sitios.

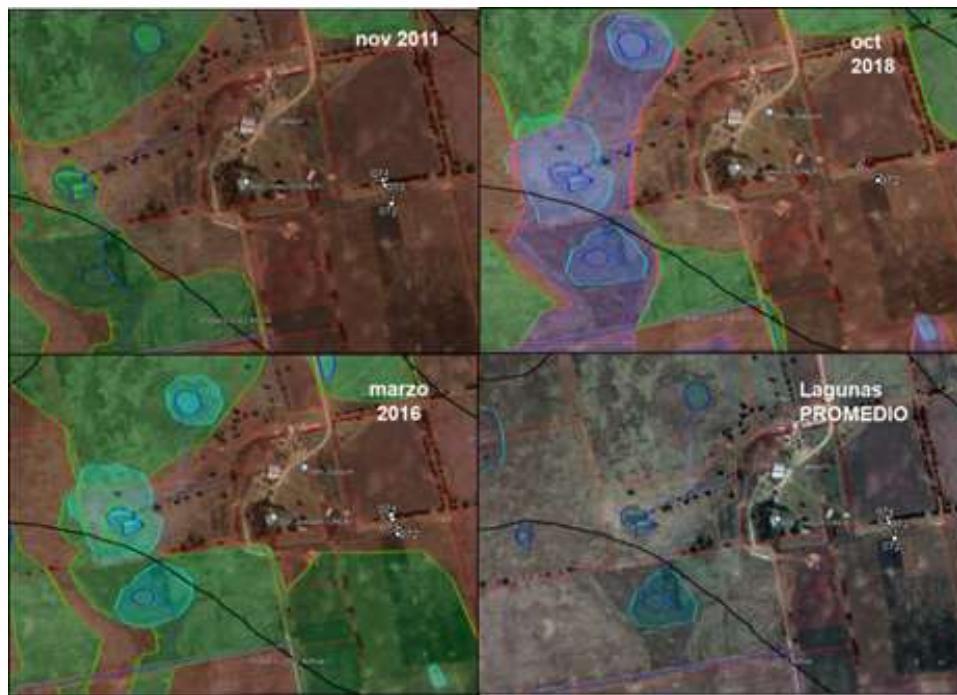


Figura 7.19 Sector de loma con canales sobre ambientes de noviembre 2011, octubre 2018, y marzo 2016, y “lagunas promedio”

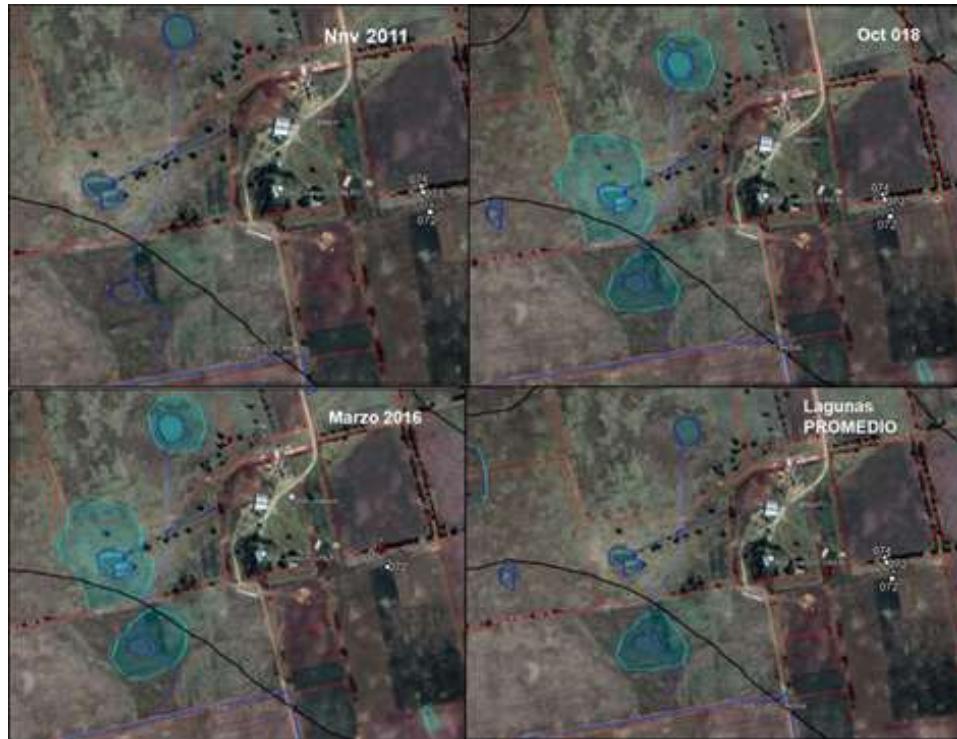


Figura 7.20 Sólo lagunas de la Figura 7.19

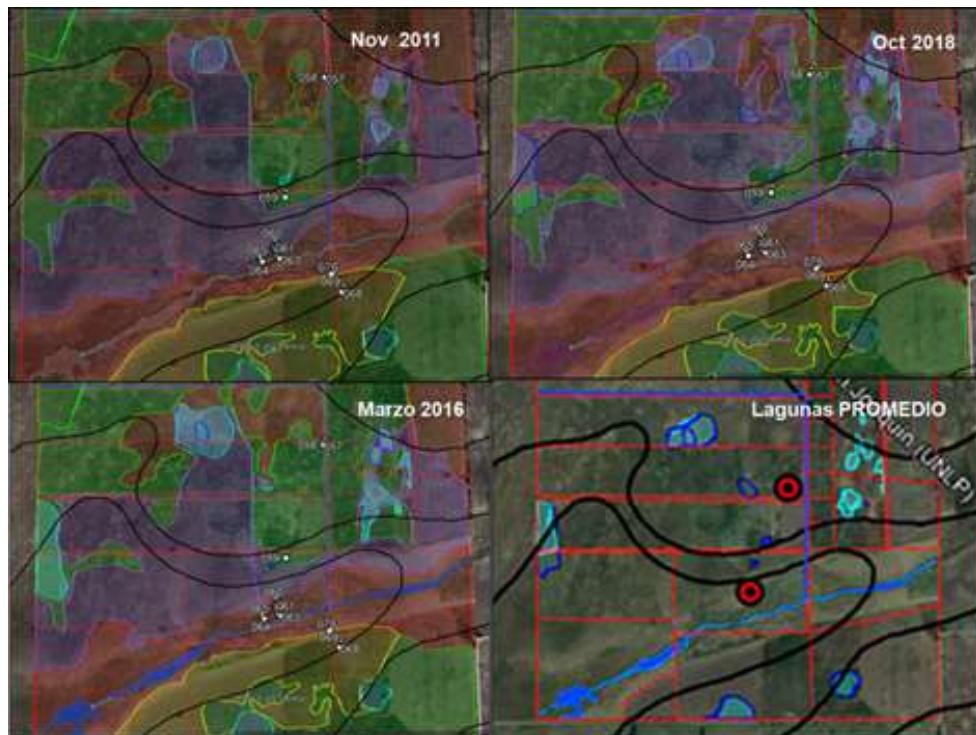


Figura 7.21 Sector de media loma a bajo sobre ambientes de noviembre 2011, octubre 2018 y marzo 2016, y “lagunas promedio”

Por lo expuesto, las denominadas “*lagunas promedio*” deberían ser las que efectivamente **determinen los ambientes para la mayoría de los años**, debiendo **reverse la pertinencia** de las **canalizaciones** conforme están realizadas.

7.2.3 Suelos reconocidos en ambientes definidos por fotolectura

Los estudios de suelo se realizaron en sectores de loma, media loma y bajo (calicatas y pozos de observación) en diferentes fechas. Este tema fue desarrollado detenidamente en el punto 4.3.2 del Capítulo 4. En este punto, se vinculan los suelos descriptos con los ambientes definidos para las tres condiciones hídricas analizadas. En las Figuras 7.22 se asocian los suelos descriptos en los ambientes definidos en noviembre de 2011 (Figura 7.13); y en la Figura 7.23, para igual fecha, un detalle del sector de la media loma, bajo y loma, al S del Arroyo. En las Figuras 7.24 y 7.25, se muestran los suelos en diferentes sectores de los ambientes de octubre de 2018 (Figura 7.15).

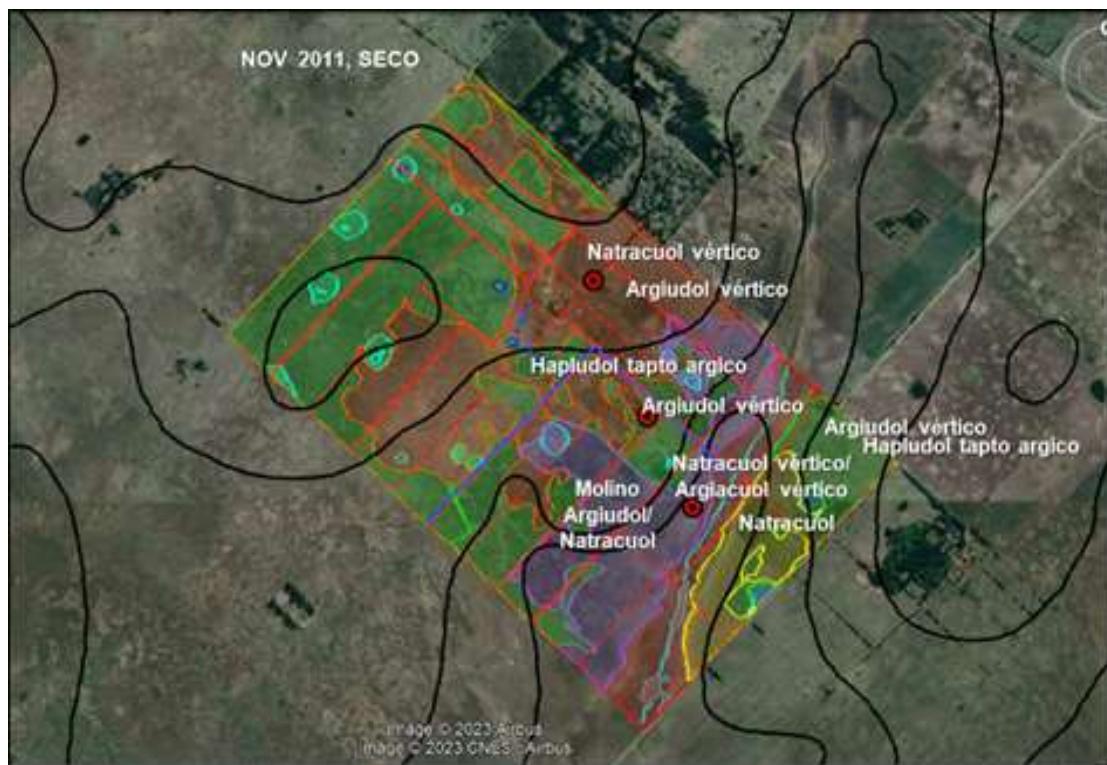


Figura 7.22 Suelos en Ambientes definidos en noviembre de 2011, año Seco

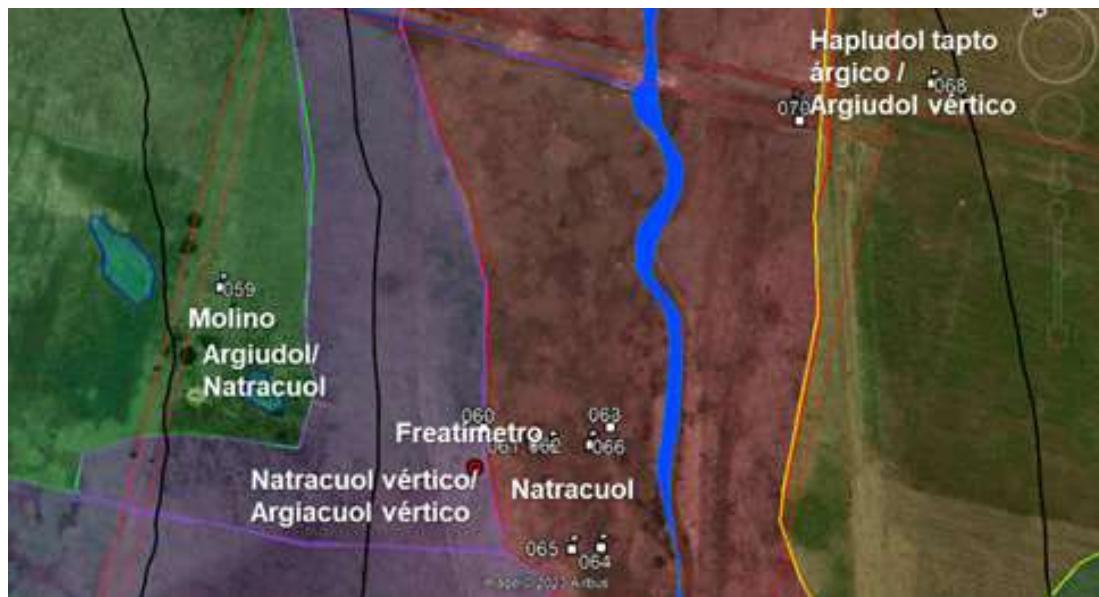


Figura 7.23 Detalle de los suelos descriptos entre el molino (media loma baja), el bajo, y loma del otro lado del Arroyo hacia el sur, en ambientes de noviembre 2011 (año Seco)

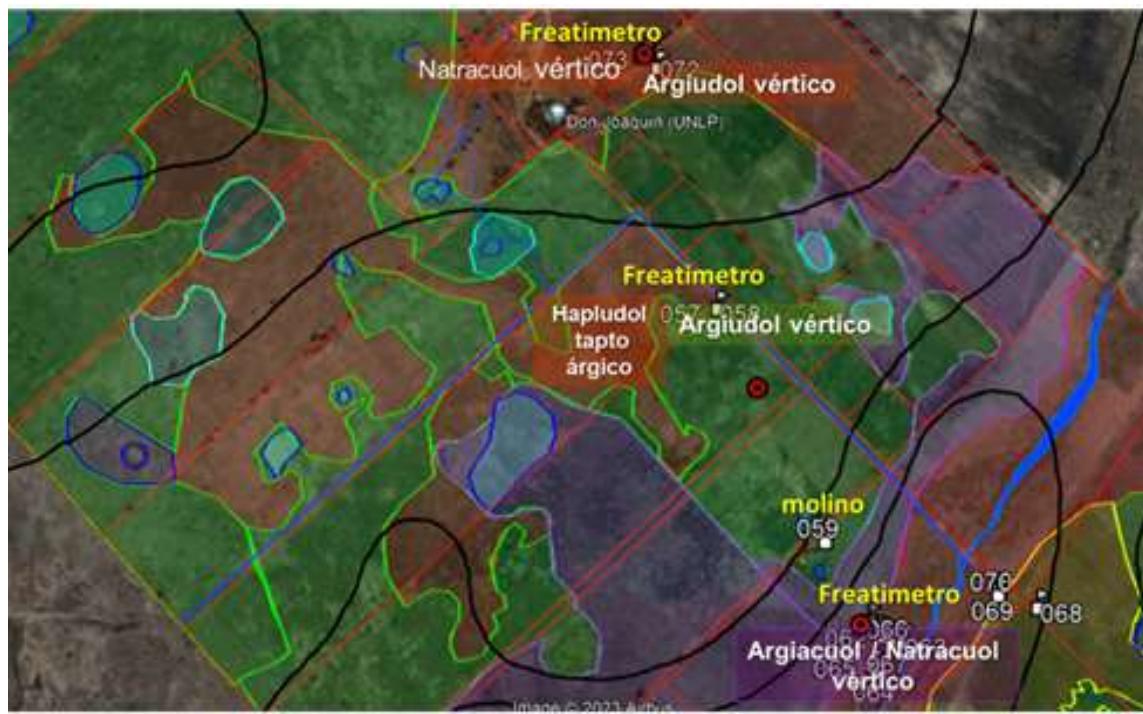


Figura 7.24 Suelos entre la loma y el bajo en Ambientes de octubre 2018

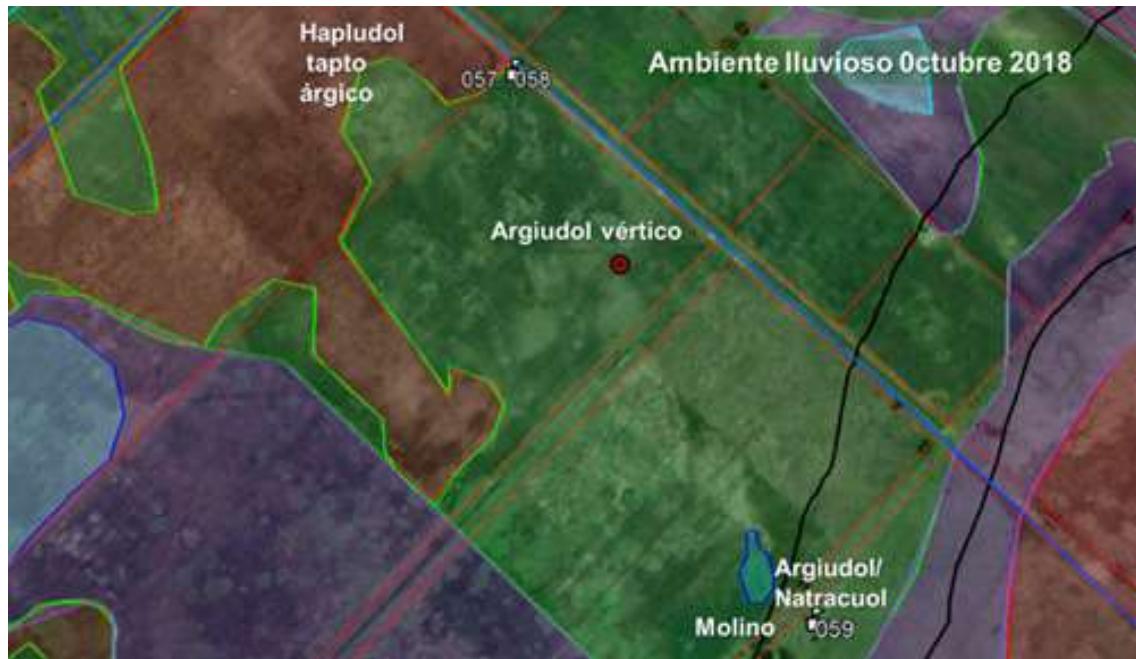


Figura 7.25 Sector entre media loma alta y media loma baja (molino) en octubre de 2018

A continuación, se reiteran y efectúa una **síntesis sobre los suelos** en Don Joaquín (punto 4.3.2, Capítulo 4) estableciendo **asociaciones con los Ambientes** aquí definidos:

Suelos y flujos de agua

La **geología** del sitio, se caracteriza por la ocurrencia de *procesos de sedimentación y erosión*, que son los responsables del espesor de las cubiertas sedimentarias (discontinuidades litológicas), y del patrón topográfico de planicies con microdepresiones y microlomas (punto 4.3.1, Cap. 4). Esto genera diferentes **tipos de suelos**, debido a que inciden de manera diferencial los **flujos de agua subterránea** que coexisten en el establecimiento y en la región, flujos *locales y regionales* de diferente recorrido y alcalinidad.

Una **propiedad que comparten los suelos del establecimiento**, es la presencia en alguna parte del perfil, de un horizonte Bt con *textura arcillosa*, con alta proporción de *arcilla montmorillonita (expansivas)*, que genera propiedades verticales (slickensides), que sumado a la frecuente **alcalinidad**, dificulta significativamente la **permeabilidad**. La evolución a esta textura y tipo de arcilla, se produjo en **condiciones pasadas** de elevado hidromorfismo, a partir de materiales originales de diferente origen (loess, limos, y arcillas). En alguna parte del perfil, o desde superficie hasta en profundidad, se reconocen **rasgos hidromórficos** como *moteados y concreciones de Fe y Mn* y **alcalinidad**.

En la **loma**, es donde mejor se aprecia la evolución del suelo en condiciones pasadas. La superficie freática actual, si bien, no se encuentra tan profunda como para no afectar en alguna fecha las partes más profundas del perfil (3 m cuando se instaló el freatímetro), el elevado contenido de **Na⁺ en la superficie** de algunos sitios, así como, los rasgos hidromórficos comentados, revela que sus propiedades responden a condiciones climáticas pasadas. No obstante, las propiedades de estos suelos pueden haber sido modificadas en tiempos recientes y en la **actualidad** por el **manejo**, principalmente en su grado de manifestación, tal como, en el **espesor del horizonte A (erosión)**, y asociado a esto, en la **permeabilidad**. En el resto de las posiciones la **superficie freática** puede alcanzar la superficie, dependiendo de precipitaciones locales, regionales y a nivel país. No obstante, se observó que aún en épocas de prolongada sequía, **se mantiene un flujo de agua subterránea**, a aproximadamente 1 m en el bajo, que se correspondería con lo señalado por Custodio Gimena (2001) para zonas deprimidas regionales, donde la contribución de agua puede ser continua, independiente de la fluctuación estacional e interanual de la precipitación, y de gran tiempo de renovación, años a milenios.

Suelos y ambientes en la loma

Los dos suelos reconocidos en la loma, fueron el **Argiudol vértico** (ubicado en el alfalfa de lote 7) y el **Natracuol vértico** (Calicata III, junto al freatímetro, entre lote 5 y 7), ambos en el ambiente **NARANJA** del año Seco y del año Lluvioso (Figura 7.22 y 7.24). La principal característica que

diferencia a estos suelos, es la **alcalinidad y permeabilidad**. En el primer suelo, en la base del perfil aumenta el pH, y en el segundo, presenta elevada alcalinidad desde superficie.

Estos suelos se ubican en un ámbito de *loma extendida con microdepresiones*, que en la Carta de suelos INTA (1:50000) (Figura 2.8, Cap. 2) se incluyen en la UC Etch1 constituida por la Serie Etcheverry **Paleudol vértico** (80%) y Serie Poblet **Natracualf vértico** (20%) (Figura 2.9, Cap. 2). El suelo **Natracuol vértico**, en el sector de la Calicata III en la loma, podría tener cierta correspondencia con la Serie Poblet **Natracualf vértico** (INTA). Sin embargo, esta última se ubica en posiciones más bajas. Otras series, que suelen asociarse a la Serie Etcheverry, tal como la Serie Vieytes, se dan en ámbitos elevados y presentan mucho Na desde superficie. Respecto al suelo **Argiudol vértico**, descripto en el alfalfa, no se corresponde con el **Paleudol vértico** indicado por el INTA para estas posiciones (serie Etcheverry), tema que se analizó en punto 4.3.2.

La **erosión actual** en ámbitos de loma (Figura 4.20, Cap. 4), así como, las características naturales de los suelos, puede acentuar el **microrelieve y la distribución de cuerpos de agua** comentada, y consecuentemente el **ambiente que se le asigna**. El ambiente **VERDE** también se observa en ámbitos de loma, posiblemente donde la **infiltración** presenta mayor variabilidad y dificultad.

Se aprecia entonces, que los **suelos sódicos y no sódicos en superficie**, con diferente espesor del horizonte A, se alternan en un *patrón intrincado de distribución*, que explican los **índices de vegetación, la cobertura con agua, y el “moteado” de suelos** que se aprecia en las imágenes (Figuras 7.10, 7.11 y 7.12), y que conducen a “lagunas” y “lagunas secas”, e incluso, a la presencia de otras superficies con agua de menor extensión. Como se indicó, en el ambiente **VERDE** de las Figuras 7.13, 7.14 y 7.15, es donde más claramente se aprecian las “lagunas-lagunas secas” en las microdepresiones, y algo menos en el ambiente color **NARANJA**.

Suelos y ambientes en la media loma

En la **media loma alta**, se describen suelos **Hapludol tapto árgico**, con un horizonte superficial de textura franca limosa correspondiente a una discontinuidad litológica, que alternan con **Argiudoles vérticos** (Calicata II, Figura 4.10 y 4.11, Cap. 4), al disminuir o desaparecer el depósito superior de la discontinuidad litológica. Al igual que los suelos de la loma, varía el **nivel de sodicidad**, siendo más marcada dicha variabilidad por la presencia de la **superficie freática próxima a la superficie**, y por las **recargas de agua de lluvia** que son favorecidas por una mejor permeabilidad (Figura 4.27, Cap. 4). Consecuentemente, cuando no hay excesos hídricos, presentan una mejor aptitud productiva.

Los suelos indicados, se ubican entonces, en un patrón irregular de distribución, con sectores que se **anegan** por elevación de la freática y/o acumulación de agua en superficie (Figura 4.31, Cap.4), por lo cual, según la condición climática se ubican en el ambiente **VERDE, NARANJA** e incluso **VIOLETA** (Figura 7.13, 7.14 y 7.15).

En la **media loma baja**, próxima al molino, se describieron también suelos ***Argiudol* vértico y *Natracuol* vértico** dependiendo también del nivel freático. Estos suelos se ubican en el ambiente **VIOLETA**, en el límite con el **ROJO**.

En la Carta del INTA, estos suelos se ubican en la unidad cartográfica **CoLM** (Figura 2.8, 2.9, Cap. 2), *Complejo no diferenciado hidromórfico Los Mochos*, en una posición de bajo, en un paisaje de **planicies muy anegables e inundables** con baja capacidad de uso. Consecuentemente, dada la escala de trabajo de la Carta del INTA, no se identifican los suelos aquí descriptos, pero si la heterogeneidad hidromórfica.

Suelos y ambientes en el bajo

Los suelos del bajo se ubican en el ambiente **VIOLETA**, y principalmente en el **ROJO**. Se identificaron suelos ***Natracuol* vértico y *Argiacuol* vértico**, dependiendo de la profundidad de la superficie freática, la cual en muchas fechas se encuentra próxima a la superficie (Figura 4.29, Cap. 4), y en épocas secas a aproximadamente 1 m de profundidad (Figura 4.32 y Tabla 4.10, Cap. 4). Presentan muy elevado contenido de materia orgánica y alta permeabilidad (Figura 4.27, Cap. 4). Hacia el Arroyo aumenta en el suelo la sodicidad siendo también ***Natracuol* vértico**.

La **vegetación** sigue los pulsos de hidrohalomorfismo, con comunidades vegetales que varían entre **hidromórficas a halófitas**. En la Tabla 4.11 se presentó la **composición del agua freática** en el freatímetro, en la Figura 4.6b los valores de pH medidos en el agua freática de la calicata, y en la Figura 4.59 ((Cap. 4) en el agua que anega. La calidad del agua varió conforme el **balance de sales** entre el agua que infiltra, asciende por presión hidráulica (descarga), y evapotranspira (capilaridad). Consecuentemente, la **aptitud de uso** también varía significativamente con los pulsos de agua de superficie y subterránea. Cabe destacar, que en *septiembre de 2023* la superficie freática se ubicaba a más de 1 m, aún con elevadas precipitaciones locales, y hubo una tendencia a disminuir el pH del suelo. Esto se explica por la dilución de la lluvia local, y la menor incidencia de flujos de agua subterránea de largo recorrido en periodos muy secos regionales. Todos estos cambios, modifican la presencia de agua en superficie, la forma en que se distribuyen los cuerpos de agua, y consecuentemente el ambiente que se le asigna.

Suelos en posiciones altas cruzando el Arroyo

En los lotes 11 y 12 se presenta un sector elevado que se ubican en ambientes **VERDE y AMARILLO** respectivamente que modifican su extensión según la condición hídrica (Figura 7.22 y 7.23). Se identificaron en el lote 11 suelos ***Hapludoles* tapto árgicos**, que alternan con suelos ***Argiudoles* vérticos** por disminución del espesor del depósito superior, e incluso en sectores más bajos próximos a estos, se identifican suelos ***Natracuoles*** (Figura 7.22 y 7.23). Consecuentemente, los suelos son semejantes a los descritos en la media loma, los *cambios se producen por la forma en que incide el agua subterránea y el agua de superficie*.

Consideraciones finales sobre Suelos por Ambientes definidos por fotolectura

- Los ambientes quedan principalmente definidos por la **forma en que se manifiestan los excesos hídricos**, debido a las características de los **suelos**, y por la posición topográfica que posibilita la elevación de la **superficie freática y/o recargas locales**.

- En el establecimiento, **no existe** un sector donde prevalezca **un único tipo de suelo**. Es principalmente su **posición** lo que permite un manejo agrícola o ganadero, debido a la forma en que inciden los flujos de **agua subterránea** y el agua de **escurrimento**.

- Los suelos se han desarrollado a partir de **diversos materiales** (discontinuidades litológicas) con diferentes propiedades, principalmente texturales, que inciden en el comportamiento del agua que **infiltra**, así como, la que **asciende por flujos de agua subterránea**. Asimismo, la presencia natural de Na en algunos sectores desde superficie, dificulta la permeabilidad.

- Los suelos en todos los ambientes se presentan en un **patrón irregular de distribución**, donde alternan **suelos con mayor o menor alcalinidad desde superficie, con mayor o menor permeabilidad**. Esto se presenta *desde la loma hasta el bajo*, y se aprecia en el *microrelieve* que tan claramente se observa en las imágenes satelitales de todas las fechas, y en las observaciones de campo, con cambios en las comunidades vegetales o desarrollo de los cultivos.

- Los suelos identificados principalmente en todas las posiciones fueron **Natracuoles vérticos y Argiudoles vérticos**, y en algunos sectores de la media loma alta, donde se presenta la discontinuidad litológica más reciente con texturas más gruesas, se clasifican como **Hapludol tapto árgico**. Muy posiblemente en estudios de mayor detalle se reconozcan también, **Natracualf vérticos** (por disminución del espesor del horizonte A), y **Hapludoles tapto nátricos** (por proximidad del agua subterránea más alcalina).

- El **rasgo común en todos estos suelos**, es la presencia en alguna parte del perfil de un horizonte con alto contenido de arcilla y dentro de esta, una alta proporción de arcilla expansiva (propiedades vérticas), que dificulta la permeabilidad. Esto se hace más evidente cuando además, aumenta la alcalinidad, se favorece la erosión y la pérdida de la cobertura vegetal.

- Se observa una importante variación temporo-espacial de la profundidad de la superficie freática, de las recargas de agua, y de los escurrimientos, esto modifican los ambientes.

- La calidad del agua subterránea responde a **flujos locales y de largo recorrido**, estos últimos con elevado contenido de Na^+ . En función de la profundidad a la cual se encuentran estos últimos, y la posibilidad de dilución de los flujos locales (recarga y descarga), alcalinizan en forma variada el perfil edáfico, desde profundidad hasta superficie, y establece también, niveles muy variados de hidromorfismo.

- El **balance de sales en el suelo** resulta de la mezcla del agua que entra al perfil, descendente (que infiltra, recarga), asciende por presión hidráulica (descarga), y del contenido de agua que efectivamente queda retenida en el perfil, que variará según la evapotranspiración (flujo capilar ascendente).

- En todo el establecimiento la **erosión** se destaca como la principal limitante, y consideración a tener en cuenta en el **manejo**. Esto es debido principalmente a las dificultades de recarga de agua de lluvia local en ambientes más altos, planos y con baja infiltración, y al escurrimiento de agua que proviene de sectores más elevados hacia los sectores más bajos y/o en pendiente. La presencia de **canales**, y el no favorecer la entrada del agua al perfil edáfico, aumenta el escurrimiento, la erosión (disminución del horizonte A); y propicia la presencia de “lagunas permanentes y lagunas secas”.

7.3 Delimitación de ambientes por técnica geomántica

El INTA Clima y Agua, Castelar realizó una delimitación de ambientes utilizando diferentes imágenes y técnicas geomáticas de uso frecuente. En la Figura 7.26 se presenta la imagen del 30 de **agosto de 2017**, en la parte superior de esta figura se muestra el detalle del establecimiento Don Joaquín, y en la inferior, una vista regional que incluye Don Joaquín y El Amanecer. Este año fue Normal para Don Joaquín por sus precipitaciones totales (1011 mm), hasta agosto llovieron 302 mm, y en el mes de agosto 216 mm. Regionalmente las precipitaciones fueron elevadas, hasta el mes de agosto en Ardití llovieron 764 mm (total 1067 mm), en Vieytes 835 mm (total 1170 mm), en El Amanecer 594 mm (total 806 mm), en Chascomús 953 mm (total 1218 mm), y en Punta Indio 725 mm (total 1012 mm). Por lo expuesto, dadas las elevadas lluvias en Don Joaquín y en las localidades próximas analizadas, la imagen utilizada presenta una elevada cobertura de agua que permitió definir las zonas más bajas y el movimiento del agua. Posteriormente, se utilizaron imágenes con menor precipitación, Normal y Seca, a fin de precisar los ambientes. Se definen así, **4 ambientes** (Figura 7.27).

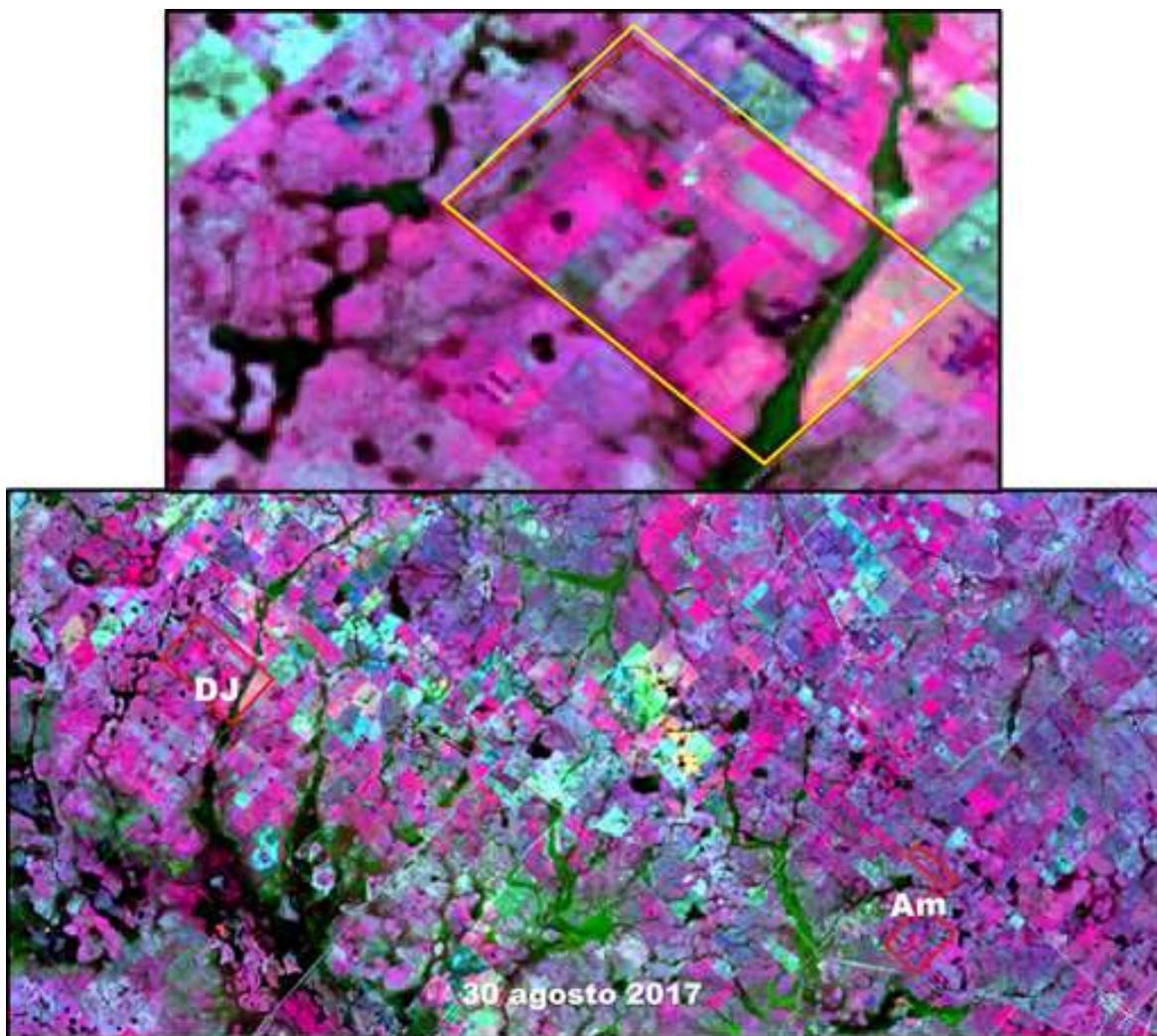


Figura 7.26 Imagen del 30 de agosto de 2017 (Landsat 8). Detalle del establecimiento Don Joaquin (año Normal en DJ 1011 mm, hasta agosto 302 mm (sólo en agosto 216 mm) (superior), y vista regional, incluye Don Joaquín y el Amanecer (inferior)

En la Figura 7.27 se presentan los ambientes que se reconocieron por este procedimiento. El **ambiente 1**, color **Verde claro**, es el más expenso, considera una situación general semejante en el escurrimiento, concentrándose dicho escurrimiento en el **ambiente 2**, color **Amarillo claro**. En el **ambiente 3**, en color **Celeste**, es donde se acumula el agua formando cuerpos de agua relativamente frecuentes. Se destaca, al igual que lo observado en la división por fotolectura de los ambientes, que la localización de la vía de escurrimiento principal del **ambiente 2**, y los cuerpos de agua del **ambiente 3**, se ubica al menos en parte, en el **sector de canales** construidos en el establecimiento. Consecuentemente, no se puede indicar si dicha *vía de escurrimiento y acumulaciones de agua, es natural o ha sido provocada*, o al menos intensificada en su magnitud

por la construcción de dichos *canales*. El **ambiente 4**, color Azul, corresponde al Arroyo y su principal área de influencia.

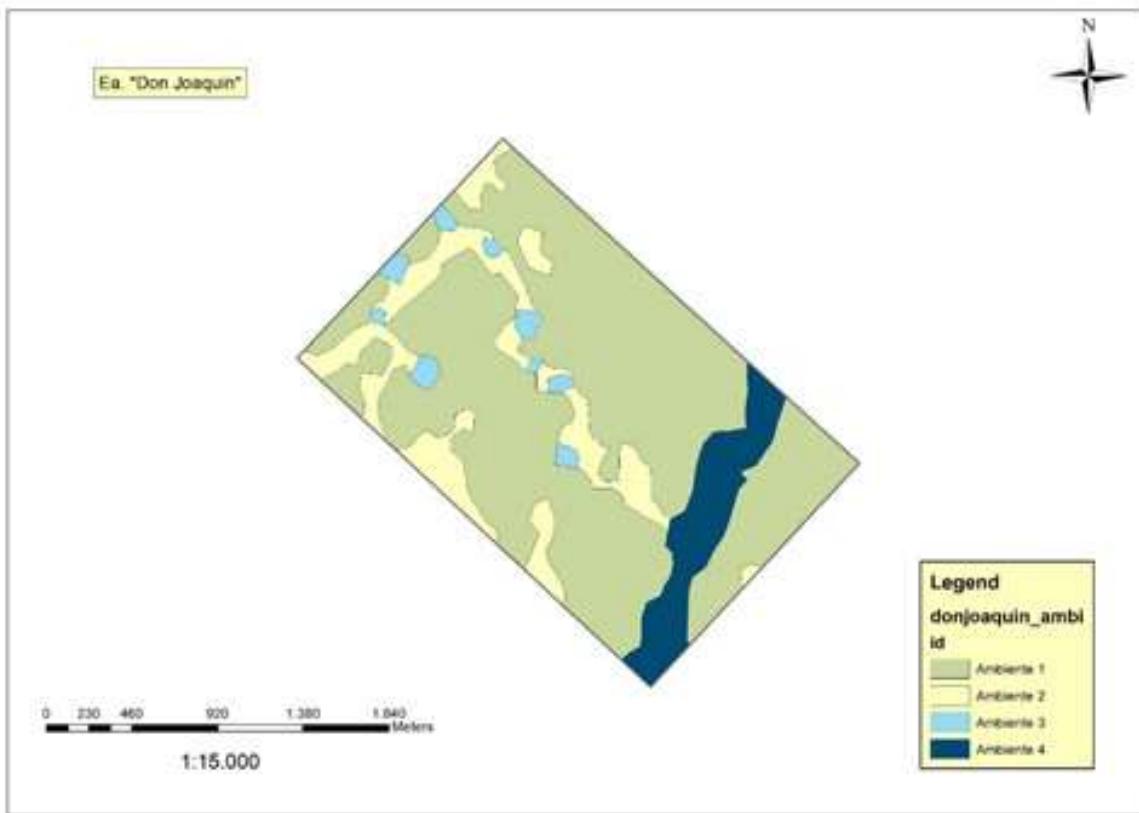


Figura 7.27 Ambientes obtenidos con imagen del 30 de agosto de 2017, y otras con condiciones diferentes en cobertura de agua

En la Figura 7.28 se muestra la **superposición de los ambientes** obtenidos por INTA por técnicas geománticas (Figura 7.27) con los obtenidos por fotolectura en octubre de 2018 (Figura 7.15).

Se aprecia que efectivamente las zonas con mayor acumulación de agua se ubican en el **Ambiente 2 y 3** (Figura 7.27) que se corresponde con un sector del ambiente **VERDE y VIOLETA** (Figura 7.15). Sin embargo, la técnica geomática, **no refleja los cambios** que se producen en relación a la presencia de agua en superficie, que aunque varían según las fechas, tienen una visible distribución asociada a la **topografía** general (loma, media loma y bajo), y al **microrelieve** que dentro de dicha topografía general se presenta en función de las **condiciones de suelo, erosión, e incidencia del agua subterránea y de superficie**. Esto se manifiesta en la **vegetación**, comunidades vegetales en la media loma y bajo, y desarrollo de los cultivos en la loma. Todos estos aspectos se consideran en el criterio de dividir ambientes por fotolectura.

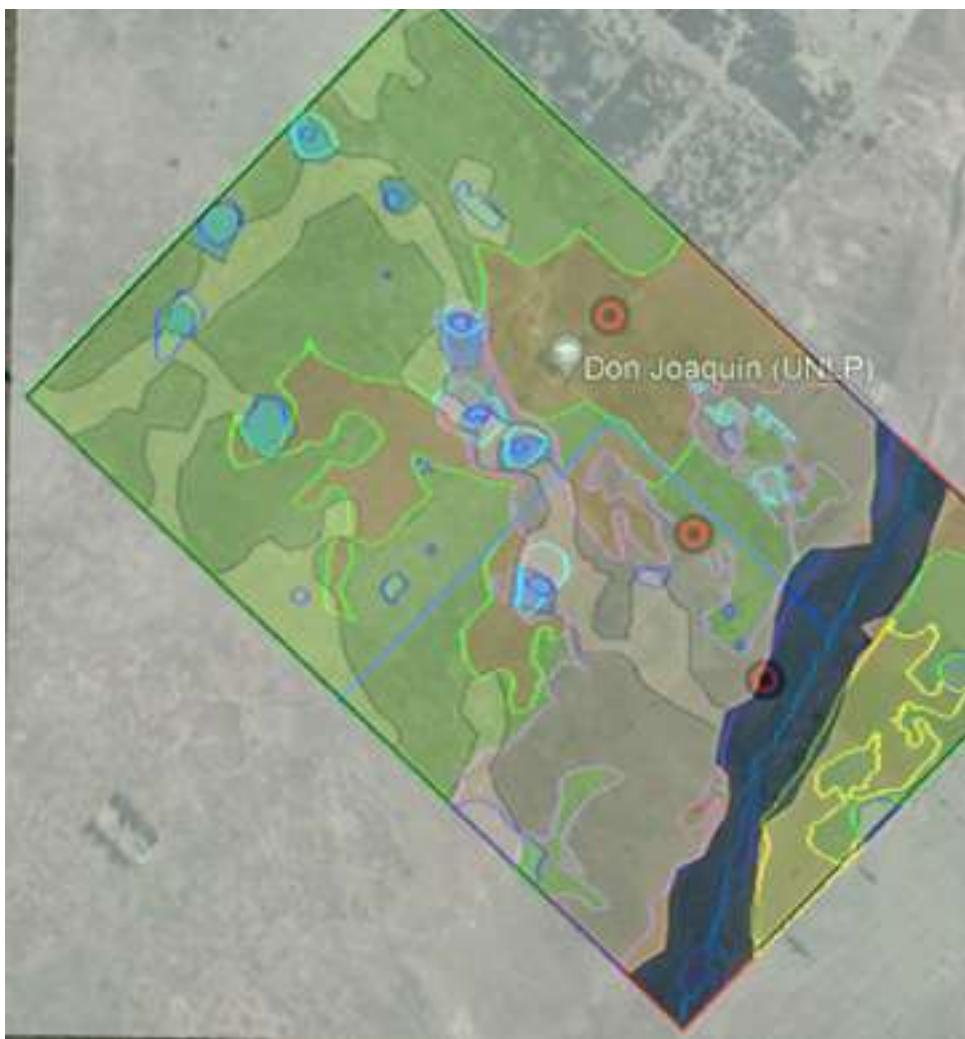


Figura 7.28 Superposición de los ambientes obtenidos por INTA por técnicas geománticas (Figura 7.27) con los obtenidos por fotolectura en octubre de 2018 (Figura 7.15)

Respecto a la correspondencia entre ambos procedimientos para definir Ambientes, se destaca lo que a continuación se indica:

-El ambiente **VERDE**, incluye parte del **ambiente 1** y el sector superior del **ambiente 2**, donde la superficie freática se ubica en general más profunda, y consecuentemente, las acumulaciones de agua se vinculan al microrelieve con diferentes tipos de suelo e infiltración (*Argiudol* vertical con *Natracuol* vertical en loma). Asimismo, se aprecia que los escurrimientos regionales, en la parte Norte se asocian a la **Cañada larga**, y, específicamente dentro del campo, a la **construcción de canales**. Puede destacarse también, que en el criterio de fotolectura, se discriminan sectores con *menor agua acumulada* (ambiente **NARANJA** con *Argiudoles* verticales y *Hapludol tapto árgico* con significativamente mejor drenaje), y otros con mayor influencia del agua freática, ambiente **VIOLETA**. Consecuentemente, a través de la fotolectura, se puede efectuar una

división del **ambiente 1** (Figura 7.27), en ambientes **VERDE, NARANJA y VIOLETA**, considerando entonces, agua en superficie, subterránea, tipo de suelo y vegetación.

- En el criterio de fotolectura se consideran situaciones diferentes en el **área del Arroyo** que son incluidas como un único **ambiente 4** (Figura 7.27). Así, a través de la fotolectura puede discriminarse un sector menos afectado por agua, y otro que se constituye en el Arroyo propiamente dicho (ambientes **ROJO y AZUL** respectivamente (Figura 7.15).

-Respecto al ambiente **AMARILLO** y **VERDE** hacia el otro lado del Arroyo al sur, es una zona elevada que intercala con zonas bajas, con suelos *Natracuol*, *Argiacuol* y *Hapludol tapto árgico*, que modifican significativamente su aptitud productiva. Sin embargo, con la técnica geomática queda todo incluido en el **ambiente 1**.

En la Figura 7.29 se presenta la superposición de las “*lagunas promedio*” definidas por fotolectura, con los ambientes definidos por la técnica geomántica (Figura 7.27). Se aprecia una buena correspondencia en las “*lagunas*”. Sin embargo, a través de la fotolectura, se distinguen otros cuerpos con agua, y principalmente las “*lagunas secas*”, que se corresponden con patrones diferenciales de **suelo y vegetación**, debido a cambios en la *humedad edáfica, sodicidad, contenido de materia orgánica, procesos erosivos, microrelieves, infiltración, permeabilidad, y funcionamiento del agua subterránea*, aspectos todos que modifican el **manejo agropecuario**.



Figura 7.29 Superposición de las “*lagunas promedio*” definidas por foto lectura (Figura 7.18) con los ambientes definidos por técnica geomántica (Figura 7.27)

Por lo expuesto, el procedimiento de observación de imágenes de eventos climáticos extremos por **fotolectura** resulta adecuado para definir la forma en que se distribuye el agua de escorrimiento con acumulaciones de agua, recargas en el sitio, y la que asciende por superficies freáticas. Es posible definir un patrón de distribución, y asociarlo a condiciones de **suelo y vegetación**, y consecuentemente, programar cambios en el **manejo** tendientes a disminuir los efectos observados relativos a la degradación.

La **técnica geomática** utilizada, si bien permitió definir los ambientes principales, *no discrimina condiciones diferentes para implementar el manejo*. Así, por ejemplo, el ambiente 1 incluye condiciones que en la fotolectura se aprecian como diferentes, tal como la presencia de sectores con mayor o menor acumulación de agua asociado a condiciones del suelo, y/o incidencia de la superficie freática.

7.4 Consideraciones finales

En cada punto precedentemente analizado, se presenta una **síntesis**. En este punto, se reiteran algunos aspectos relevantes. Sin embargo, se recomiendan sean consultados en cada ítem temático los fundamentos que se consideraron en cada caso.

- En las imágenes satelitales que abarcan una amplia región se aprecia que el establecimiento está influenciado por el aumento de **caudales de Arroyos, Cañadas, y vías de escorrimiento**, muchas de ellas favorecidas por la construcción de **canales artificiales**. Asimismo, todo el establecimiento presenta **flujos de agua subterránea** de largo recorrido ricos en Na. Estos flujos se hacen evidentes como descargas (flujo ascendente), en los sectores de media loma y bajo, dependiendo principalmente de las condiciones climáticas regionales, y tipos de suelos.

- El establecimiento se ubica entre las **Cañadas Larga al Norte y la Cañada Grande al Sur**, por lo cual el ambiente VERDE y NARANJA están influenciado por la Cañada Larga, mientras que el ambiente VIOLETA por la Cañada Grande. Dada la **continuidad hidráulica regional** (todos son materiales sedimentarios), las aguas subterráneas también inciden en la presencia de agua en dichos ambientes. Las precipitaciones locales recargan en el sitio, sin embargo, su infiltración y reserva en el suelo depende de la **permeabilidad**.

- Se identifica la **coexistencia de flujos** de agua de largo recorrido alcalinos, y flujos locales no salinos ni alcalinos. La forma en que inciden y se manifiestan en el suelo y comunidad vegetal que se desarrolla, depende principalmente del tipo de suelo y posición topográfica, microrelieve de cada ambiente, y relieve general del establecimiento (loma, media loma, bajo).

- La coexistencia de estos flujos, locales y de largo recorrido, determinan la magnitud del hidrohalomorfismo, que incide en el desarrollo vegetal y tipo de comunidad vegetal.

- Los **suelos** se presentan en un **patrón irregular de distribución**, en un microrelieve formado en su larga historia geológica de sedimentaciones y erosiones. Se reconocen suelos *Argiudoles* *vérticos*, *Natracuoles* *vérticos* y *Hapludoles* *tapto* *árgicos*, que alternan incluso en el mismo lote y posición topográfica. Estos resultan de la forma en que se produjeron los procesos erosivos, y consecuentemente, del espesor de depósitos sedimentarios que determina la proximidad con el agua freática alcalina, y que se favorezcan o no, las recargas de aguas locales.

- Todos los suelos presentan en alguna parte del perfil, e incluso desde superficie, texturas finas, con elevado contenido de arcillas, y dentro de dicha arcilla, una alta proporción de tipo expansiva. Esto dificulta la permeabilidad, siendo aún más afectada cuando, además, presentan alcalinidad. La presencia de materiales sedimentarios en discontinuidad litológica con texturas más gruesas, favorecen las recargas de agua, y disminuye el ascenso de superficies freáticas por capilaridad. El ascenso de flujos de agua regionales, se producen por presión hidráulica, por lo cual es posible observar elevaciones de la superficie freática sin lluvias locales o insuficientes. En todos los casos, la alcalinidad que se observa resulta del **balance de sales**, entre el agua que recarga, la solución edáfica, el agua que asciende por presión hidráulica y por capilaridad (evapotranspiración).

- Si bien existe correlato con la descripción de suelos realizada por el INTA a escala 1:50000, dada la escala de trabajo, a fin de definir manejos es necesario establecer con mayor precisión como se alternan los suelos sódicos con los no sódicos, y como se distribuyen los materiales superficiales más permeables de la discontinuidad litológica.

- La **erosión** se hace evidente en amplios sectores en todas las posiciones topográficas. Si bien, existen orígenes comunes que favorecen dicha erosión, deben considerarse las particularidades de cada posición topográfica, donde efectos de superficie y/o subsuperficiales determinan la presencia de cuerpos de agua, tal como tan claramente se aprecia en los ambientes aquí definidos.

- Los sectores más elevados, denominados de **loma**, la propiedad que principalmente incide en la *magnitud de la erosión* es la baja infiltración, dado que alternan suelos sódicos con no sódicos, con mayor o menor espesor del horizonte A, y con cambios en las texturas. Los **escorrentimientos** se favorecen al disminuir la infiltración y permeabilidad, la cobertura vegetal, y por la construcción de canales. Actualmente, prevalece el ambiente definido como NARANJA y VERDE, debido a la forma en que se producen las acumulaciones de agua en superficie. En otros sectores hacia el S, se presenta, además, un ambiente definido como AMARILLO.

- En los sectores definidos como **medias lomas y bajo**, en la erosión incide principalmente el **escorrentimiento** del agua en superficie, que puede provenir de sectores más elevados, del agua que *recarga* en el sitio (infiltración), y la que proviene de la *superficie freática*. La erosión debe evitarse manteniendo la *cobertura vegetal durante todo el año*, tanto en la actividad agrícola como en la pecuaria. Los efectos de erosión en la media loma son los más evidentes en las imágenes satelitales.

- Sobre **los canales realizados**, debe revisarse la pertinencia de su ubicación y/o permanencia, debido a que se incrementa el contenido de agua “aguas abajo”, y porque se favorece

la erosión. Debe plantearse **retener el agua donde cae**, tal como con plantaciones arbóreas, y/ o bordos de contención. Estas prácticas han sido ensayadas en otras zonas semejantes, siguiendo el criterio del **Manejo Agrohidrológico (Módulos)**, donde el agua puede encauzarse luego de su retención. Este programa se desarrolló en el marco de la ley CODESA (1983), que luego fue dejada de lado por la construcción con canales (Plan Maestro de la Cuenca del Río Salado) que se iniciaron en 1987. Sin embargo, resulta necesario retomar los principios del Manejo Agrohidrológico, dado que es la **forma sustentable de preservar el ambiente**, asegurando la productividad de las tierras. Pueden consultarse los principios y ejemplos de aplicación en Bellati et al. (1978). Damiano (2005), Damiano (2016), y Damiano et al. (2017), que consideran lo indicado por Ameghino (1886), respecto a la necesidad de conservar el agua donde cae, no realizar canales, debido a que las sequías revisten mayor gravedad que las inundaciones.

Asimismo, se destacan publicaciones realizadas en diferentes sistemas productivos y regiones del país, que consideran como en el presente libro, los **Sistemas de flujo de agua subterránea de Töth**, a fin de entender el **comportamiento hidrológico** de un sitio o región, proponer **prácticas de manejo**, y como estas pueden implementarse (Alconada Magliano et al. (2009); Alconada Magliano et al. (2011); Alconada Magliano et al. (2016); Alconada Magliano y Damiano. (2017); Alconada Magliano et al. (2017); Alconada Magliano y Carricaburu. (2019); Alconada Magliano y Carrillo Rivera (2019); Alconada Magliano, 2021b. Especialmente, se recomienda el libro, *Intensified Land and Water Use - A Holistic Perspective of Local to Regional Integration*, que analiza aplicaciones y entendimiento de diferentes ecosistemas nacionales y de otros sitios en México y España (Alconada Magliano, 2021a).

Referencias

- Alconada Magliano, MM, JR Fagundo Castillo, JJ Carrillo Rivera, y PG Hernández. (2011). *Origin of flooding water through hydrogeochemical identification, the Buenos Aires plain, Argentina*, Environmental Earth Sciences. V 64 (1): 57-71.
- Alconada, MM, A Busconi, R Rosa, JJ Carrillo Rivera. (2009). *El bio-drenaje para el control del exceso hídrico en Pampa Arenosa, Buenos Aires, Argentina*. Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM (Méjico). 68: 50-72.
- Alconada Magliano, MM, F Damiano y JR Fagundo Castillo. (2016). *Estudio del suelo en el paisaje regional como base para definir su manejo agropecuario-forestal*. XXV Congreso Argentino Ciencia Actas, Rio Cuarto. Editorial UNIRIO: 1626-1645, <https://www.unrc.edu.ar/unrc/comunicacion/editorial/repositorio/978-987-688-173-9.pdf>

- Alconada Magliano, MM y F Damiano. (2017). *Caracterización de suelos y del agua subterránea para definir intervenciones sustentables*. Simposio Pedogénesis y cartografía de suelos como herramientas para la planificación (1-7p). XX Congreso Geológico Argentino.
- Alconada-Magliano, MM, F Damiano, JJ Carrillo Rivera y JR Fagundo Castillo. (2017). *Arsenic & fluoride in water in Northwestern Buenos Aires: their association with natural landscape elements*. Journal of Geography and Regional Planning V 10 (2): 8-27.
- Alconada Magliano, MM y F Carricaburu. (2019). *El suelo y el agua en la producción de madera de Eucalyptus grandis en silvopastoreo*. Serie técnica INIA FPTA 70. Capítulo 3: 87-130. En Producción Ganadera y Forestal: Análisis de Sistemas de Producción Integrados. Coordinador Bussoni, A. <http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/inia-fpta-70-proyecto-300-2019.pdf>
- Alconada Magliano, MM y JJ Carrillo Rivera. (2019). Elementos naturales del ambiente. Relaciones e implicancias en la elección de especies vegetales y en el diseño paisajístico En Benassi A. Organizador. Recurso y protección del Ambiente. Serie Digital. Capítulo 1: 5-63.
- Alconada Magliano, MM. (2021a) (Ed). *Intensified Land and Water Use - A Holistic Perspective of Local to Regional Integration*. Springer Earth Sciences, Geography and Environment, en “Springer Earth System Sciences book series”. 294p
<https://doi.org/10.1007/978-3-030-65443-6>
- Alconada Magliano, MM. (2021b). Landscape functioning as a basis for establishing sustainable intervention: Soils and groundwater flows. Chapter 8. In Intensified Land and Water Use - A Holistic Perspective of Local to Regional Integration. 163-205. Springer Nature Switzerland AG 2021 M. M. Alconada-Magliano (ed.), Springer Earth System Sciences. 294p.
<https://doi.org/10.1007/978-3-030-65443-6>
- Ameghino, F. (1886). Las secas y las inundaciones de la Provincia de Buenos Aires. Recuperado de: <https://es.scribd.com/doc/274933020/Las-Secas-y-Las-Inundaciones-en-La-Provincia-de-Buenos-Aires-Florentino-Ameghino>
- Bellati, JI, JF Barbagallo y LJ Sabella (1978). *Recuperación de áreas deprimidas inundables mediante el ordenamiento y manejo racional del recurso hídrico en cuencas organizadas o módulos*. IDIA 367-372: 100-121.
- Custodio Gimena, E. (2001). *Aguas subterráneas y humedales*. Recuperado de https://aguas.igme.es/igme/publica/sim_hidro_Murcia/tomo%20XXIV/01.pdf
- Damiano, F. (2005). *Técnicas agrohidrológicas para el manejo de áreas anegables*. Instituto de Clima y Agua, CIRN, INTA-Castelar. Recuperado de: <https://www.fecic.org.ar>
- Damiano, F. (2016). *Agrohidrología: una estrategia de manejo*. La red del Campo Chacra. Recuperado de:
<https://www.revistachacra.com.ar/suelos/agrohidrologia-una-estrategia-de-manejo/>
- Damiano, F, GN Parodi, MA Taboada y D Prieto Garra. (2017). *Propuesta de sistematización agrohidrológica en cuencas de llanura con énfasis predial y consorciado*. Revista

- FAVE. Secc. Ciencias. agrarias. 16 (1). Recuperado de:
http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1666-77192017000100002
- Töth, J. (1962). *A theory of groundwater motion in small drainage basins in central Alberta, Canadá.* Journal of Geophysical Research, 67 (11), 4375-4387.
- Töth, J. (1995). Hydraulic continuity in large sedimentary basins. *Hydrogeology Journal*, 3 (4), 4-16.
- Töth, J. (2000). *Las aguas subterráneas como agente geológico: causas procesos y manifestaciones.* *Boletín Geológico y Minero*, Instituto Tecnológico GeoMinero España, 8, 49-26.
- Töth, J. (2008). *From the artesian Paradigm to basin hydraulics.* Institute of Geography and Earth Sciences, Eötvös Loránd University, Hungría. 106p.

La autora

Margarita María Alconada Magliano

Ingeniera Agrónoma (UNLP, Argentina). Doctora en Geografía (UNAN, México). Magister Scientiae en Ciencias del Suelo (UBA, Argentina). Profesora Titular de Edafología, Facultad

de Cs. Agrarias y Forestales, UNLP, Argentina. Actuación profesional en el ámbito público y privado en diversos grupos científicos, técnicos y docentes de grado y posgrado, de Argentina, México, Cuba y Uruguay. Especializada en el estudio del suelo desde una perspectiva de funcionamiento del paisaje local en el contexto regional, teniendo como finalidad, definir el origen de procesos naturales y/o degradaciones antrópicas (*inundaciones, salinizaciones, alcalinizaciones, etc.*), para definir manejos e intervenciones sustentables del ambiente.

Autora y editora de diversas publicaciones científicas y técnicas que consideran esta perspectiva holística de estudio y manejo del suelo, entre estas se destaca el libro *Intensified Land and Water Use - A Holistic Perspective of Local to Regional Integration*. Springer Earth Sciences, Geography and Environment, en “Springer Earth System Sciences book series”. 294p. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-65443-6>. Alconada Magliano, MM. (2021) (Editora y autor).

Alconada Magliano, Margarita María

Campos de la UNLP : bases para el manejo por ambientes, partido de Magdalena, Buenos Aires / Margarita María Alconada Magliano ; Cristian Anonelli ; Coordinación general de Margarita María Alconada Magliano. - 1a ed. - La Plata : Universidad Nacional de La Plata ; La Plata : EDULP, 2025.

Libro digital, PDF - (Libros de cátedra)

Archivo Digital: descarga

ISBN 978-950-34-2621-0

1. Suelos. 2. Agua Subterránea. 3. Vegetación. I. Anonelli, Cristian II. Alconada Magliano, Margarita María, coord. III. Título.

CDD 553.79

Diseño de tapa: Dirección de Comunicación Visual de la UNLP

Universidad Nacional de La Plata – Editorial de la Universidad de La Plata

48 N.º 551-599 / La Plata B1900AMX / Buenos Aires, Argentina

+54 221 644 7150

edulp.editorial@gmail.com

www.editorial.unlp.edu.ar

Edulp integra la Red de Editoriales Universitarias Nacionales (REUN)

Primera edición, 2025

ISBN 978-950-34-2621-0

© 2025 - Edulp

n
naturales


edulp
EDITORIAL DE LA UNLP



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE LA PLATA