



Universidad Nacional de Córdoba
Facultad de Ciencias Agropecuarias
Planificación y Manejo de Cuencas Hidrográficas



CAUSAS DE EXCESOS HÍDRICOS EN UNA CUENCA DEL SUDESTE DE CÓRDOBA Y PROPUESTA DE ALTERNATIVAS DE MANEJO

Autores

GRANDE, Imanol
STERPONE, Daniel

Tutores

Ing. Agr. RASPANTI, Jorge
Ing. Agr. (MSc) VETTORELLO, Cecilia

Trabajo Académico Integrador

Córdoba, 2022



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons
Atribución – No Comercial – Sin Obra Derivada 4.0 Internacional.

RESUMEN

Una situación de excesos hídricos puede darse debido a dos procesos que, si bien suelen ser tomados como sinónimos, reflejan una distinta modalidad en cuanto al ingreso del agua y su permanencia en un lugar, estamos hablando de inundación y anegamiento. Una inundación es la invasión de agua en sitios donde usualmente no la hay, habitualmente se produce cuando precipitaciones intensas originan un excedente hídrico en una región, o por falla de alguna infraestructura hidráulica, que provoca un incremento en el nivel de la superficie libre del agua de los ríos y arroyos durante un lapso breve de tiempo generando un pico de crecida que también pasa rápidamente. Por otra parte, el anegamiento se asocia a los sectores de relieve cóncavo, así como las zonas bajas o de escaso gradiente, donde el agua no tiene posibilidad de migrar o lo hace muy lentamente. El objetivo del trabajo fue analizar las causantes de estos procesos en una cuenca ubicada en el sudeste de la provincia de Córdoba, para proponer alternativas de manejo destinadas a prevenir y controlar el fenómeno. La cuenca se delimitó, por un lado, mediante cartas topográficas (E 1:100000) y por otro, con el software Qgis. El cambio de uso y manejo del suelo se evaluó primero mediante una encuesta a productores que trabajan en la cuenca y zonas aledañas y, segundo, mediante una clasificación supervisada de imágenes satelitales con el software ArcGis 10.6. Se utilizaron datos de precipitaciones históricas anuales (período 1906-2020) de la localidad de Justiniano Posse para observar el comportamiento de las lluvias. Se concluyó que los excesos hídricos son consecuencia de la simplificación de los sistemas productivos que en las últimas décadas pasaron de ser mixtos (agrícola-ganaderos) a sistemas puramente agrícolas con un cultivo al año, consumiendo así menos agua que la ofrecida por las precipitaciones, dejando en el perfil excedentes que alimentan la napa freática año tras año, ello agravado por la situación de extensas áreas bajo monocultivo de soja que favorece los procesos de escorrentía superficial perjudicando las zonas bajas, sumado al aumento de las precipitaciones anuales por encima del promedio histórico para la zona y la topografía del terreno que hace que el drenaje del agua de lluvia sea muy lento o nulo.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

MATERIALES Y MÉTODOS.....	13
Ubicación del área en estudio.....	13
Vegetación.....	15
Suelos	17
A- Precipitaciones.....	18
B- Delimitación de la cuenca	18
C- Cambios en el uso y manejo del suelo.....	20
1- Encuesta a productores de la zona	20
2- Clasificación supervisada de imágenes satelitales.....	20
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	22
A-Precipitaciones.....	22
B- Delimitación de la cuenca	23
1-Delimitación de la cuenca a través de cartas topográficas.....	23
2- Delimitación de la cuenca a través de Modelo Digital de Elevación (DEM):	30
C- Cambios en el uso y manejo del suelo	32
1- Encuesta a productores	32
a- Características del Sistema Productivo	32
b- Aspectos vinculados a las Inundaciones	35
2- Clasificación supervisada de imágenes satelitales.....	37
a- Evolución de la superficie implantada con trigo	37
b- Grado de participación relativa de los cultivos de soja y maíz dentro de la cuenca en estudio.....	44
Discusión de causas que generan inundación en la zona	51
Fundamentación y sugerencias de las prácticas de control y manejo recomendadas para la problemática en estudio	55
Propuestas para la cuenca analizada	59
a- Rotaciones	59
1- Ambientes con napa	60
2- Ambientes sin napa.....	62
b- Pasturas para control de zonas anegables.....	63
CONCLUSIONES	68
BIBLIOGRAFÍA.....	70

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Evolución de la superficie agrícola inundada (ha) en cuatro departamentos de la provincia de Córdoba, entre los años 2014 y 2019.	7
Figura 2. Densidad de las lagunas o pozos de infiltración y vías de escurrimiento del área de estudio en el año 2009.	8
Figura 3. Densidad de las lagunas o pozos de infiltración y vías de escurrimiento del área de estudio en el año 2016.	8
Figura 4. Densidad de las lagunas o pozos de infiltración y vías de escurrimiento del área de estudio en el año 2018.	9
Figura 5. Precipitaciones (mm) mensuales desde septiembre de 2018 a enero de 2019 (barras celestes) y precipitaciones mensuales promedio desde el período 2007 a 2019 (líneas rojas) para el departamento Unión.	10
Figura 6. Precipitaciones (mm) mensuales desde septiembre de 2018 a enero de 2019 (barras celestes) y precipitaciones mensuales promedio desde el período 2007 a 2019 (líneas rojas) para el departamento Gral. San Martín.	11
Figura 7. Ubicación de la cuenca (trazo rojo) y el campo en estudio (rectángulo anaranjado) sobre las hojas topográficas de Villa María, Bell Ville, Justiniano Posse y Etruria (E 1:100000).	14
Figura 8. Ubicación del área de estudio (asterisco amarillo) en la provincia de Córdoba, sobre fondo de Google Earth.	15
Figura 9. Precipitaciones anuales período 1906-2020 para la localidad de Justiniano Posse.	23
Figura 10. Cuenca delimitada a través de cartas topográficas (trazo azul) y exportada a Google Earth.	24
Figura 11. Ubicación del campo en la carta topográfica de Justiniano Posse.	25
Figura 12. Imagen satelital del campo en estudio extraída de Google Earth, donde se observa con trazo rojo la superficie afectada por excesos hídricos y en trazo azul la zona donde, por la misma causa, no se encuentran cultivos	26
Figura 13. Imagen satelital del campo en estudio extraída de Google Earth, donde se aprecia la expansión de la zona anegable con respecto a la situación del 10/2004 (trazos rojo y azul)	26
Figura 14. Imagen satelital del campo en estudio extraída de Google Earth, correspondiente a abril de 2021 donde se refleja la situación en ese entonces luego de las inundaciones de 2016, respecto a la situación del 10/2004 (trazos rojos y azul) y la presencia de un canal de drenaje que atraviesa el campo en el extremo Este	27
Figura 15. Extrapolación de la cuenca (en azul) desde las hojas cartográficas a Google Earth para el cálculo de su área.	28
Figura 16. Cuenca con divisorias y cauces definidos mediante interpretación visual	29
Figura 17. Subcuenas A y B que componen la cuenca en estudio (trazo rojo)	30
Figura 18. Cuenca (trazo azul) delimitada con un DEM, se puede observar su red hidrográfica (trazo blanco) sobre fondo de Google Earth	31
Figura 19. Cuenca y su red de cauces, delimitados mediante DEM	31
Figura 20. hectáreas destinadas por actividad.	33
Figura 21. Régimen de tenencia de la tierra	33
Figura 22. Mismo manejo en campo propio y arrendado.	33
Figura 23. Participación de los cultivos de verano	35
Figura 24. Uso de cultivos invernales en los últimos 10 años.	35

Figura 25. Situación de los productores en cuanto a superficie anegada	36
Figura 26. causas de las inundaciones según los productores.....	36
Figura 27. Soluciones posibles según productores	37
Figura 28. Situación de los productores en cuanto a profundidad de la capa freática	37
Figura 29. Imagen clasificada donde se aprecia la participación del cultivo de trigo en la cuenca, año 2016.....	39
Figura 30. Imagen clasificada donde se aprecia la participación del cultivo de trigo en la cuenca, año 2017.....	40
Figura 31. Imagen clasificada donde se aprecia la participación del cultivo de trigo en la cuenca, año 2018.....	41
Figura 32. Imagen clasificada donde se aprecia la participación del cultivo de trigo en la cuenca, año 2019.....	42
Figura 33. Imagen clasificada donde se aprecia la participación del cultivo de trigo en la cuenca, año 2020.....	43
Figura 34. Región núcleo, evolución de hectáreas (barras verdes) de soja sembradas por cada hectárea ocupada por gramíneas (maíz + trigo)	45
Figura 35. Imagen clasificada donde se observa la superficie ocupada por los cultivos de soja y maíz en la campaña 2016/2017.....	47
Figura 36. Imagen clasificada donde se observa la superficie ocupada por los cultivos de soja y maíz en la campaña 2017/2018.....	48
Figura 37. imagen clasificada donde se observa la superficie ocupada por los cultivos de soja y maíz en la campaña 2018/2019.....	49
Figura 38. Imagen clasificada donde se observa la superficie ocupada por los cultivos de soja y maíz en la campaña 2019/2020.....	50
Figura 39. Imagen clasificada donde se observa la superficie ocupada por los cultivos de soja y maíz en la campaña 2020/2021.....	51
Figura 40. Suelo salino, se evidencia la acumulación de sales en el perfil, las cuales ascienden a la superficie impulsadas con el agua evaporada al eliminar la cobertura del suelo.	66

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Superficie agrícola bajo agua (hectáreas) y porcentaje de incremento en distintas fechas (septiembre de 2018 y enero de 2019) en los departamentos de la zona en estudio	12
Tabla 2. Uso de la tierra de la hoja de Justiniano Posse en el año 1978.....	18
Tabla 3. Análisis de los resultados de la clasificación de imágenes para el cultivo de trigo en el período analizado.....	37
Tabla 4. Análisis de los resultados de la clasificación de imágenes para los cultivos de soja y maíz en el período analizado	44

INTRODUCCIÓN

Una situación de excesos hídricos puede darse debido a dos procesos que, si bien suelen ser tomados como sinónimos, reflejan una distinta modalidad en cuanto al ingreso del agua y su permanencia en un lugar, estamos hablando de inundación y anegamiento. Las inundaciones, son procesos naturales recurrentes, causados por fenómenos climáticos y condicionados por la morfología del terreno, que la acción humana suele magnificar. Éstas habitualmente se producen cuando precipitaciones intensas o prolongadas producen un excedente hídrico en una región, o por falla de alguna infraestructura hidráulica (canal, presa, etc.), que provoca un incremento en el nivel de la superficie libre del agua de los ríos y arroyos que se produce durante un lapso breve de tiempo generando un pico de crecida que también pasa rápidamente. Por otra parte, el anegamiento se asocia a los sectores de relieve cóncavo y su entorno, así como las zonas bajas o de muy escaso gradiente, donde el agua no tiene posibilidad de migrar o lo hace muy lentamente. Con respecto a la inundación, el anegamiento es un proceso más gradual y persistente, que puede abarcar grandes extensiones de tierra y se inicia cuando la porosidad de un suelo se satura y si se trata de una zona deprimida, posteriormente se genera un cuerpo de agua permanente o semipermanente sobre la superficie.

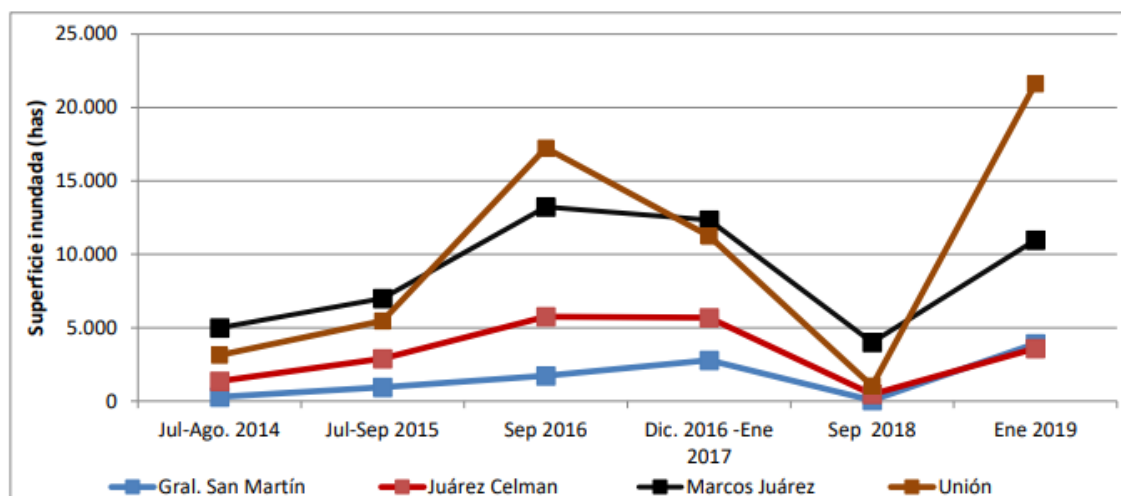
Con lo mencionado anteriormente se entiende que las llanuras debido a su relieve son susceptibles a sufrir mayormente procesos de anegamiento, pero también pueden producirse en ellas inundaciones asociadas precipitaciones intensas, desbordes de ríos y arroyos. Se podría decir que ambos procesos pueden coexistir en estos ambientes con el agravante de que en caso de producirse una inundación seguramente proseguirá una situación de anegamiento. Éste tiene un alto impacto ambiental por generar hidromorfismo, salinización o impermeabilización de suelos. Trataremos ambos procesos en el presente estudio, en zona de llanura, ya que el área en cuestión se encuentra al sudeste de la provincia de Córdoba, abarcando parte de los departamentos General San Martín y Unión.

Bertram (2017) hace diez años viene comparando cifras, estadísticas y datos que mostraron un ascenso de la capa freática que, en los años 70, estaba a 14 metros de profundidad, mientras que hoy hay sectores en donde ha subido a 50 centímetros de la superficie. Atribuye dicho proceso al cambio en el uso del suelo y al cambio climático. Por una parte, explica que es totalmente diferente si hay pasturas, pastizales y montes a que si en toda esa superficie se encuentran cultivos agrícolas con capas freáticas cerca. El ambiente no tiene la capacidad de regular dicho fenómeno. Antes de la década de 1970 tenía un suelo con monte que podía infiltrar 300 milímetros por hora. Al sacar el monte, los suelos ocupados con cultivo de soja tienen una infiltración, en el mejor de los casos, de 30

milímetros por hora, además, ya no cuentan con el retardo de captación e intercepción del agua de lluvia provocado por la vegetación leñosa.

Como otro motivo, este autor ha señalado el notable incremento de las precipitaciones atribuidas al cambio climático. La suba de la capa freática en grandes superficies impide que los terrenos absorban las lluvias, generando excedentes hídricos que provocan diferentes efectos de acuerdo al relieve y uso del suelo. Pero también hay causas provocadas por la acción humana que aceleran o generan problemas de erosión, inundación y anegamiento. Se pueden mencionar las obras públicas (rutas, caminos, vías férreas, terraplenes, entre otros) y urbanizaciones mal planificadas y/o localizadas que obstaculizan el escurrimiento de las aguas hacia sus salidas naturales, modificación de los drenajes naturales mediante canalizaciones para acelerar o desviar el escurrimiento, o bien, destrucción de la cubierta vegetal que protege los suelos de las cuencas.

En la provincia de Córdoba las inundaciones constituyen un problema cíclico que produce cuantiosos perjuicios materiales y humanos, al que no se le presta la debida atención pues se las considera como algo excepcional e impredecible. Concientizar a las poblaciones sobre sus causales y dinámica es el primer paso para su efectivo control y mitigación de sus efectos. A continuación, mencionaremos un ejemplo ocurrido en el área donde se desarrolla el presente estudio. En enero de 2019, la Bolsa de Cereales de Córdoba (BCCBA) presentó un informe que expone los resultados del análisis multitemporal, que va desde julio-agosto 2014 a enero 2019, y cuantifica el área afectada por inundación en los departamentos General San Martín, Juárez Celman, Marcos Juárez y Unión, de la Provincia de Córdoba. Allí se observa que en enero de 2019 la superficie con excesos hídricos alcanza las 40 mil hectáreas aproximadamente en los departamentos mencionados anteriormente. La evolución de las inundaciones en dichos departamentos a partir de datos de la BCCBA, se muestra en la Figura 1.



Fuente: Departamento de Información Agroeconómica. BCCBA.

Figura 1. Evolución de la superficie agrícola inundada (ha) en cuatro departamentos de la provincia de Córdoba, entre los años 2014 y 2019.

Para el período indicado en el informe, puede observarse una significativa variación temporal en la superficie bajo agua, y en la totalidad de los departamentos estudiados un incremento de agua sobre el área agrícola. De los departamentos evaluados, Unión es el más afectado respecto a septiembre del año 2018, evidenciándose un crecimiento del área afectada por excesos hídricos en lotes agrícolas de casi el 2000 %, totalizando un incremento de 20.849 ha. Algo similar ocurrió en el año 2016, indicando la susceptibilidad de dicho departamento a las inundaciones.

Las siguientes figuras son imágenes de Google Earth del departamento Unión, en la zona sur-este de la localidad de Justiniano Posse, donde se aprecian las lagunas o “pozos de infiltración” durante el año 2009 (Figura 2) que son ligeras depresiones del terreno donde el agua de escorrentía se acumula durante las lluvias, favorecida por la baja capacidad de drenaje propia del relieve. Cuando las precipitaciones son abundantes, las mencionadas lagunas pueden llegar a crecer hasta conectarse entre sí mediante las vías de escurrimiento que las unen como se observa en la Figura 3 (correspondiente al año 2016), donde se puede ver la magnitud del crecimiento de los cuerpos de agua en relación a lo que pasaba en el mismo lugar en el año 2009 (Figura 2) y a la posterior situación de 2018 (Figura 4), donde, si bien el agua sobre superficie ha disminuido, el paisaje no vuelve a la condición de 2009 ya que se distinguen más fácilmente los pozos de infiltración y vías de escurrimiento, posiblemente a causa de los daños provocados por el proceso de anegamiento, entre los que se pueden mencionar anoxia, salinidad, pérdida de fertilidad, escasa posibilidad de exploración del perfil por parte de las raíces debido a la cercanía de la napa freática, que hace que las áreas afectadas no logren un cultivo de las mismas condiciones que en las

zonas no afectadas, diferenciándose de éstas al tener como cobertura cultivos poco desarrollados o enfermos, malezas, escaso rastrojo o simplemente quedar descubiertas.

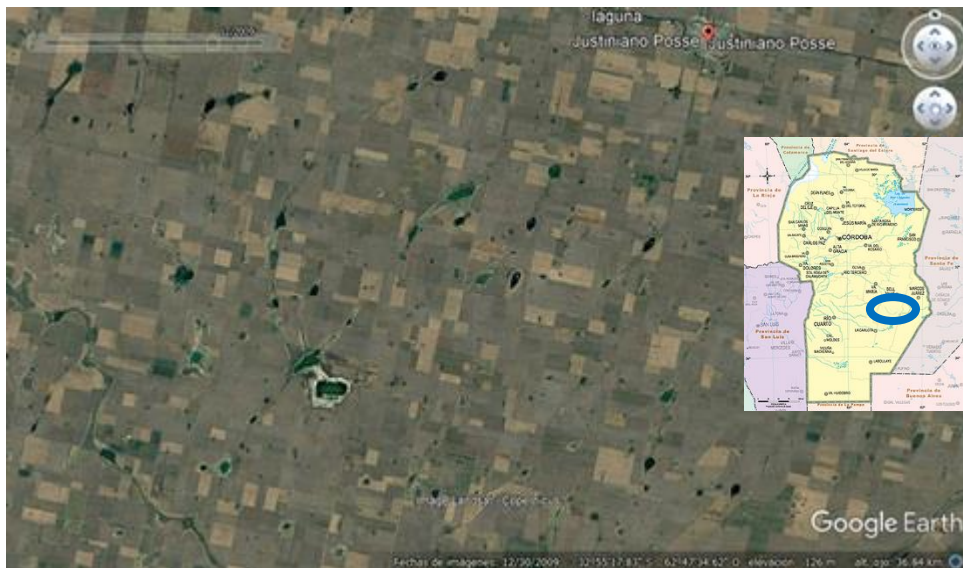


Figura 2. Densidad de las lagunas o pozos de infiltración y vías de escurrimiento del área de estudio en el año 2009.

Fuente: Google Earth



Figura 3. Densidad de las lagunas o pozos de infiltración y vías de escurrimiento del área de estudio en el año 2016.

Fuente: Google Earth

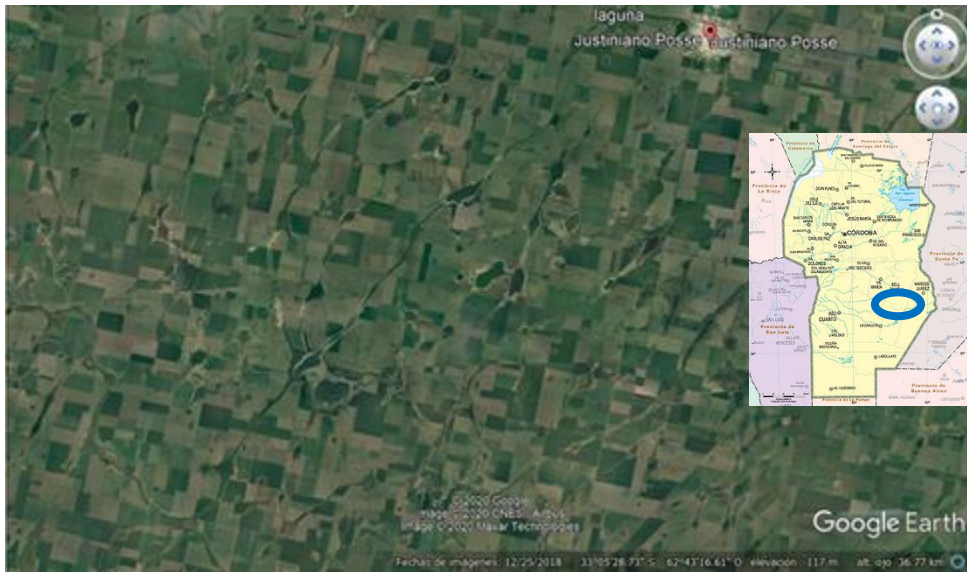


Figura 4. Densidad de las lagunas o pozos de infiltración y vías de escurrimiento del área de estudio en el año 2018.

Fuente: Google Earth

Frente a estas situaciones de inundación que se dan en los departamentos estudiados, resulta de relevancia analizar la evolución de las precipitaciones desde meses anteriores. Los departamentos analizados presentan, en el mes de diciembre 2018 y enero de 2019, acumulados mensuales de precipitaciones que superan el promedio histórico de los últimos 12 años. Durante el mes de enero, la mayor diferencia con el valor histórico (12 años) se registró para el departamento Unión, siendo, al día 23 de enero de 2019, de un total de 170 mm, mientras que el histórico para ese mes completo es de 105 mm (Figuras 5 y 6).

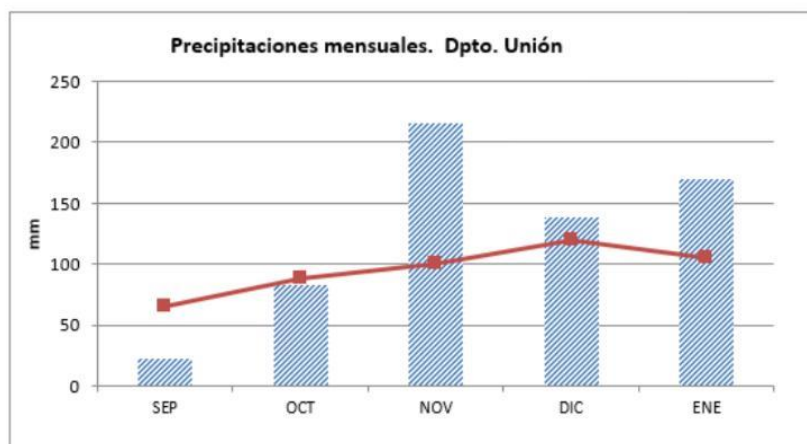


Figura 5. Precipitaciones (mm) mensuales desde septiembre de 2018 a enero de 2019 (barras celestes) y precipitaciones mensuales promedio desde el período 2007 a 2019 (líneas rojas) para el departamento Unión.

Fuente: Departamento de Información Agroeconómica. BCCBA.

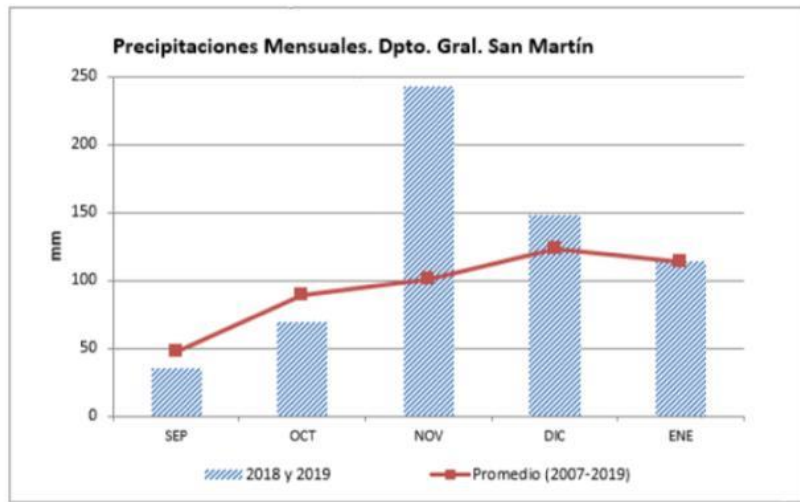


Figura 6. Precipitaciones (mm) mensuales desde septiembre de 2018 a enero de 2019 (barras celestes) y precipitaciones mensuales promedio desde el período 2007 a 2019 (líneas rojas) para el departamento Gral. San Martín.

Fuente: Departamento de Información Agroeconómica. BCCBA.

Lo mencionado anteriormente puede explicar, al menos en parte, el hecho de que en septiembre de 2018 el departamento Unión tenía 1.032 ha agrícolas inundadas y General San Martín 53 ha, pasando a tener en enero de 2019, 20.849 ha y 3.870 ha anegadas respectivamente, lo que supone un aumento de la superficie afectada por exceso de agua de 1.996% para el caso de Unión y 7.296% para Gral. San Martín, lo que se muestra en la Tabla 1. No obstante, cabe destacar que la dinámica de inundaciones responde, además, a movimientos de napas freáticas .

Tabla 1 Superficie agrícola bajo agua (hectáreas) y porcentaje de incremento en distintas fechas (septiembre de 2018 y enero de 2019) en los departamentos de la zona en estudio

DEPARTAMENTOS	Inundado en Septiembre 2018	Inundado en Enero 2019	Porcentaje de incremento
Unión	1.032	20.849	1.996%
Gral. San Martín	53	3.870	7.296%

Fuente: Departamento de Información Agroeconómica. BCCBA.

Como consecuencia de las lluvias del mes de enero de 2019, las cuales alcanzaron los 295 mm, se incrementó el área ocupada por espejos de agua en gran parte del sur provincial, fenómeno que abre una amplia gama de situaciones que impactan de manera directa en el desarrollo social, económico y el ambiente de las zonas afectadas. En la zona bajo estudio, se perderían 206.000 toneladas de maíz y de soja, lo cual implica una merma en los ingresos para la provincia de USD 40 millones. El departamento que se vio más afectado es Unión, con una disminución en los ingresos potenciales de USD 22 millones, seguido por Marcos Juárez con USD 11,3 millones (con precios del año 2020).

Más allá de las toneladas de granos que se perderían y no podrían venderse, afectando directamente a los productores, los excesos hídricos generan grandes problemas en otros eslabones de la cadena: contratistas, transportistas, comercios, acopios, cooperativas, agronomías, venta de maquinaria agrícola, entre otros. Considerando que cerca del 90% de la producción agrícola en Argentina se transporta en camiones, esta situación genera graves problemas logísticos en el comercio granario, principalmente por las deficiencias en la infraestructura vial, implicando mayores costos y tiempos de espera.

En el presente trabajo analizaremos particularmente esta problemática generalizada en un campo agrícola ubicado al sur de la ciudad de Bell Ville, que posee unas 20 hectáreas improductivas, al inundarse en mayor o menor medida durante la época de lluvias, lo que hace inviable el progreso de los cultivos tanto estivales como invernales debido a los efectos de salinización provocados por el movimiento superficial del agua hacia la zona afectada (arrastre de sales), más el aporte que hace la napa freática cuando asciende, con el consiguiente estancamiento y evaporación del agua durante los meses secos, dejando las sales en superficie.

La ocurrencia del fenómeno en este predio nos sirve como disparador de distintos interrogantes. Principalmente, nos cuestionamos cuáles son las causas que generan esta situación, lo que nos lleva a un análisis de la cuenca de aporte al predio, como también

cuáles serían los usos, manejos y tecnologías adecuadas para mitigar esta problemática. De allí que surge la siguiente hipótesis:

El aumento de los caudales de escurrimiento es provocado por la combinación de la concentración de las lluvias, el cambio de uso y manejo del suelo y obras de infraestructura mal diseñadas, lo que, sumado a la topografía de la zona, reducen el consumo de agua e impiden que circulen los excedentes, tanto dentro del perfil como superficialmente.

Para comprobarla, se propuso el siguiente *Objetivo general*:

- Analizar las causas de excedentes hídricos en una cuenca ubicada en los departamentos General San Martín y Unión para proponer usos y manejos sustentables

Los objetivos específicos que permitieron el desarrollo del trabajo son los siguientes:

- Delimitar la cuenca que comprende el predio en estudio por diferentes métodos y comparar los resultados obtenidos.
- Evaluar cambios en las precipitaciones, uso y manejo del suelo de la cuenca.
- Proponer alternativas de manejo apropiadas destinadas a prevenir y controlar situaciones de excedentes hídricos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del área en estudio

El área de estudio se muestra en la Figura 7, que resulta de la combinación de distintas porciones de las cartas topográficas de Villa María, Bell Ville, Justiniano Posse y Etruria, de escala 1:100.000. Se marca en trazo rojo la cuenca que nace al sur-oeste de la ciudad de Villa María, en el departamento Gral. San Martín, y culmina al sur de la localidad de Bell Ville, en el departamento Unión. En el punto de desagüe de la cuenca (marcado con un rectángulo anaranjado) se encuentra el establecimiento agrícola con problemas de inundación y anegamiento, que utilizaremos como caso de estudio, ubicado a 220 Km al sudeste de la ciudad de Córdoba. Sus coordenadas geográficas son 32°44'28''S, 62°42'45''W.

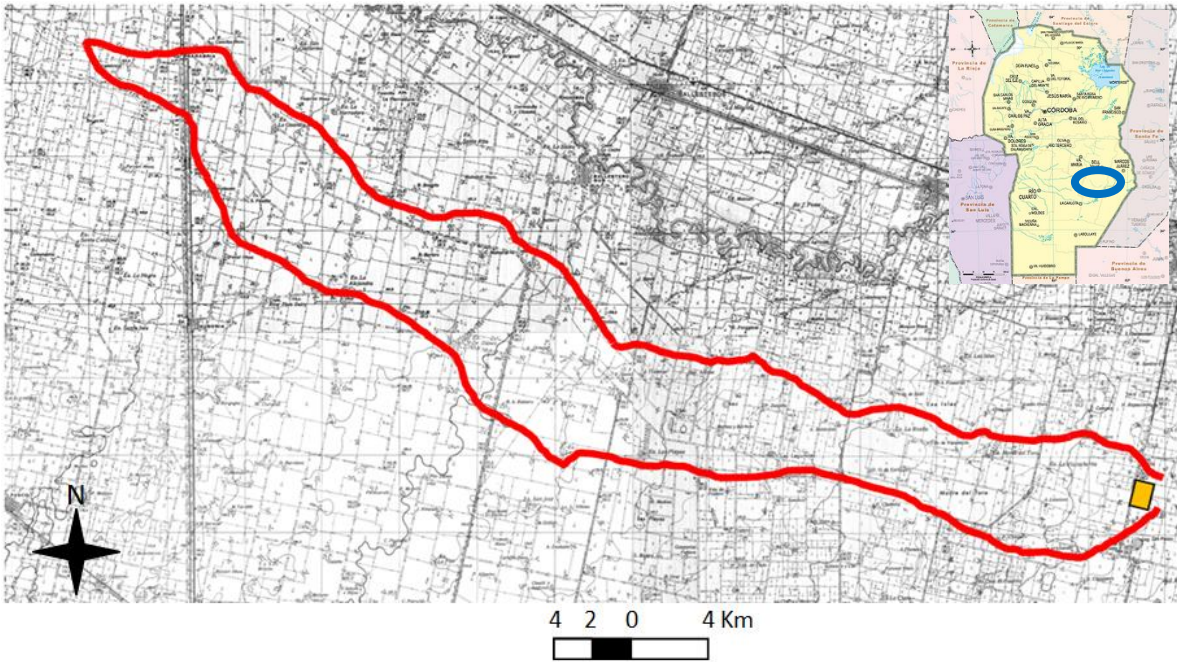


Figura 7. Ubicación de la cuenca (trazo rojo) y el campo en estudio (rectángulo anaranjado) sobre las hojas topográficas de Villa María, Bell Ville, Justiniano Posse y Etruria (E 1:100000).

En la Figura 8 se puede apreciar la ubicación del área de estudio (asterisco amarillo) en el territorio provincial.



Figura 8. Ubicación del área de estudio (asterisco amarillo) en la provincia de Córdoba, sobre fondo de Google Earth.

Vegetación

Ragonese (1967) remarca que se trata de una región profundamente alterada por el hombre, particularmente desde que la colonización agrícola tomó impulso en la última década del siglo pasado. En la actualidad es muy difícil hallar comunidades vegetales intactas: el desmonte, el fuego y el arado han alterado irreversiblemente la vegetación nativa aun en campos de inferior calidad, que son los menos modificados, como así también el área vecina a vías férreas.

En su lugar, existen cultivos agrícolas (maíz, trigo, sorgo, girasol, mijo) y pasturas particularmente basadas en la alfalfa, acompañadas por gramíneas exóticas (*Festuca alta*, *Pasto ovido*, *Falaris bulbosa*, etc.) o tolerantes a las condiciones edáficas existentes (*Agropiro alargado*, *Tréboles de color amarillo y blanco*) y diversidad de malezas.

Originariamente, en las porciones de paisaje con relieve positivo (por encima del nivel del mar), dominaban el “pasto miel” (*Paspalum* sp.), *Panicum*, sp., *Setaria* sp., entre otros. En cambio, las “flechijas” (*Stipa* sp. y *Piptochaetium* sp., *Poa* sp.), eran mucho menos frecuentes aumentando su difusión hacia el Este y Sudeste de la zona. El valor forrajero de estas pasturas se vio acrecentado por la naturalización y difusión de especies tales como el “ryegrass” (*Lolium multiflorum*), trébol blanco (*Trifolium repens*), tréboles de carretilla (*Medicago s.p.*); también se difundieron especies como las “gramillas” (*Cynodon* sp.) y “pasto puna” (*Amelichloa brachychaeta*), que son malezas en cultivos anuales y plantas tóxicas para el ganado las primeras y enemigas de la alfalfa la segunda. En áreas de paisaje ligeramente deprimido y de charcas y/o lagunas con diferente grado de salinización y alcalinidad, aparecen especies del género *Distichlis*, llamadas comúnmente “cola de mula” y aun una leguminosa como *Melilotus indicus*.

En este tipo de campos y extendiéndose a las áreas con suelos sin limitantes edáficas, se observan malezas muy agresivas como “morenita” (*Kochia scoparia*); “sunchillo” (*Wedelia glauca*), “cebollín” (*Cyperus rotundus*), etc. Por su importancia económica, deben mencionarse también otras especies que se comportan como malezas tales como: sorgo de alepo (*Sorghum halepense*); “nabos” (*Brassica* spp.); “quinoa” (*Chenopodium*, sp.); “chamico” (*Datura ferox*); “cien nudos” (*Polygonum aviculare*); “cardos” diversos (*Cynara* sp., *Silybum marianum*, *Carduus* sp.); “abrojo” o “abrojo grande” (*Xanthium cavanillesi*); “capiqui” (*Stellaria media*); “enredadera europea” (*Convolvulus arvensis*); “hinojo” (*Foeniculum vulgare* var. *quitensis*); “yerba del sapo” (*Marrubium vulgare*), etc. (Marzocca, 1957).

Con respecto a especies arbóreas y arbustivas, es conocido que en la región pampeana no hay naturalmente árboles, que, sin embargo, pueden adaptarse sin mayores problemas si son plantados por el hombre. Dada la vecindad con el “distrito del algarrobo”, aparecen ocasionalmente relictos de “algarrobos” blancos y negros (*Neltuma alba*, *Neltuma nigra*); “tala” (*Celtis tala*); “chañar” (*Geoffroea decorticans*); “Espinillo” (*Vachellia caven*); etc. Entre las especies arbóreas introducidas por el hombre y de buen comportamiento en la región, citamos el “paraíso” (*Melia azedarach*), importante en el pasado por no ser atacado por la langosta; “eucaliptus” (*Eucalyptus* spp.); “acacia blanca” (*Robinia pseudoacacia*); “olmos” (*Ulmus* spp.); “casuarina” (*Casuarina cunninghamiana*); “álamos” (*Populus s.p.*).

Fisiografía

Según las cartas de suelos de Villa María, Bell Ville, Justiniano Posse y Etruria (E: 1:50000) el área forma parte de una fracción de dos subregiones bien definidas: la primera, corresponde a los escalones estructurales, con drenaje superficial pobre y materiales franco limosos. Comprende cerca del 35% de la hoja de Justiniano Posse, en el sector este del área. El relieve es muy plano y tanto las lomadas (planos altos) como el bajo del pie del escalón estructural se encuentran disectados por una serie de líneas de escurrimiento o vías de

desagüe superficial, con un llamativo paralelismo y con rumbo noreste - suroeste. El drenaje está representado por estos cauces de avenamiento temporario, que tienen diferente grado de expresión en dirección noreste con extremada lentitud; solamente luego de fuertes lluvias pueden alcanzar una salida franca hacia el río Tercero. La segunda subregión corresponde a amplias lomadas casi planas disectadas por líneas de escurrimiento con distinto grado de expresión. En esta subregión el drenaje es muy pobre y adquieren características importantes la presencia de cubetas o charcas, con relieve cóncavo que ocupan las partes más bajas, sin ordenamiento alguno, comunicadas entre sí por cauces de avenamiento temporario o líneas de escurrimiento (drenaje centrípeto). Estas líneas de desagüe, sólo actúan como tales después de fuertes lluvias, llevando las aguas hacia las áreas intermedias y lagunas temporarias, donde generalmente se eliminan por evaporación e infiltración. En algunos casos se forman lagunas permanentes por alimentación continua de la napa freática que alcanzan superficies mayores a 1 km², con un sector de la aureola muy erosionada y otro de acumulación. Son numerosos también los pozos de infiltración, algunos aislados y otros comunicados entre sí. Generalmente se encuentran en la interacción de dos o más líneas de escurrimiento. Rodeando las lagunas o charcas y pozos de infiltración, se encuentran áreas intermedias con relieve ligeramente cóncavo o ligeras pendientes hacia los bajos propiamente dichos.

Suelos

Los suelos predominantes son molisoles (84,7%) y alfisoles (6,0%). Los primeros se caracterizan por tener un horizonte superficial oscuro, con buen contenido de materia orgánica y bien estructurado (mólico), muy enriquecido en arcilla iluviada, con abundantes barnices húmico-arcillosos. Se han desarrollado a partir de materiales de textura muy variada, desde franco arenosos (pampa arenosa cordobesa) a franco limosos (pampa limosa loésica). Los alfisoles, en tanto, se ubican en los sectores deprimidos del relieve, donde la concentración del agua produce la saturación de los suelos durante períodos más o menos prolongados, produciendo características hidromórficas en el perfil. Tienen aptitud agrícola-ganadera, aunque limitados por el drenaje impedido y la saturación con agua durante períodos más o menos prolongados dificultando la oportunidad del laboreo. Geográficamente están ampliamente distribuidos, aunque son poco significativos en cuanto a su extensión areal.

El uso de la tierra

Como se aprecia en la Tabla 2, la totalidad de la tierra de la hoja Justiniano Posse (1978), estaba dedicada a la explotación agrícola y agrícola - ganadera, con excepción de los espacios ocupados por los ejidos urbanos, vías de comunicación, estaciones ferroviarias y

otras áreas consideradas como misceláneas. Las áreas misceláneas y otras que no son de aplicación agropecuaria ocupan un 0.35% de la superficie.

Tabla 2. Uso de la tierra de la hoja de Justiniano Posse en el año 1978

Símbolo en fotocarta	Tipo de uso	Superficie total que ocupa en la hoja en ha.	%
A	Tierras dedicadas exclusivamente a la agricultura (cultivos intensivos y áreas de chacra)	89.647	51,95
P	Tierras dedicadas exclusivamente a la explotación ganadera extensiva (áreas con praderas naturales o cultivadas)	74	0,04
PA	Tierras dedicadas a la explotación agropecuaria extensiva con preponderancia de la ganadería sobre la agricultura (en rotaciones)	14.304	8,28
AP	Tierras dedicadas a la explotación agropecuaria extensiva con preponderancia de la agricultura sobre la ganadería (en rotaciones)	67.400	39,05
M	Tierras misceláneas (incluye áreas urbanas o de uso público)	601	0,35

En este trabajo se analizaron los siguientes aspectos:

A- Precipitaciones

Para el análisis de las precipitaciones, se utilizaron datos de precipitaciones históricas anuales de la localidad de Justiniano Posse brindadas por la Agencia de Extensión Rural INTA J. Posee. Mediante una planilla de Excel se calculó la media del período analizado que va desde el año 1906 a 2020, como así también máximos y mínimos anuales, y se estableció una línea de tendencia para observar el comportamiento de las lluvias.

B- Delimitación de la cuenca

La delimitación de la cuenca se realizó utilizando dos herramientas a fin de comparar los resultados obtenidos por cada método. Por un lado, se hizo mediante cartas topográficas (E 1:100000) y por otro con el software Qgis.

La carta topográfica es un documento cartográfico que representa el relieve del terreno y la ubicación de los elementos naturales y artificiales existentes sobre el mismo. Para delimitar la cuenca a través de este método, fue necesario subir a Google Earth las cartas topográficas digitales de escala 1:100.000 de Villa María, Bell Ville, Justiniano Posse y Etruria, que poseen equidistancias diferentes de 5 m, 2,5 m, 2,5m y 5m, respectivamente, donde se geolocalizaron, identificándose por interpretación visual los límites de la cuenca y su trama de divisorias y cauces.

Se localizó el campo en la carta topográfica Justiniano Posse de escala 1:100.000 y se observó que, de acuerdo al trazado de las curvas de nivel, el mismo se ubica sobre una vía de escurrimiento. Partiendo de lo anterior, se buscaron las divisorias de aguas más cercanas al predio, tanto en dirección suroeste como en dirección noreste, al tener el terreno pendiente general en sentido noroeste-sureste. Una vez halladas las divisorias, se trazó el recorrido de las mismas aguas arriba, hasta el punto en que ambas se unen en una divisoria única, quedando delimitada la cuenca. Luego se identificaron y marcaron subcuencas y cauces dentro de la misma.

El segundo método utilizado para obtener los límites de la cuenca fue el software Qgis. Se utilizó un Modelo Digital de Elevación (MDE) de llanura, el cual es una representación matemática y simplificada de la superficie del terreno a través de celdas de un determinado tamaño (30x30m) que se agrupan en forma de una grilla ordenada. Cada celda tiene una ubicación georreferenciada, y a la misma se le asigna un valor de altura respecto del nivel medio del mar. Se emplean en diversas disciplinas tales como cartografía, geodesia y geofísica, ingeniería civil, fotogrametría, entre otras, ya que proveen información precisa sobre las alturas, pendientes y topografía del terreno facilitando la generación de mapas y modelos tridimensionales.

Mediante un MDE es posible calcular curvas de nivel, mapas de pendiente, de relieve, trazados de perfiles topográficos, cálculo de volúmenes, entre otros productos, los cuales facilitan la toma de decisiones y el desarrollo de diversos proyectos relacionados con la gestión del territorio. Se consiguió un DEM de llanura de la zona de influencia y se trabajó con herramientas de Qgis grass para obtener una red de drenaje, sobre la cual se marcó un punto de salida (que en éste caso coincide con la ubicación del establecimiento en estudio, tal como se mencionó), y a partir del mismo, el programa definió el área de aporte, es decir, la cuenca.

En esta oportunidad es importante mencionar que el trabajo se realizó durante el período de pandemia Covid 19 (años 2020 y 2021) por lo que el trabajo de campo se vio limitado. En este aspecto, se pretendía corroborar a campo los límites dudosos de la cuenca a través de un nivel óptico y/o estación total, lo cual se vio impedido por las prohibiciones en la circulación en dicho período.

C- Cambios en el uso y manejo del suelo

1- Encuesta a productores de la zona

Como una herramienta para evaluar el cambio de uso y manejo del suelo, se consideró de suma importancia la información brindada por los actores que, en cuanto a superficie, más influyen sobre este aspecto, es decir, los productores agropecuarios. Se elaboró una encuesta y se envió vía WhatsApp como formulario de google a productores que trabajan no sólo en la cuenca sino también a aquellos de zonas aledañas, de distintos departamentos incluso, que están dentro del área pampeana afectada por procesos de excedentes hídricos y por lo tanto se encuentran en una situación similar a los productores que abarca la cuenca. Este punto fue el segundo aspecto afectado por la pandemia, que impidió realizar entrevistas y encuestas de manera presencial, lo que hubiese favorecido el intercambio de información surgida de las encuestas (propuestas de productores para el control de la problemática, qué entienden ellos como “intensificación” de cultivos y “rotaciones”, por ejemplo.

En la encuesta se tuvieron en cuenta distintos aspectos. En una primera instancia se abordaron las características del sistema productivo, principalmente el régimen de tenencia de la tierra (propia y/o arrendada), el tipo de mano de obra (familiar, asalariado permanente, asalariado temporario), si recibe asesoramiento y de dónde proviene el mismo (de contratación propia, empresa de insumos, cooperativa, etc.), si formaba parte de alguna institución u organismo (Aapresid, INTA, consorcios camineros, canaleros, etc.). También se indagó sobre el tipo de producción (agrícola, ganadera, mixta), el sistema de labranza que lleva a cabo (siembra directa, labranza convencional), los cultivos que trabaja y si lo hace bajo un plan de rotación, entre otros. Por último, se trataron los temas vinculados a los excesos hídricos, aquí se preguntó si el productor sufría o no anegamiento de su campo, en caso de ser afirmativo, en qué proporción de la superficie, si observaba ascenso de napa freática, erosión, salinidad, si tenía presente desde qué época padecía éstos inconvenientes, cuáles cree que son las causas de los mismos y si hace algo frente a éste panorama, entre otras cosas. En anexos consta la encuesta completa.

2- Clasificación supervisada de imágenes satelitales

La información provista por sensores remotos es útil para estudios relacionados con el uso y ocupación del suelo, siendo la clasificación de imágenes satelitales una de las herramientas más importantes de la teledetección. Entre las ventajas de ésta respecto de otros métodos que obtienen datos de campo, se encuentran: un menor costo, cobertura de grandes áreas y la posibilidad de repetir la obtención de los datos a lo largo del tiempo.

La clasificación de imagen hace referencia a la tarea de extraer clases de información de una imagen ráster multibanda. El ráster resultante de la clasificación de imagen se puede utilizar para crear mapas temáticos, por ejemplo: redes de drenaje, redes ferroviarias, lagunas, etc. Existen dos tipos de clasificación: supervisada y no supervisada. Los cambios en el uso del suelo se evaluaron mediante la utilización de la primera, razón por la cual se describe a continuación.

Clasificación supervisada

Utiliza firmas espectrales obtenidas de las muestras de capacitación para clasificar una imagen. Consta de diferentes etapas que se describen a continuación.

- Etapa de entrenamiento: en esta etapa el intérprete identifica áreas de entrenamiento representativas, y genera una descripción numérica de los atributos espectrales de cada categoría de cobertura de la tierra por escena.
- Etapa de clasificación: Cada píxel es categorizado y asociado a una determinada categoría de la leyenda de acuerdo a su mayor semejanza. En el caso que el píxel sea insuficientemente similar, este se catalogará como “desconocido”.
- Etapa de análisis de precisión y verificación de resultados: La estimación de la exactitud de una clasificación es el grado de concordancia entre las clases asignadas por el clasificador y los datos tomados en el terreno obteniendo una estimación más realista de los errores siempre y cuando la muestra de píxeles sea representativa.

En el presente estudio, con la utilización del software ArcGis 10.6, se estimaron para cinco campañas agrícolas sucesivas:

- La superficie anual implantada con trigo para determinar su evolución en el tiempo.
- El grado de participación relativa de los cultivos de soja y maíz dentro de la cuenca en estudio.

Para lograr la clasificación propiamente dicha se utilizaron imágenes satelitales provenientes de los sensores OLI de Landsat 8, extraídas del Servicio de Geología de Estados Unidos (<https://earthexplorer.usgs.gov/>), para analizar las campañas 2016/2017, 2017/2018, 2018/2019, 2019/2020, 2020/2021.

Todas las imágenes se corresponden con fechas en las que los cultivos se encontraban en etapas avanzadas de su ciclo (enero, febrero, marzo, para cultivos de verano, agosto y septiembre, para el cultivo de invierno).

En segunda instancia, se procedió a apilar las bandas que aportan las imágenes descargadas, en este caso se usó desde la banda 2 a la 6.

En el tercer paso se clasificó cada una de las imágenes multiespectrales en un área a nivel de path row (la totalidad de la superficie de la imagen tal como la capta el satélite), para tener un mayor nivel de precisión en la clasificación.

Una vez finalizado el paso anterior, se recortó la imagen por el área de la cuenca. Luego se vectorizó el ráster, se hizo una limpieza de los vectores que consistió en eliminar los polígonos que tuvieran menos de 1 ha ya que además de ser insignificantes y generar errores en procedimientos de cálculo, generalmente no contienen en realidad la información de la clase a la cual están asociados. También se autocompletaron polígonos que, por diferencia de información de píxeles, ya sea por contener cultivos menos desarrollados, enfermos, o con alguna deficiencia nutricional, no cubrían todo el lote, por lo que no eran asociados a la clase correspondiente.

Finalmente, se calculó la superficie ocupada por los tres cultivos para las cinco campañas evaluadas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A-Precipitaciones

En la Figura 9 se representan en las columnas los valores de precipitaciones históricas anuales de la localidad de Justiniano Posse brindadas por Federico Pagnan, jefe de la Agencia de Extensión Rural INTA J. Posse, durante una entrevista que se le realizó en el marco del presente trabajo.

La línea sólida de color rojo marca la media anual de 859 mm (81 mm más que el promedio que establece el balance hidrológico de la carta de suelos de Justiniano Posse de 1978) y la línea punteada es el resultado de la tendencia polinómica de los valores anuales, mediante la cual se pueden observar ciclos de precipitaciones donde éstas van aumentando y disminuyendo a través del tiempo. Sin embargo, llega un punto (año 1969 en adelante) en que estos ciclos superan la media del período analizado. Esto evidencia una tendencia al aumento de las precipitaciones anuales a través del tiempo, y si bien hay ciclos húmedos y secos, el valor mínimo de los períodos secos es cada vez más alto a medida que avanzan los años. El año más seco del período analizado fue 1910 con un acumulado de tan solo 460 mm mientras que el registro máximo de lluvias anuales sucedió en 1978 y fue de 1301 mm. Resultados similares fueron encontrados por técnicos de la Agencia de extensión INTA Laboulaye al analizar la evolución de las precipitaciones anuales desde 1903 hasta el 2010 (108 años), aportadas por el Servicio Meteorológico Nacional sede Laboulaye, donde a partir de la década del '70 se genera un aumento de los promedios anuales por encima del promedio histórico.

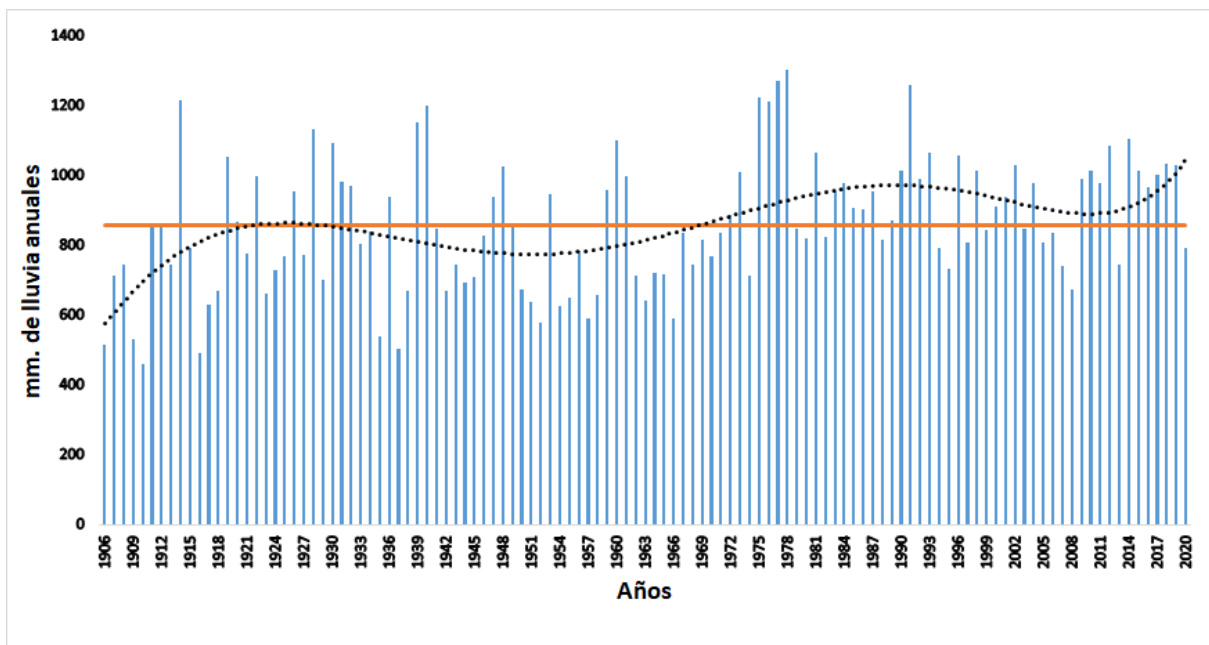


Figura 9. Precipitaciones anuales período 1906-2020 para la localidad de Justiniano Posse.

B- Delimitación de la cuenca

1-Delimitación de la cuenca a través de cartas topográficas

En la Figura 10 puede observarse la cuenca delimitada mediante cartas topográficas y georreferenciada en Google Earth, el asterisco amarillo representa el establecimiento afectado, que aparece con mayor grado de detalle en la Figura 11, su línea de isocota más cercana es la de 125 msnm (metros sobre el nivel del mar) presentando en el punto de terreno más deprimido una cota de 123,1 msnm que coincide, naturalmente, con la zona que sufre de anegamiento. Es de destacar que dicha zona figura en la carta topográfica de Justiniano Posse, levantada en el año 1949, con un círculo y líneas paralelas de trazos discontinuos que significan “laguna temporaria o terreno anegadizo”, por lo que se deduce que ya en ese entonces esa parte del terreno sufría de anegamiento, debido principalmente a su condición de relieve, independientemente del uso del suelo o de que los promedios de precipitaciones hayan sido menores a los actuales en ese momento, no obstante, el anegamiento posiblemente era de menor magnitud y duración en el tiempo.

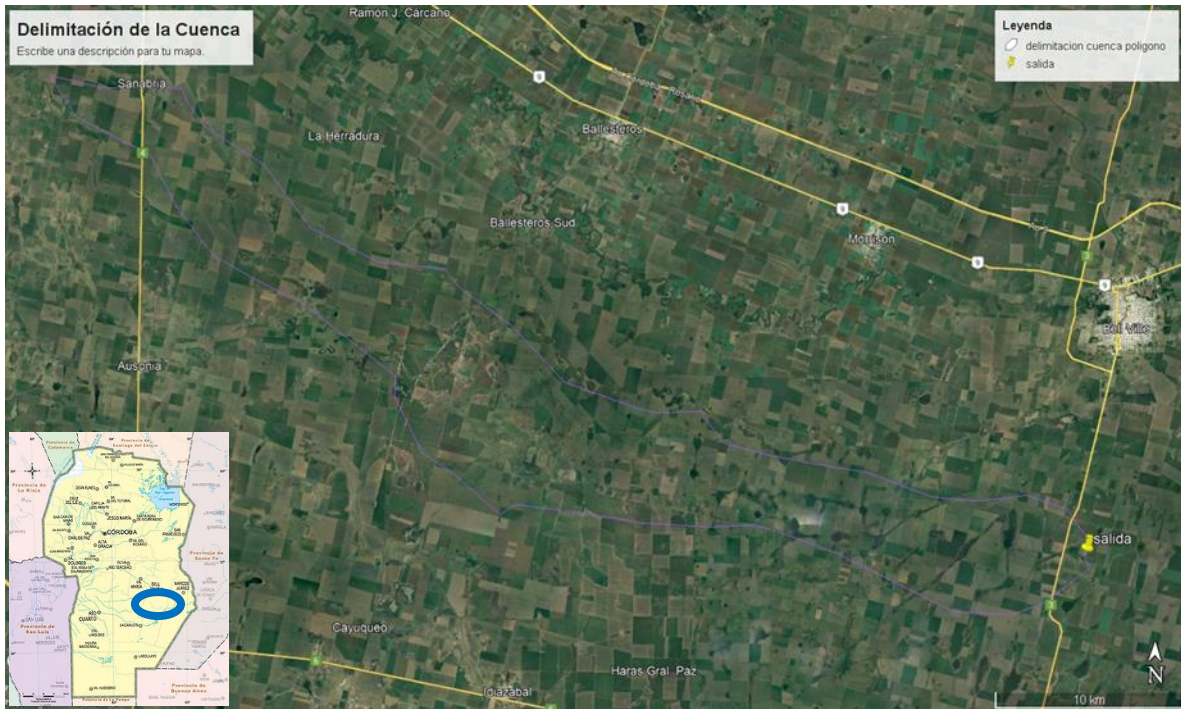


Figura 10. Cuenca delimitada a través de cartas topográficas (trazo azul) y exportada a Google Earth.

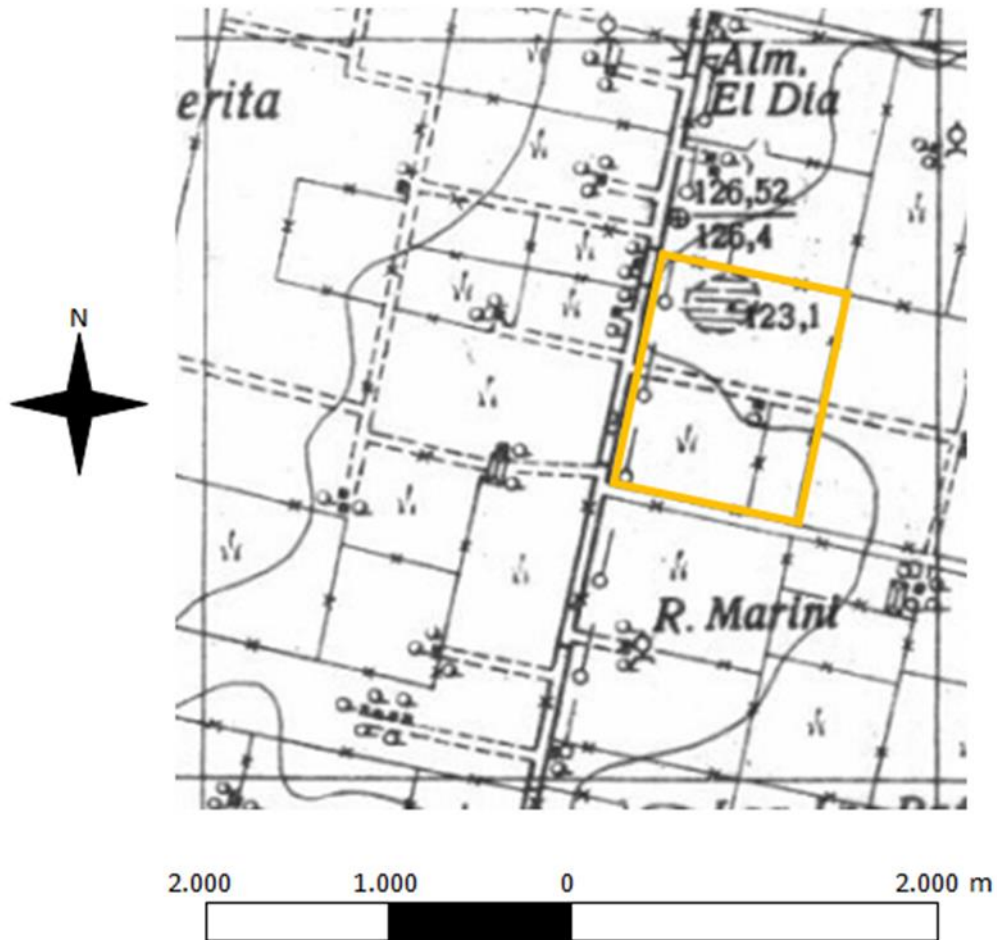


Figura 11. Ubicación del campo en la carta topográfica de Justiniano Posse.

Como se aprecia en la Figura 12 que corresponde a una imagen de Google Earth del año 2004, la zona del campo afectada por anegamiento tenía una superficie aproximada de 15 hectáreas (delimitada con trazo rojo), existiendo una parte donde era inviable el establecimiento de cultivos anuales (trazo azul), pudiéndose discriminar límites uniformes entre las tierras cultivadas sin problemas y aquellas que se inundaban, situación que se agrava con los años, y en julio de 2016, como se aprecia en la Figura 13, la superficie afectada asciende a 45 hectáreas, esto se debe, entre otras causas, a que 2016 fue un año de abundantes precipitaciones (966 mm anuales) que además superaron el promedio histórico de la zona y se sumaron a la situación similar de 2015 (con 1104 mm), en coincidencia con lo que ocurría en la zona de Marcos Juárez donde la napa llegó en ese período a niveles cercanos a la superficie, influenciado en parte por el fenómeno del “Niño extremo” (Ovando et al., 2018). En abril de 2021 (Figura 14) el área descende a 35 hectáreas, pero ya no se observan límites uniformes como en la situación de 2004, y se puede distinguir un canal de desagüe que atraviesa el campo.



Figura 12. Imagen satelital del campo en estudio extraída de Google Earth, donde se observa con trazo rojo la superficie afectada por excesos hídricos y en trazo azul la zona donde, por la misma causa, no se encuentran cultivos



Figura 13. Imagen satelital del campo en estudio extraída de Google Earth, donde se aprecia la expansión de la zona anegable con respecto a la situación del 10/2004 (trazos rojo y azul)



Figura 14. Imagen satelital del campo en estudio extraída de Google Earth, correspondiente a abril de 2021 donde se refleja la situación en ese entonces luego de las inundaciones de 2016, respecto a la situación del 10/2004 (trazos rojos y azul) y la presencia de un canal de drenaje que atraviesa el campo en el extremo Este

El campo en estudio, a partir del cual surgieron las inquietudes que llevaron al desarrollo de este trabajo, por hallarse en la parte baja de la cuenca, sobre una vía de escurrimiento, es tomado como punto de desagüe de aquella. La cuenca se extiende aguas arriba, desde el establecimiento propiamente dicho ubicado en la carta topográfica de Justiniano Posse (escala 1:100.000) hacia el oeste, pasando por la hoja de Etruria y culminando en una divisoria de aguas de cota 200 msnm, a unos 13,7 km al sudoeste de la ciudad de Villa María, en la carta topográfica (escala 1:100.000) del mismo nombre. Para obtener el área de la cuenca se extrapola la misma desde las cartas topográficas a Google Earth (Figura 15).

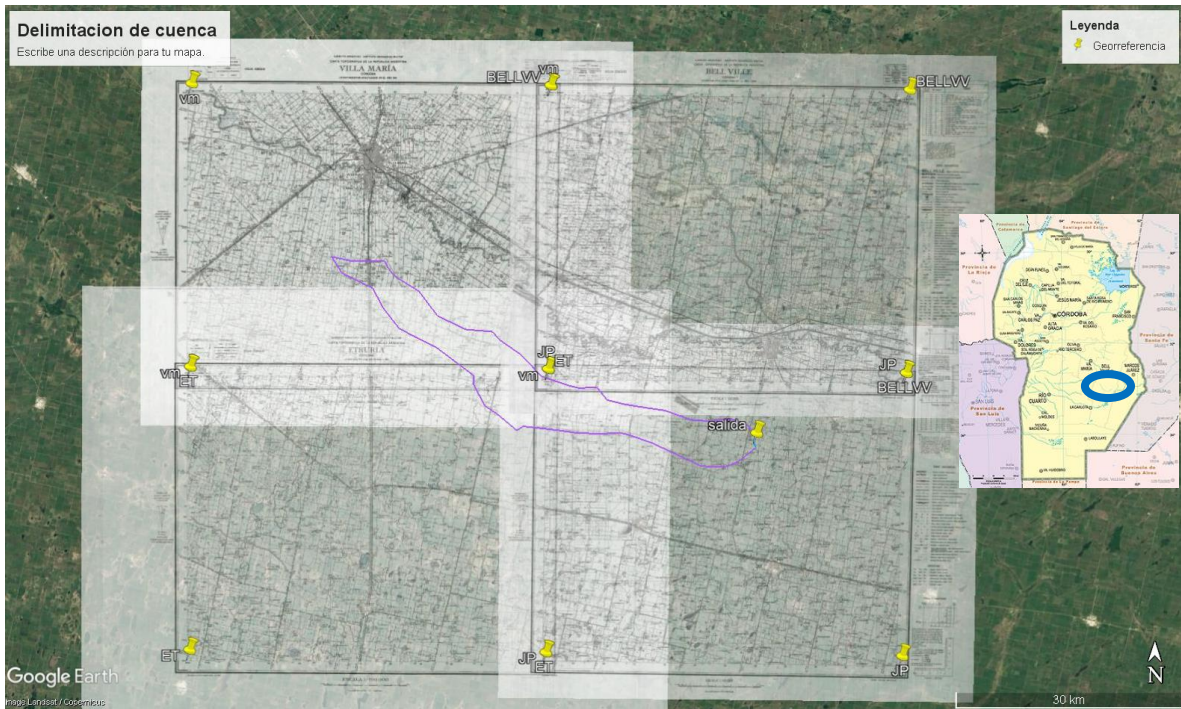


Figura 15. Extrapolación de la cuenca (en azul) desde las hojas cartográficas a Google Earth para el cálculo de su área

Como resultado del análisis en Google Earth se obtuvo que la cuenca posee una superficie de 31.137 hectáreas. Además, podemos ver que es de forma alargada y con una red de drenaje poco definida, tiene abundantes divisorias y cauces, la mayoría de ellos difíciles de distinguir debido al escaso grado de las pendientes (Figura 16).

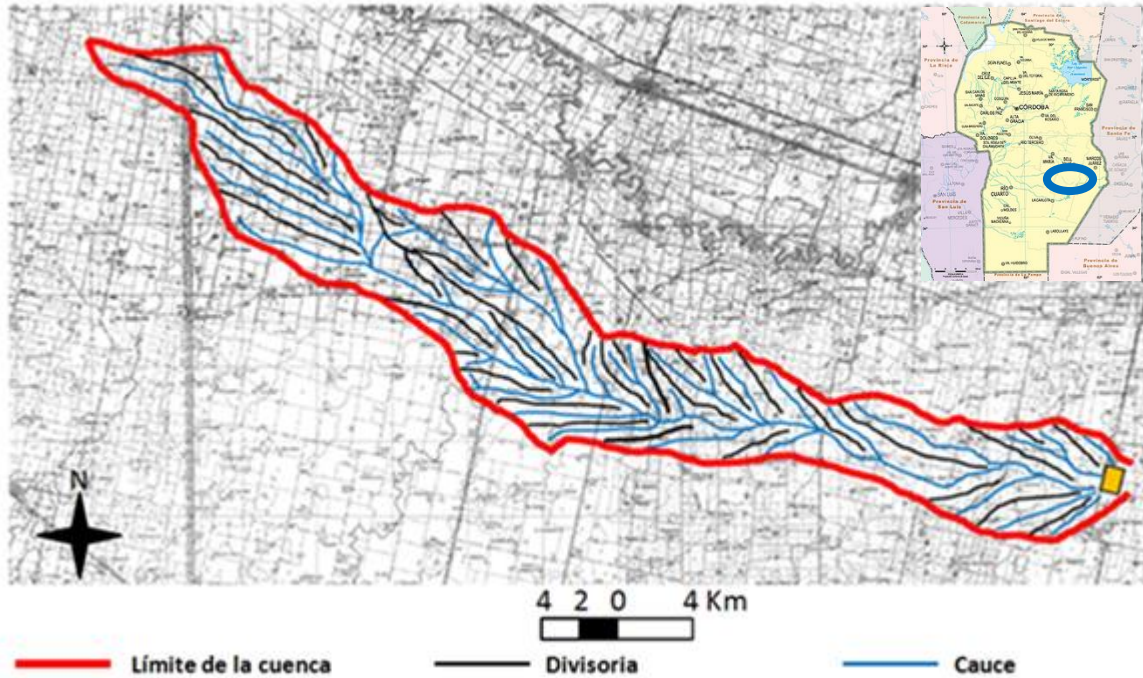


Figura 16. Cuenca con divisorias y cauces definidos mediante interpretación visual

En la Figura 17 se pueden diferenciar dos subcuencas: Alta (A) y Baja (B), con una pendiente media de 0,14% y 0,11% respectivamente. La cuenca A desagua a la cuenca B a través de un único cauce, delimitado por dos divisorias de aguas resaltadas con líneas azules.

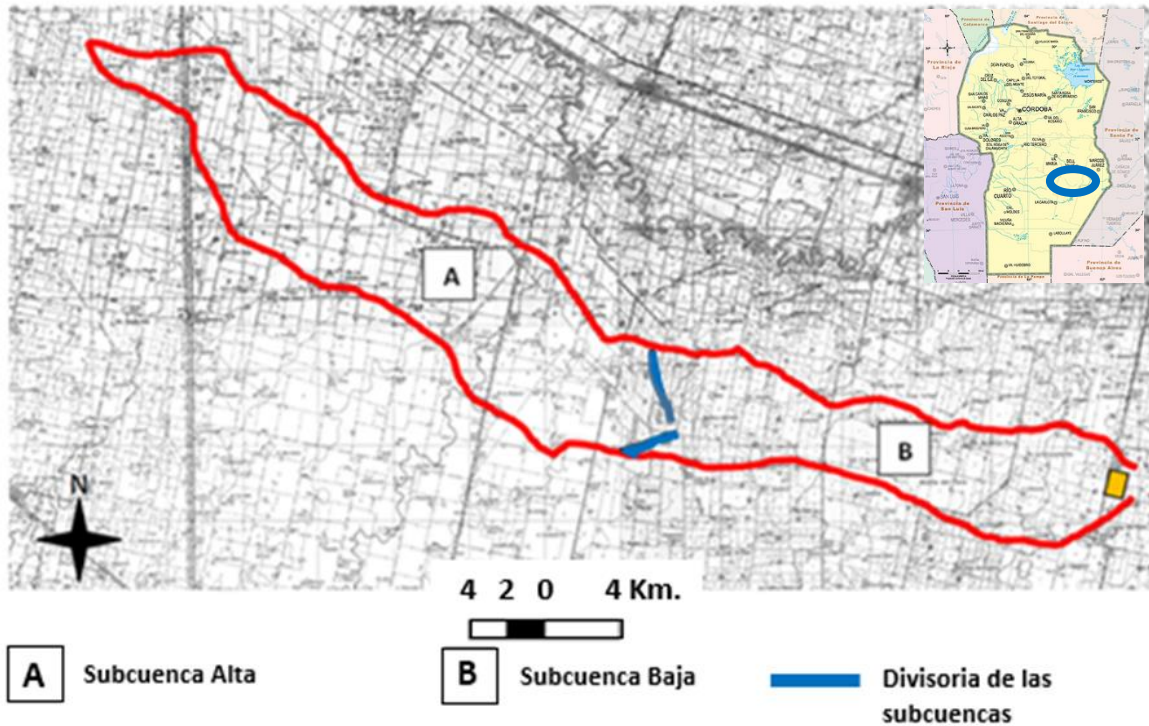


Figura 17. Subcuencas A y B que componen la cuenca en estudio (trazo rojo)

2- Delimitación de la cuenca a través de Modelo Digital de Elevación (DEM):

Seguidamente, se procedió a la delimitación a través del DEM, cuyo resultado arrojó la cuenca que se muestra en la Figura 18, con un área de 23.672 ha, su forma es similar a la obtenida mediante cartas topográficas, sólo que en este caso se extiende menos hacia el noroeste y termina haciéndose más angosta hacia ese sentido, lo que explica la diferencia de superficie (7500 hectáreas menos en este caso). Asimismo, se determinó la red de drenaje por este método (Figura 19).

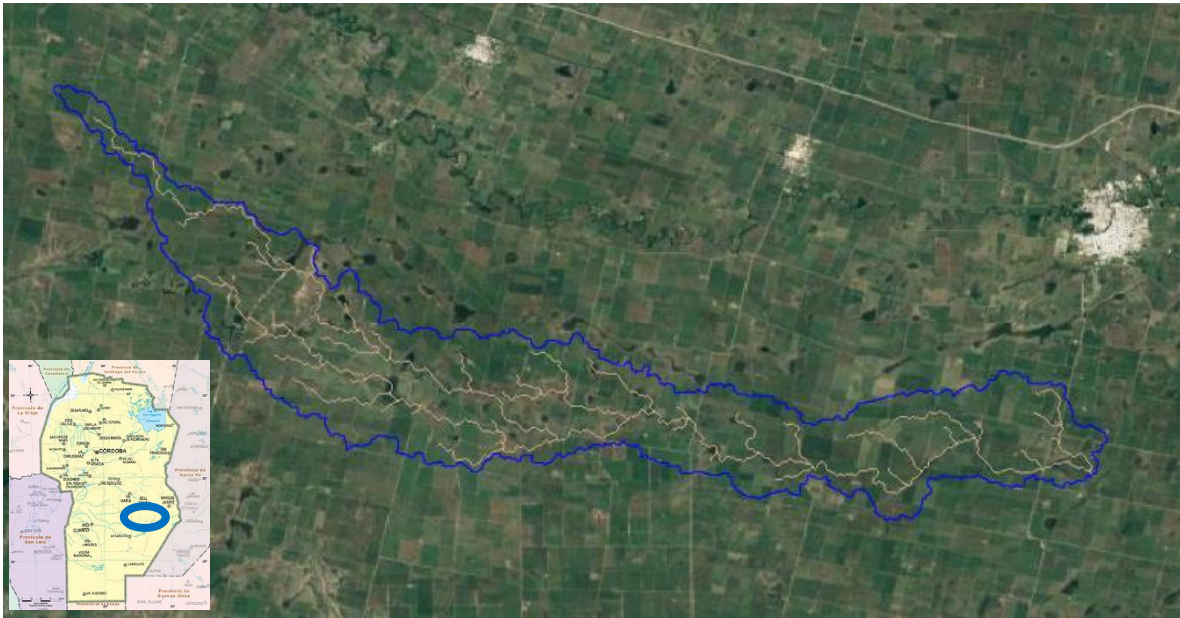


Figura 18. Cuenca (trazo azul) delimitada con un DEM, se puede observar su red hidrográfica (trazo blanco) sobre fondo de Google Earth



Figura 19. Cuenca y su red de cauces, delimitados mediante DEM

Determinada la diferencia de área que existe entre los resultados que arrojó cada método, consideramos de mayor precisión lo obtenido mediante cartas topográficas, dadas las características *in situ* del relevamiento que posee esta herramienta. Además, la delimitación de cuencas hidrográficas mediante la utilización de la cartografía oficial, brinda información histórica y es un método sencillo y de bajo costo que beneficia el análisis integral del área de estudio a escala regional.

C– Cambios en el uso y manejo del suelo

1- Encuesta a productores

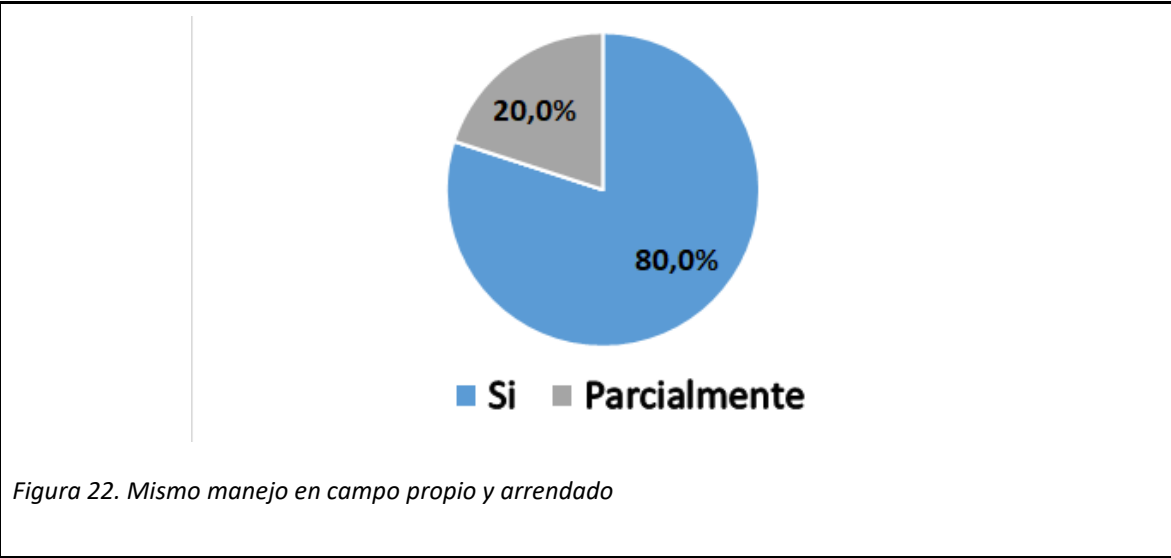
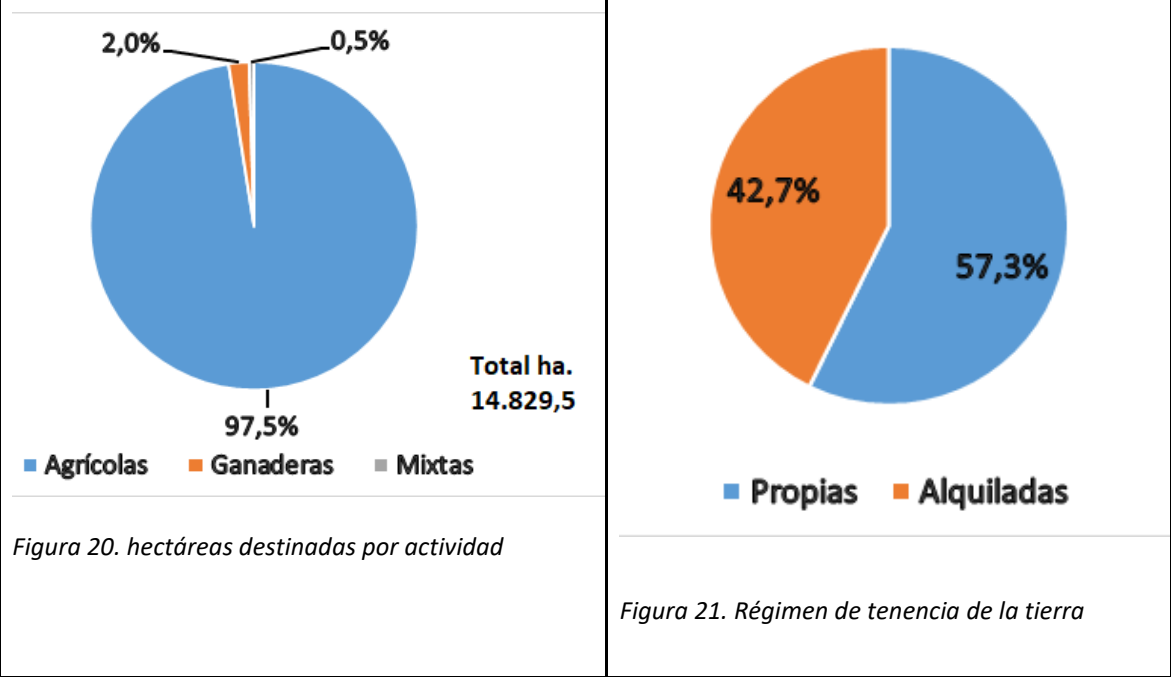
a- Características del Sistema Productivo

En esta primera instancia de la encuesta se puede observar en la Figura 20 que de la totalidad de la superficie que reúnen los encuestados (14.829,5 ha), la mayor parte (97,5%) se encuentra bajo un planteo puramente agrícola, mientras que un 0,5% comparte agricultura y ganadería (sistema mixto) y sólo un 2% se destina exclusivamente a la ganadería (ganadería bovina extensiva). Los tres tipos de uso anteriormente mencionados difieren en gran medida con los datos que brinda la carta de suelos de Justiniano Posse (año 1978) donde las tierras dedicadas exclusivamente a la agricultura ocupan un 51,95%, aquellas dedicadas a ambas actividades un 47,33% de la superficie de la hoja y las puramente ganaderas constituyen un escaso 0,04%, lo que deja en manifiesto la pérdida de superficie por parte de la ganadería con respecto a la agricultura, ya que si bien las tierras dedicadas puramente a la ganadería aumentaron levemente desde entonces, al menos en el área que afecta este estudio, la actividad quedó prácticamente eliminada o desplazada de los sistemas mixtos a ambientes marginales durante el proceso de agriculturización que experimentó el país, dicho proceso, si bien se venía produciendo desde décadas atrás, se aceleró en 1990 debido al aumento de la demanda mundial de soja, el aumento de los precios internacionales y la irrupción de la soja y el maíz genéticamente modificados (Michelena *et al.*, 2013).

Por otra parte, el 42,7% del área que reúnen los encuestados está bajo el régimen de arrendamiento (Figura 21), manteniendo lo relevado en el año 2002 en la Zona Agroeconómica Homogénea VI-B Marcos Juárez, de la cual forma parte el área de trabajo, donde el 43,5% de la superficie se encuentra alquilada (CNA 2002, INDEC). De los arrendatarios, el 80% maneja el campo arrendado de la misma manera que el propio, por cuestiones de rentabilidad, practicidad en la planificación y para generar relaciones a largo plazo con los arrendadores, mientras que el resto lo hace parcialmente, es decir, decide darle el mismo manejo a ambas formas de tenencia dependiendo principalmente del tiempo que dura el contrato de arrendamiento, si éste se establece por un término de

menos de tres años por lo general discriminan el trato (Figura 22), es decir, le dan al campo arrendado un manejo distinto con respecto al propio. Se puede destacar como aspecto positivo que ninguno considera darle un esquema productivo “menos sustentable” al campo que trabaja por el sólo hecho de ser arrendado, sino que deciden el manejo de acuerdo a las características del contrato de arrendamiento.

La totalidad de los productores encuestados recibe asesoramiento técnico, el 87,5% de ellos de forma permanente, el resto de manera puntual. En la mayoría de los casos el asesoramiento proviene de contratación propia.

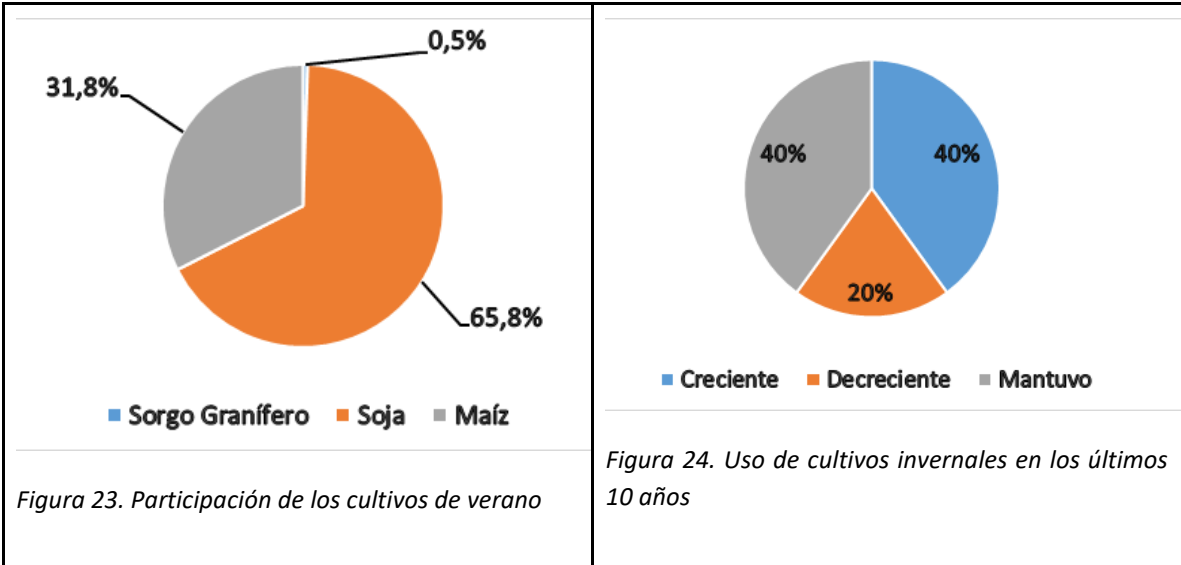


La totalidad de los encuestados realiza rotación de cultivos. Los cultivos de verano predominantes son la soja y el maíz (Figura 23), destinando un 65,8% del área encuestada al cultivo de soja (9.751,8 ha), en un 31,8% se hace maíz (4.715,8 ha), el cultivo de sorgo participa con un escaso 0,5% (74 ha).

En cuanto a cultivos de invierno (se incluye en esta categoría a los cultivos con fines económicos y a los de servicio), el 87,5% de los productores encuestados los incluye dentro de su planteo productivo, haciendo principalmente trigo, que ocupa un 32,8% del área total encuestada (4.864 ha) y supera levemente (en porcentaje) a la superficie nacional que se estima aumente un 3% (con respecto a la campaña 2020/21) para la campaña 2021/22, con un 27% del área nacional sembrada (Bolsa de Comercio de Rosario [BCR], 2021). Con este último dato (32,8% de trigo en la superficie evaluada) podemos deducir que la rotación que se está llevando a cabo en la mayor parte del área encuestada es Trigo/Soja - Maíz temprano - Soja, en las propuestas de manejo tenderemos a intensificar dicha rotación, con el objetivo de aumentar los días al año en que el suelo permanece cubierto. De los productores que hacen cultivos durante el invierno, un 29% incluye en esta categoría cultivos de servicio, dato que se encuentra por encima del porcentaje de productores que emplearon esta tecnología a nivel nacional en la campaña 2019/2020 que fue de 19% (Bolsa de Cereales, 2021), específicamente los encuestados utilizan centeno y vicia, en un total de 2700 ha que representan un 18,2% de la superficie relevada, una proporción importante teniendo en cuenta que el mayor porcentaje de uso a nivel regional sobre el área nacional sembrada con cultivos de servicio en la campaña 2019/2020 fue de 24,7%, y corresponde al sur de Córdoba (Bolsa de Cereales, 2021). Cabe destacar que un 80% de los productores mantuvo o aumentó el área destinada a cultivos de invierno en los últimos 10 años, mientras que el 20% restante experimentó un decrecimiento en el uso de los mismos (Figura 24).

Con los datos mencionados en los párrafos anteriores surge que por cada hectárea de gramíneas (maíz más trigo) se hace 1 hectárea de soja, relación que se encuentra bastante por debajo de lo que sucedía en la campaña 2014/2015 en la zona núcleo del país en donde la correspondencia entre cultivos llegó a un pico máximo de 4,4 hectáreas de soja por cada hectárea de maíz más trigo, y se encuentra levemente por debajo de lo que ocurre en la campaña 2021-2022 donde se sembraron 1,4 hectáreas de soja por cada hectárea ocupada por ambos cereales. Como destacan los autores (Di Yenno y Terré, 2021) “año tras año el maíz crece, el trigo crece y la reina de los campos argentinos, la soja, pierde presencia en el total de las hectáreas sembradas”. Este cambio se explicaría en el crecimiento en los rindes del maíz acompañado de la innovación del paquete tecnológico del mismo y la mejor relación precio/ingreso del cereal ante la oleaginosa a lo cual aportó mucho la quita de retenciones al maíz en el año 2015. La situación actual es positiva desde el punto de vista de la sustentabilidad y de prácticas que tiendan a prevenir escenarios de excesos hídricos perjudiciales, sin embargo, hay que tener en cuenta que es un proceso que ha iniciado recientemente y necesita más tiempo para contrarrestar los efectos producidos por los manejos anteriores.

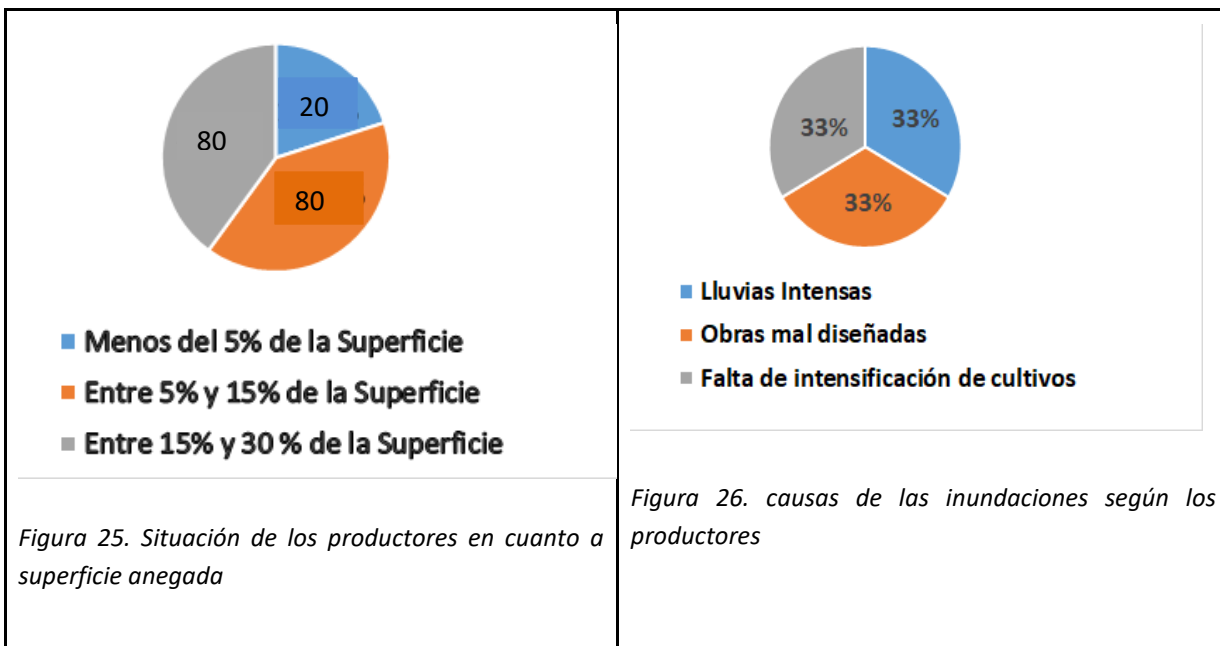
Las pasturas como alfalfa, lotus, festuca y avena ocupan un escaso 2% de la superficie total, y se corresponde con el porcentaje de hectáreas destinadas únicamente a la actividad ganadera.



b- Aspectos vinculados a las Inundaciones

Las precipitaciones de los últimos años han afectado a los productores de distintas maneras, todos ellos afirman haber tenido el inconveniente de retrasar la cosecha a causa de las lluvias, mientras que el 87,5% ha sufrido inundaciones en parte de sus campos y observado daños en caminos y/o rutas en los últimos 20 años. El 62,5% de los interrogados presenta actualmente ascenso de napa freática en su campo y de ellos, como se aprecia en la Figura 25: “Situación de los productores en cuanto a superficie anegada”, el 12,5% sufre anegamiento en menos del 5% de la superficie de su campo, un 25% manifiesta que posee problemas de inundaciones en un área que va del 5% al 15% de sus hectáreas y otro 25% tiene comprometida del 15% al 30% del área productiva. Además, un 43% de los encuestados sufre salinización de suelos.

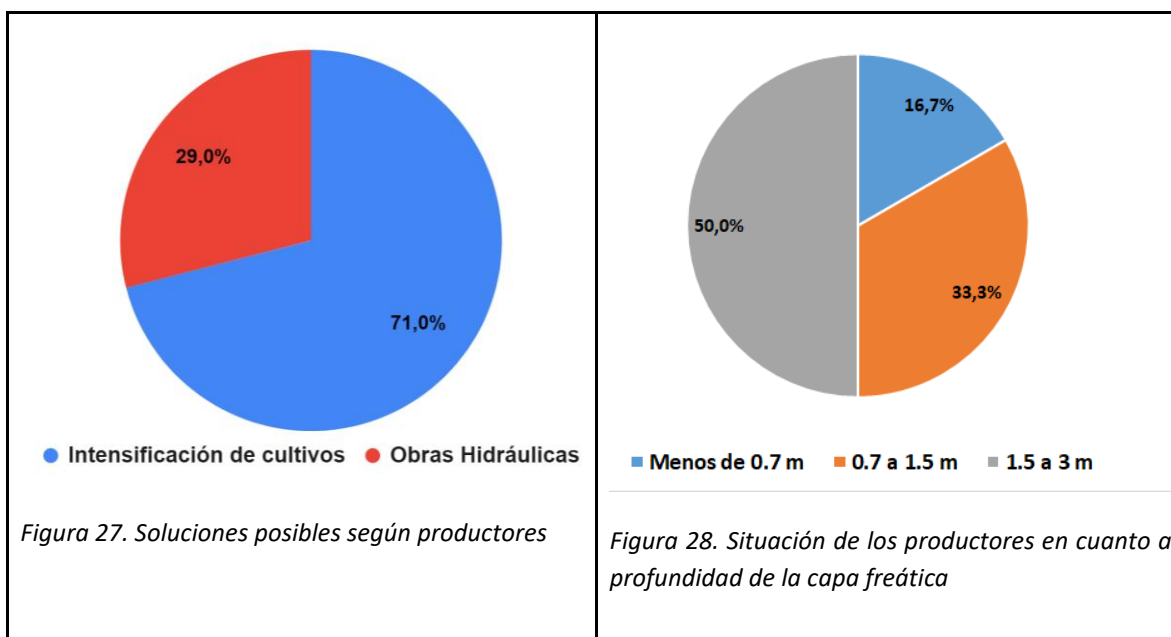
Cuando se les preguntó sobre cuáles creen que son las causas de las inundaciones, un tercio de las respuestas dijeron que las causantes del fenómeno son las lluvias intensas, una proporción igual a la anterior hace responsable del problema a obras mal diseñadas tales como canales de desagüe ilegales, caminos y/o rutas que no respetan los cauces naturales actuando como barrera que retiene o desvía los volúmenes de escurrimiento, y otro tercio de las opiniones se inclinan a que la situación está dada debido a la falta de consumo de agua que se produce al no intensificar la rotación o al no incluir cultivos invernales a nivel regional, lo que provoca una continua alimentación de la napa freática (Figura 26).



Cuando se pregunta a los productores afectados si ven alguna solución al problema (Figura 27), el 71% de ellos coincide en que la solución es intensificar la rotación mientras que el 29% se inclina a que lo mejor es optar por la sistematización a través de canales de desagüe. Sin embargo, al indagar sobre prácticas de manejo tendientes a prevenir las inundaciones los productores encuestados realizan una o varias de las siguientes; todos afirman realizar rotaciones, un 63% de ellos dice implementar intensificación de cultivos, otra proporción idéntica a la anterior utiliza como herramienta la elección de variedades y un 50% de los encuestados opta por manejar la densidad y fecha de siembra.

En cuanto a profundidad de capa freática, como se aprecia en la Figura 28, de los productores que tienen registro de este parámetro, un 16,7% tiene la napa a menos de 0,7 m de profundidad, por lo que se encuentran en una situación problemática, debido a que con precipitaciones que no sean importantes posiblemente ya no haya piso para efectuar la siembra y aún lograda la misma, la germinación puede verse afectada por anoxia o ascenso de sales a la superficie, sin contar los inconvenientes para realizar labores intermedias, otro 33,3% tiene la napa a una profundidad que va de 0,7 m a 1,5 m, también se encuentran en una situación crítica debido a que corren el riesgo de que la napa suba hacia la superficie en poco tiempo ante lluvias intensas con la consecuente pérdida de plantas o reducción en el rinde del cultivo, además del alto riesgo de sufrir inconvenientes durante la cosecha y el restante 50% tiene la napa a un nivel de 1,5 m a 3 m, están en una situación ideal, ya que el cultivo en caso de precipitaciones escasas puede aprovechar el agua freática y ante lluvias intensas la napa todavía tiene capacidad para incorporar los

volúmenes que percolan en profundidad sin ascender a niveles perjudiciales para los cultivos.



2- Clasificación supervisada de imágenes satelitales

a- Evolución de la superficie implantada con trigo

De acuerdo a los resultados obtenidos mediante el software Qgis, en la cuenca en estudio la superficie que ocupó el cultivo de trigo en las cinco campañas evaluadas se representa en la Tabla 3, se puede observar también el porcentaje que constituyen esas hectáreas con respecto al área de la cuenca y la variación interanual de las mismas.

Tabla 3. Análisis de los resultados de la clasificación de imágenes para el cultivo de trigo en el período analizado

Campañas	2016/2017	2017/2018	2018/2019	2019/2020	2020/2021
Sup. (Hectáreas)	2848	3621	5670	5765	4574
Porcentaje con respecto al área de la cuenca	12%	15,3%	24%	24,3%	19,3%
Variación		+27,1%	+56,6 %	+1,68%	-20,6%

interanual					
------------	--	--	--	--	--

El cultivo aumentó su participación en la cuenca desde la campaña 2016/2017 hasta la 2019/2020, lo que creemos se debe principalmente a la quita de retenciones que hubo para el cultivo a fines del año 2015 tornándolo más rentable para el productor, además, la decisión de siembra fue acompañada por buena humedad en el perfil a causa de los importantes aumentos de los promedios de precipitaciones anuales por encima de la media histórica en el año 2015, al que luego se sumó 2016. Las precipitaciones por encima de la media histórica en éstos dos años (2015 y 2016) seguro impulsaron a la freática a alturas cercanas a la superficie.

Luego de la campaña 2019/2020 se produce un decrecimiento en la superficie implantada. Se destaca el importante aumento del área cultivada en la campaña 2018/2019 con respecto a 2017/2018, que es del 56,6% (siendo el mayor porcentaje de incremento del período analizado). En la campaña siguiente (2019/2020) se da la mayor área implantada de los años estudiados, logrando así un grado de participación en la cuenca del 24,3% de la superficie de la misma, difiriendo en menos de 10 puntos porcentuales con el dato recabado en las encuestas, donde de la superficie total que reúnen los productores encuestados en 2021 (campaña 2021/2022), un 32,8% es ocupada por el cereal de invierno.

Si bien hacia el final del período estudiado disminuyó el área destinada al cultivo, nunca llegó nuevamente ni se ubicó por debajo del 12% de la superficie de la cuenca, que es el mínimo porcentaje de ocupación de las campañas analizadas, lo que implica que al menos la superficie destinada al trigo se ha mantenido (incluso, en el período analizado, se ha incrementado), lo que se observó también en las encuestas, ya que un 80% de los productores mantuvo o aumentó el área destinada a cultivos de invierno en los últimos años, lo que resulta positivo en cuanto a favorecer el consumo de las aguas freáticas, además de brindar cobertura y por lo tanto carbono orgánico al suelo, favoreciendo su estructura.

Las siguientes cinco Figuras corresponden a imágenes clasificadas de la zona de estudio, se puede apreciar en cada una de ellas la superficie ocupada con trigo en la cuenca (trazo rojo) a lo largo de las cinco campañas. La irregularidad en la forma de las áreas cultivadas se debe en gran parte al impacto de los excesos hídricos en los parámetros físicos y químicos del suelo, principalmente en los bajos y vías de escurrimiento, provocando, si se logra en primera instancia la germinación, un menor desarrollo del cultivo o incluso la pérdida total del mismo.

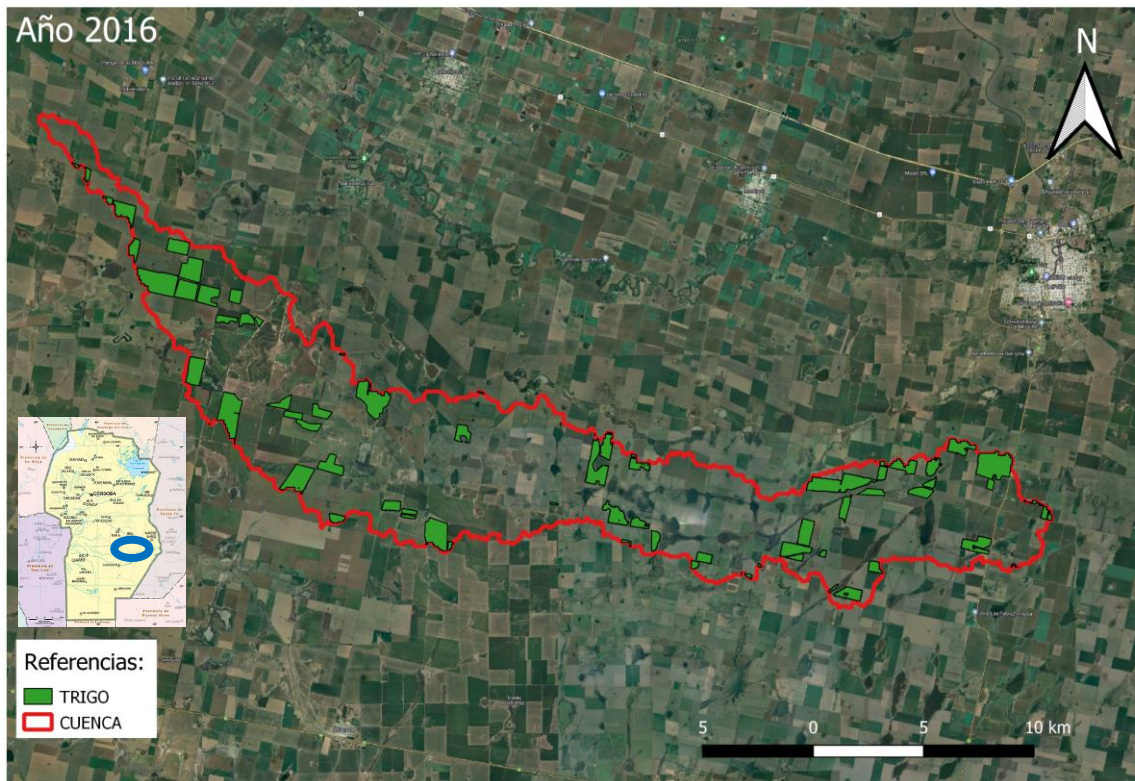


Figura 29. Imagen clasificada donde se aprecia la participación del cultivo de trigo en la cuenca, año 2016

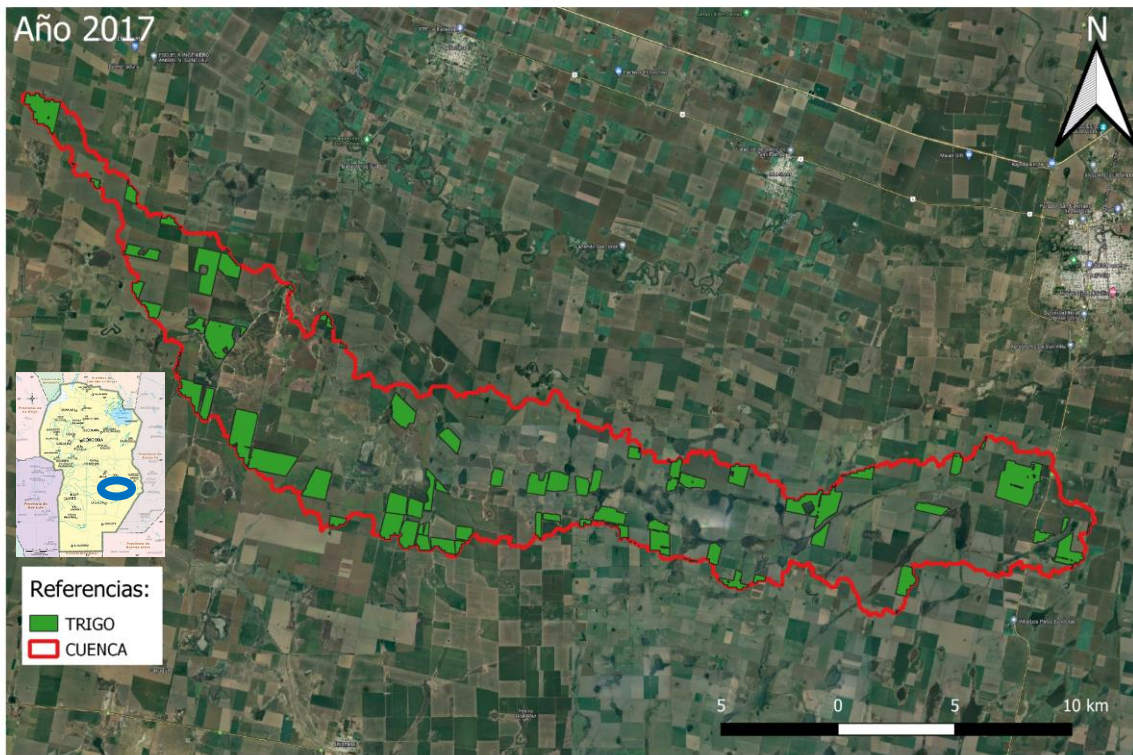


Figura 30. Imagen clasificada donde se aprecia la participación del cultivo de trigo en la cuenca, año 2017

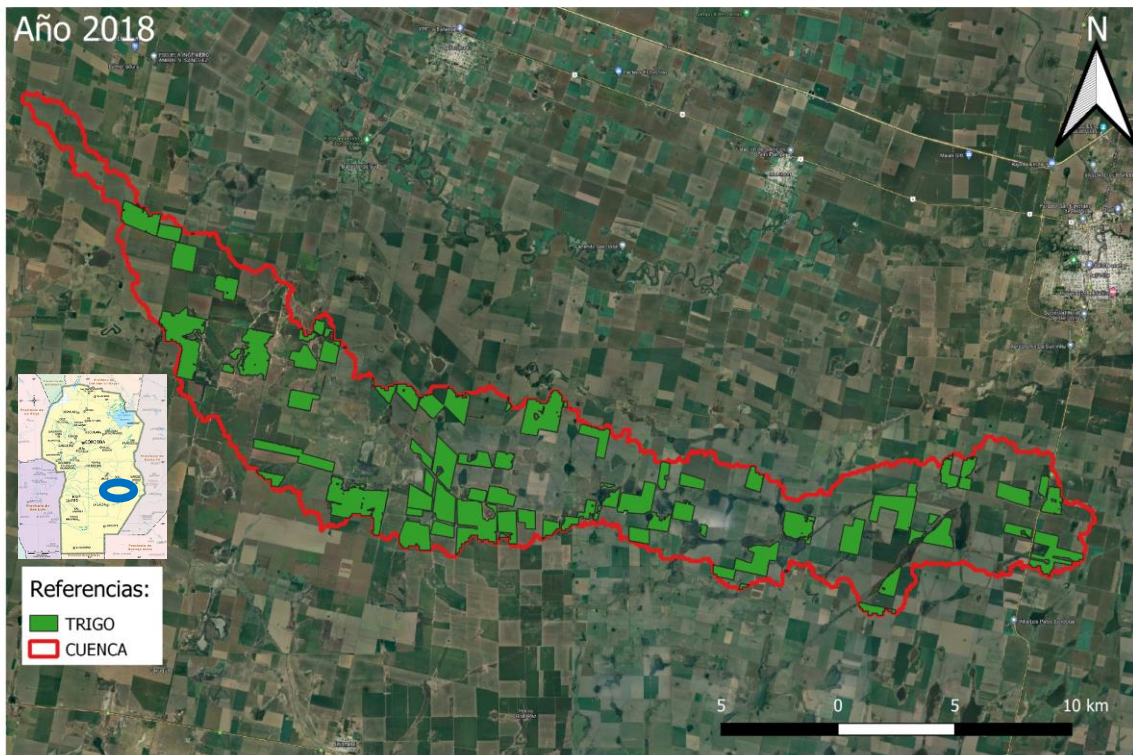


Figura 31. Imagen clasificada donde se aprecia la participación del cultivo de trigo en la cuenca, año 2018

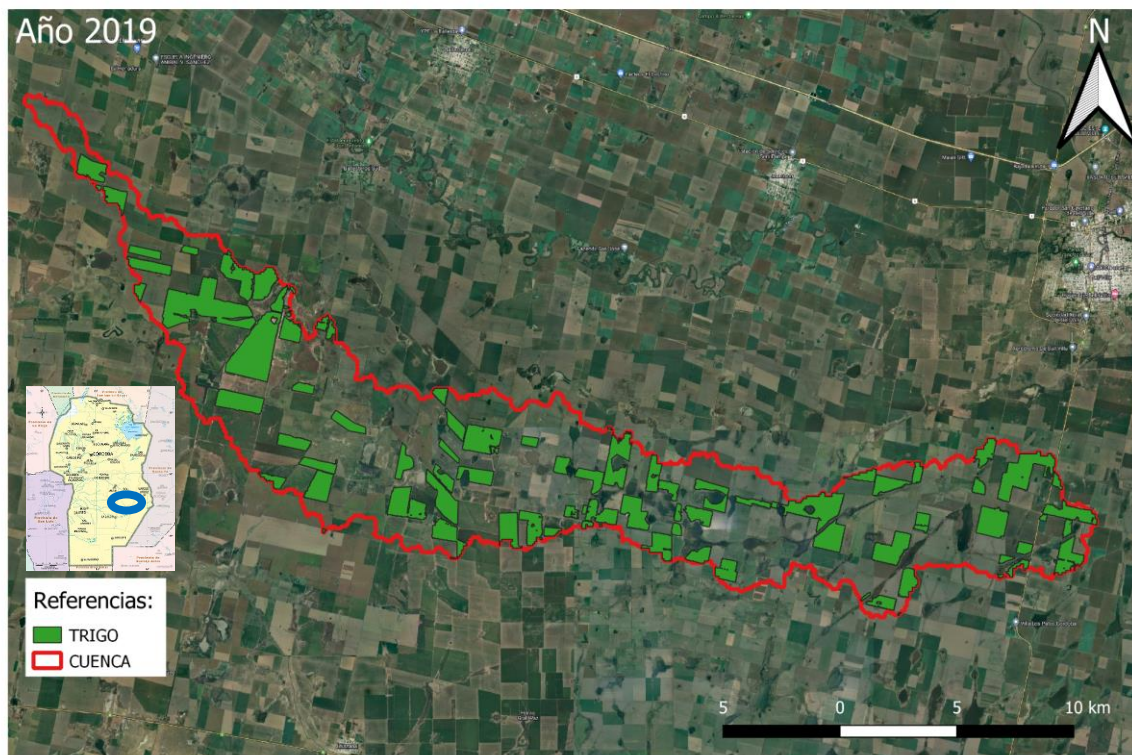


Figura 32. Imagen clasificada donde se aprecia la participación del cultivo de trigo en la cuenca, año 2019

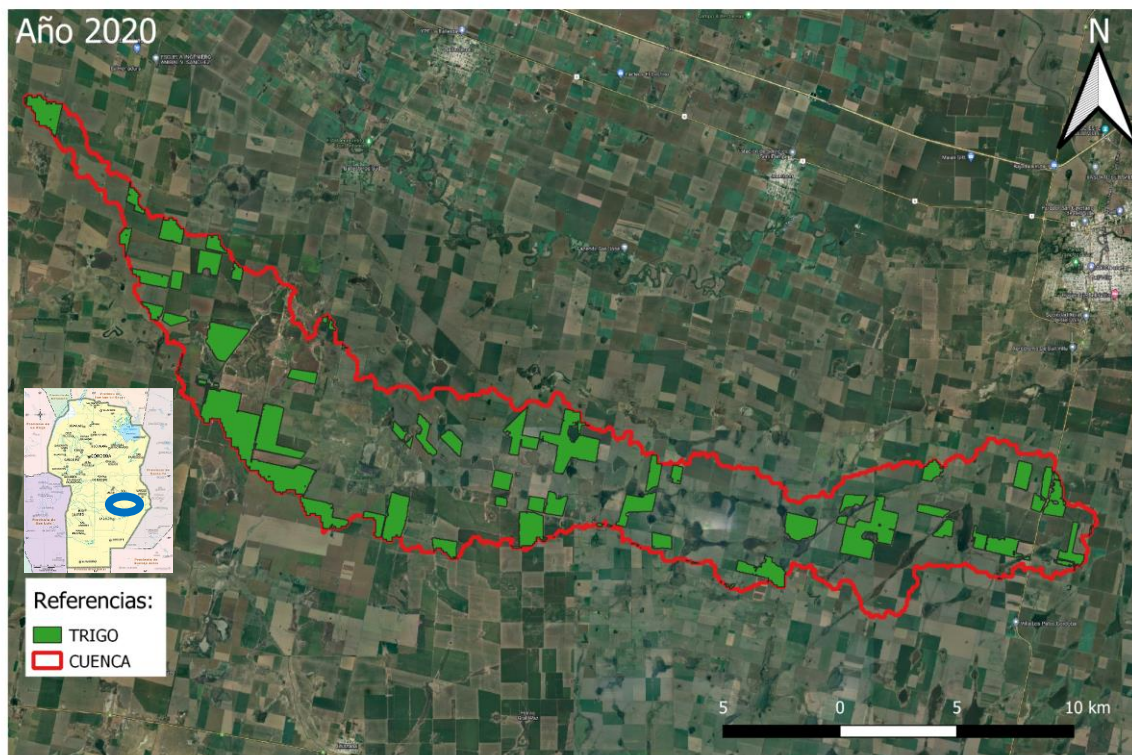


Figura 33. Imagen clasificada donde se aprecia la participación del cultivo de trigo en la cuenca, año 2020

b- Grado de participación relativa de los cultivos de soja y maíz dentro de la cuenca en estudio

A partir de la clasificación supervisada de imágenes satelitales se obtuvieron los resultados que se observan en la Tabla 4. En la última columna se incluye para el análisis al cultivo de trigo, para obtener la relación Soja/Maíz+trigo.

Tabla 4. Análisis de los resultados de la clasificación de imágenes para los cultivos de soja y maíz en el período analizado

PARTICIPACIÓN EN LA CUENCA					
Campaña Agrícola	Soja	Maíz	Relación Soja/Maíz	Diferencia Interanual	Relación Soja/Maíz+Trigo
2016/2017	9412	1243	7,6		2,3
2017/2018	7038	2987	2,4	-5,2	1,1
2018/2019	10731	925	11,6	+9,2	1,6
2019/2020	7823	2538	3,1	-8,5	1
2020/2021	4610	4775	1	-2,1	0,5

Se destaca la predominancia del cultivo de soja con respecto al de maíz durante los primeros 4 años. No obstante, y en coincidencia con los resultados obtenidos en las encuestas y la tendencia a nivel zonal, la relación Soja/Maíz, si bien experimentó un importante aumento en la campaña 2018/2019 con respecto a las anteriores, posiblemente influenciado por la aplicación de retenciones al cereal en el año 2018, sufrió desde entonces un descenso llegando a la equidad 1:1 en la campaña 2020/2021.

Si para el anterior análisis se tiene en cuenta el cultivo de trigo, surge la relación Soja/Maíz+Trigo, y puede verse que los valores obtenidos en la cuenca se encuentran por debajo de los valores encontrados para la zona núcleo (Figura 34) en las cinco campañas evaluadas, no obstante, ambas escalas de análisis coinciden en la tendencia al decrecimiento de tal relación. En la campaña 2020/2021 la correspondencia entre las hectáreas que ocupó la oleaginosa y las hectáreas sembradas con ambas gramíneas fue de 0,5, la mitad de lo que se obtuvo en las encuestas donde dicha correspondencia fue de 1:1 para la campaña 2021/2022, y más debajo aún de lo que ocurrió en la misma campaña en

la zona núcleo, donde se sembraron 1,4 hectáreas de soja por cada hectárea ocupada por ambos cereales.

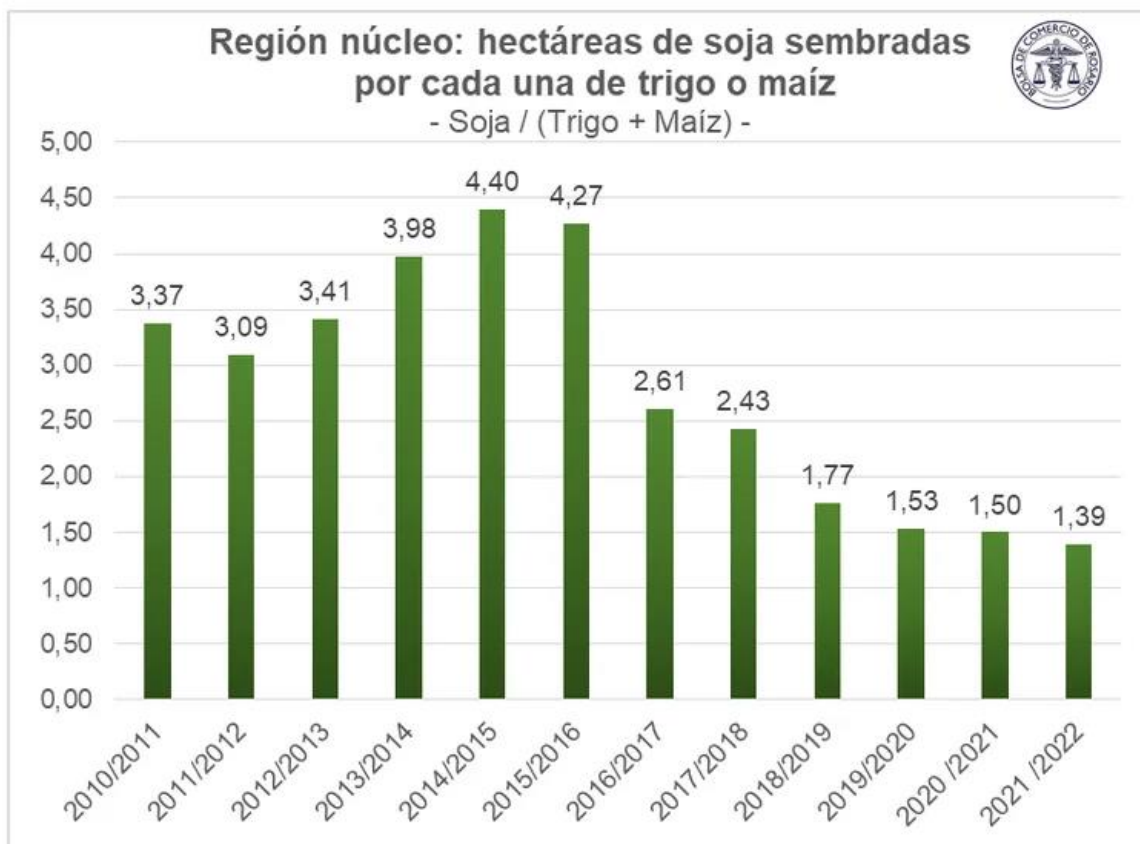


Figura 34. Región núcleo, evolución de hectáreas (barras verdes) de soja sembradas por cada hectárea ocupada por gramíneas (maíz + trigo)

Fuente: Bolsa de Cereales de Rosario (BCR)

Es posible que, en cuanto al trigo, los planteos agrícolas que se llevaron a cabo en la cuenca, especialmente durante los primeros dos años evaluados (y seguramente en años anteriores), contribuyeron al acercamiento de la napa a la superficie, debido al escaso grado de participación del cereal de invierno y podríamos relacionarlo con que el 50% de los productores que registran profundidad de la napa (75% de los encuestados) tiene la napa a menos de 1.5 metros, mientras que del 62,5% de los productores que sufren ascenso de napa, la mitad asegura tener áreas comprometidas por excesos hídricos que representan del 5% al 30% de la superficie total de los campos que trabajan.

Por otra parte, la predominancia del cultivo de soja sobre el maíz, deja en claro que una superficie importante de la cuenca se ha manejado sin un plan de rotación lo que ha conducido, haciendo soja tras soja, a un menor aporte de materia orgánica al suelo, a la presión en la extracción de ciertos nutrientes y a la pérdida de porosidad del perfil del suelo

debido al sistema radicular de la soja con respecto al de la gramínea, disminuyendo su cobertura y perjudicando su estructura y por lo tanto su capacidad de retención e infiltración del agua de lluvia, empeorando así la situación de los bajos propensos a anegamientos.

Por suerte, y similar a la actitud adoptada por los encuestados, los productores de la cuenca parecen haber tomado conciencia de la importancia de aumentar el consumo hídrico y mejorar la fertilidad física del suelo, lo que se evidencia en el aumento de la superficie implantada con maíz desde la campaña 2019/2020.

En las siguientes cinco Figuras se puede observar la participación de soja y maíz en la cuenca estudiada. Al igual que ocurre con el trigo, muchos lotes se muestran irregulares debido a las zonas que se inundan, además se aprecian con facilidad los bajos y vías de escurrimiento donde es inviable el establecimiento de los cultivos y la recuperación de la superficie para volverla nuevamente cultivable, si no se llevan a cabo acciones pertinentes, como el primer paso que parecen haber dado los productores de la cuenca de aumentar la superficie de gramíneas (maíz en este caso) en detrimento de la ocupada por soja.

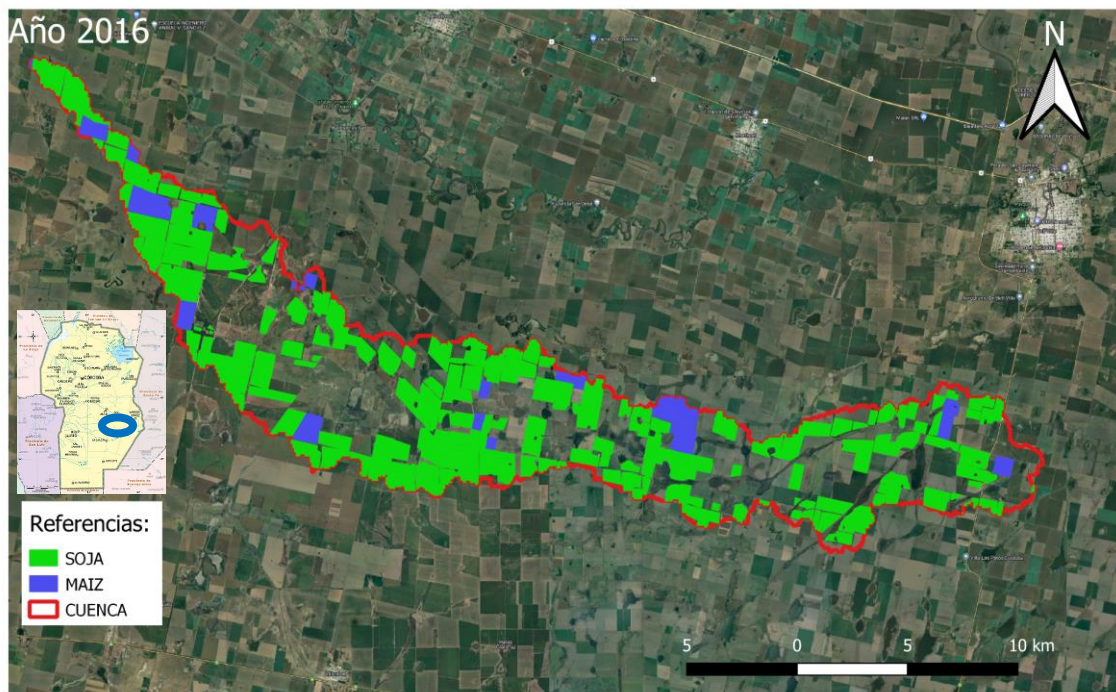


Figura 35. Imagen clasificada donde se observa la superficie ocupada por los cultivos de soja y maíz en la campaña 2016/2017

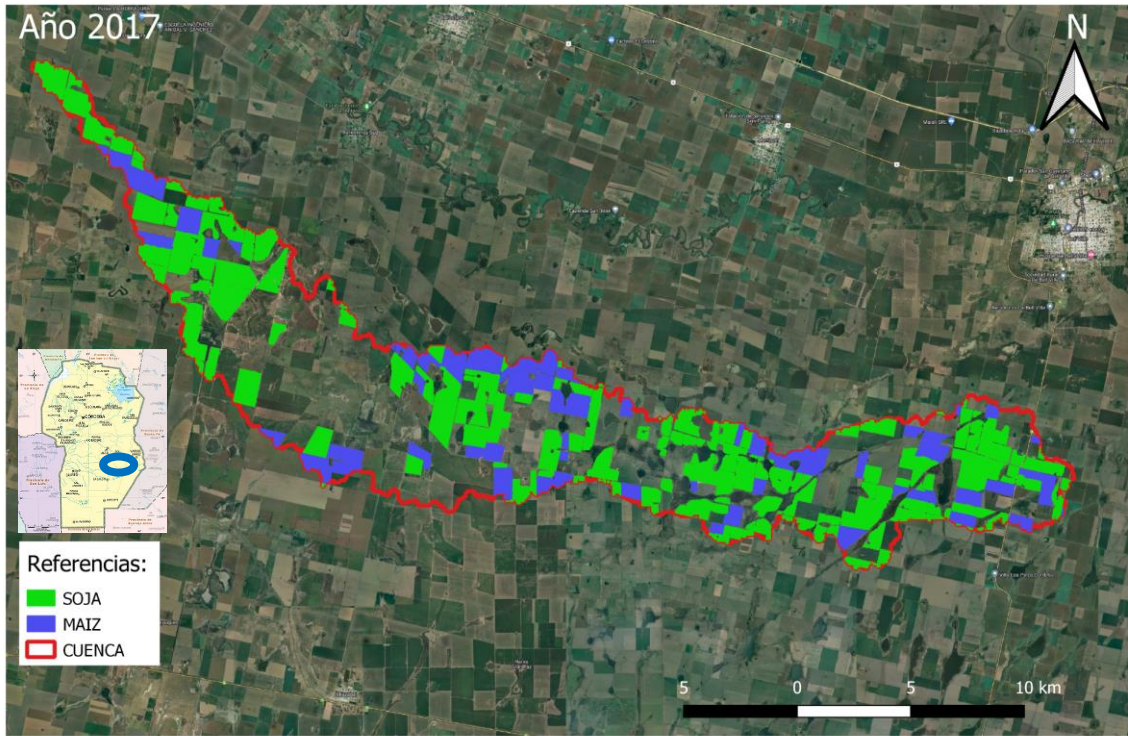


Figura 36. Imagen clasificada donde se observa la superficie ocupada por los cultivos de soja y maíz en la campaña 2017/2018

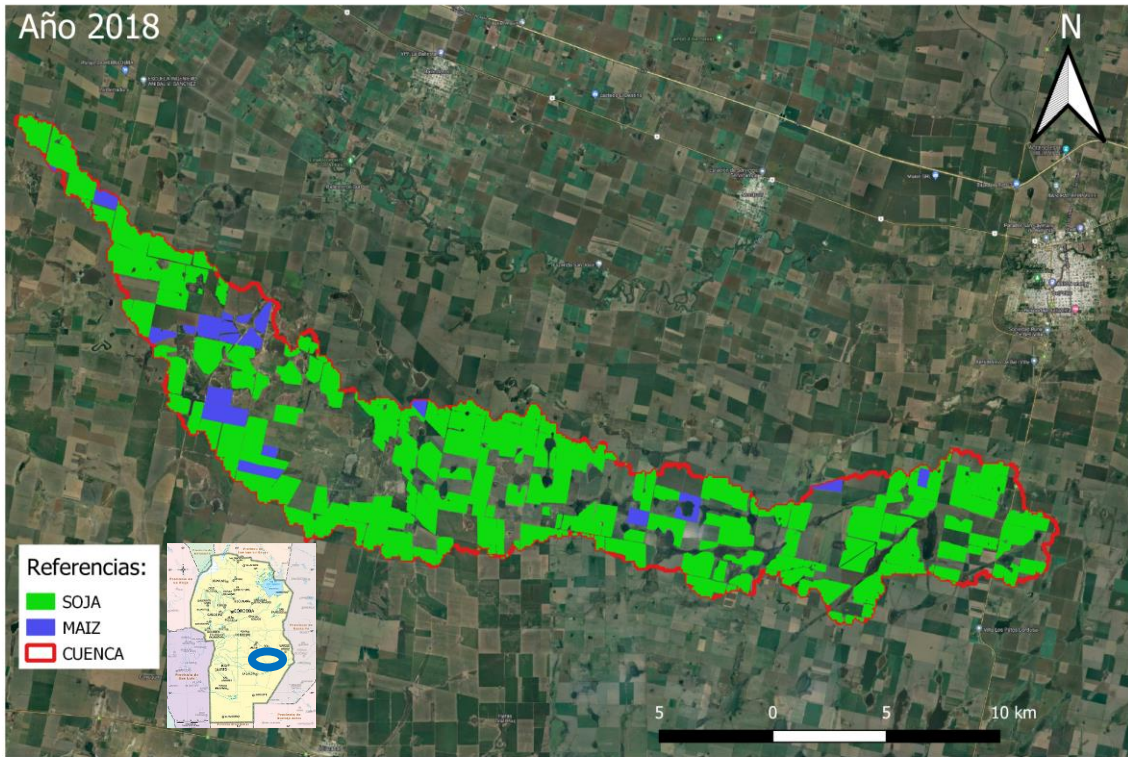


Figura 37. imagen clasificada donde se observa la superficie ocupada por los cultivos de soja y maíz en la campaña 2018/2019

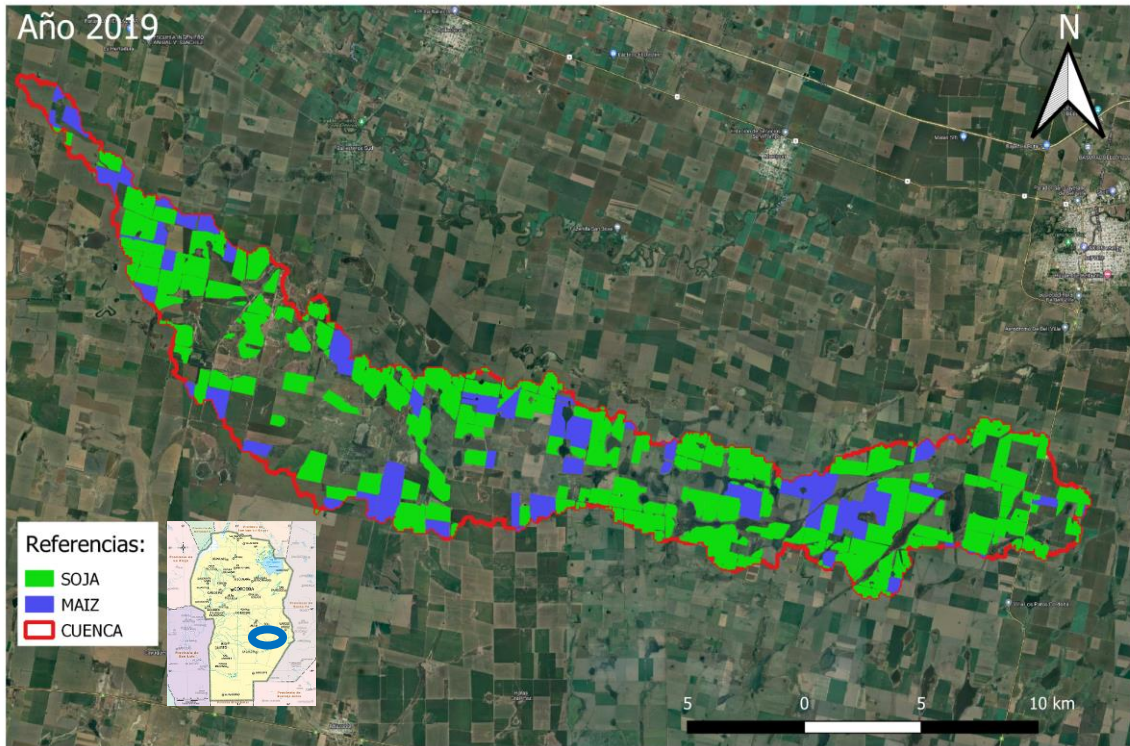


Figura 38. Imagen clasificada donde se observa la superficie ocupada por los cultivos de soja y maíz en la campaña 2019/2020

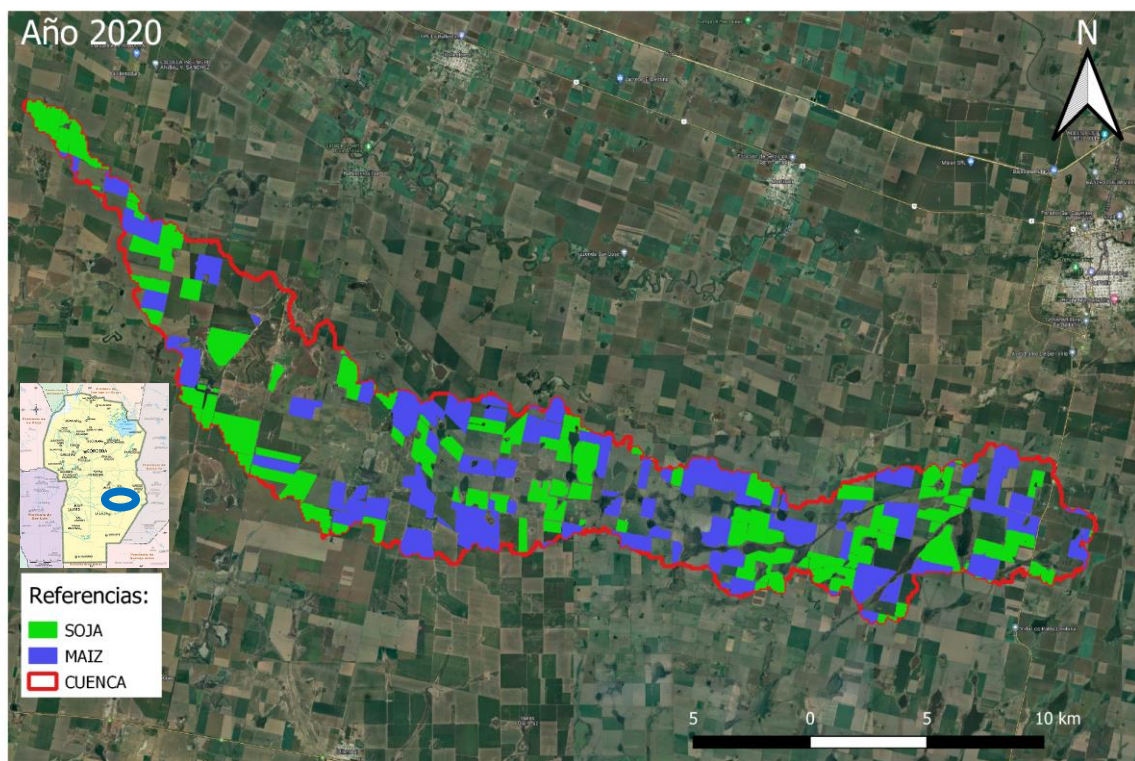


Figura 39. Imagen clasificada donde se observa la superficie ocupada por los cultivos de soja y maíz en la campaña 2020/2021

Discusión de causas que generan inundación en la zona

Según trabajos científicos del INTA Marcos Juárez realizados desde 2010 en adelante, las causas del ascenso de las napas freáticas pueden encontrarse en los efectos del cambio en el uso de la tierra. Bollatti (2017) indica que "las inundaciones de mayor duración y extensión geográfica se ocasionan por el ascenso gradual de niveles freáticos". En este sentido advirtió que "no es que llueva más, sino que los cambios del uso del suelo llevaron a un menor consumo de agua". Cabe mencionar aquí, sin detenerse en el cambio de uso del suelo, que mediante el análisis de datos históricos de precipitaciones de la localidad de Justiniano Posse se encontró para la zona en estudio un aumento de las precipitaciones anuales por encima de la media del período analizado, en coincidencia con los resultados obtenidos por distintos autores en localidades del sudeste de Córdoba. Asimismo, Bertram

(2013) muestra que la evolución en el tiempo del ascenso de las napas freáticas en la región está identificada con la "mayor superficie de cultivos anuales, en particular soja, y la disminución de la superficie de praderas implantadas". Junto con Chiacchiera (2013) observó, a partir de datos históricos de utilización de la tierra, rendimiento de cultivos, profundidad de la napa y precipitaciones, que los efectos en el comportamiento de la napa son a corto y largo plazo. Los primeros están asociados a las precipitaciones locales, mientras que los segundos estarían vinculados con las actividades agrícolas y el consumo que éstas generan.

Los cambios producidos a nivel de sistemas productivos de la región, caracterizados por una disminución en el consumo de agua (más cultivos anuales, menos pasturas perennes, menos árboles y pastizales, mayor eficiencia en el uso del agua, etc.) generaron excedentes hídricos que fueron incorporándose regularmente al agua subterránea, determinando su acercamiento a la superficie. Existen numerosos trabajos que documentan el crecimiento de la superficie agrícola (principalmente soja) en detrimento de aquella destinada a la actividad ganadera ocurrido en los últimos años. En términos generales, 10 millones de hectáreas han pasado de la actividad ganadera o mixta a la agrícola pura en la región pampeana (Bertram y Chiacchiera, 2013), esto se ve reflejado en los datos que surgen de las encuestas, donde del total de la tierra que reúnen los productores encuestados, sólo un 2 % se destina únicamente a la actividad ganadera y un 0,5% son mixtas. Este proceso tuvo como efecto indirecto que millones de hectáreas de pasturas perennes y pastizales que consumían agua durante los doce meses del año fueron cambiadas por cultivos anuales que, en el mejor de los casos lo hacen durante un tercio o la mitad de ese tiempo, pasando de consumir anualmente 1500-2000 mm a 500-800 mm (Bertram y Chiacchiera, 2013). De esta manera, las pasturas y pastizales generaban menores ingresos de agua a las napas y, en aquellos lugares o períodos en los que éstas se acercaban a la superficie, se registraba un consumo más intenso, mientras que los cultivos anuales modificaron dicho balance, incrementando el ingreso de agua y limitando los egresos por consumo, empujando los niveles freáticos hacia la superficie.

Por otra parte, en la producción agropecuaria, las rotaciones de cultivos agrícolas se han empobrecido, disminuyendo la proporción de gramíneas, llegando éstas a su menor grado de participación en la campaña 2014/2015 para la zona núcleo, afectando no sólo el consumo de agua del cultivo actual y de los sucesivos, sino también el proceso de infiltración a causa del deterioro de la estructura del suelo.

Así es que entre mediados de la década del `70 y principios de la del `80, por cada hectárea de soja, en el departamento Marcos Juárez se hacían 40 de gramíneas (maíz + sorgo + trigo) y 20 de maíz, mientras que para 2013 esa relación se había invertido rotundamente, pasando a sembrar por cada hectárea de gramíneas (maíz + sorgo + trigo) y de maíz, 3 y 6 de soja respectivamente. Sin embargo, como se expuso en la sección de las encuestas y en coincidencia con la tendencia obtenida de los resultados de la clasificación de imágenes, a

partir del pico de la relación soja/maíz+trigo en la campaña 2014/2015, comenzaron a ganar lugar las gramíneas, de modo tal que a nivel de cuenca dicha relación descendió hasta alcanzar el valor de 0,5 ha de soja/ ha de maíz + ha de trigo en la campaña 2020/2021 y en la zona dicha relación ha mejorado a 1,4 en la campaña 2021/2022, además, para la misma campaña, la superficie relevada mediante las encuestas posee una relación de 1:1.

También hubo una merma del cultivo de trigo (que ocupaba históricamente cerca del 20% de la superficie, con picos que alcanzaron el 40% a principio de los '80) hacia la campaña 2013/2014, representando en la misma un escaso 3%. No obstante, y similar a lo que ocurre con el maíz, se viene observando una tendencia al aumento de la superficie implantada con el cereal de invierno, ya que para la campaña 2021/2022 se sembró el 27% del área agrícola a nivel nacional con el mismo, en tanto que las encuestas arrojan que el trigo participa en un 32,8% del total del área que reúnen los encuestados y la clasificación de imágenes satelitales da cuenta que el cultivo ocupa para la campaña 2020/2021 un 19,3% del área de la cuenca, a pesar de haber sufrido un descenso de 20,6% de hectáreas sembradas con respecto a la campaña anterior, después de cuatro años de incremento en la superficie cultivada.

Si bien las tendencias coinciden, creemos que estas diferencias entre el uso que aporta el material bibliográfico y los datos recabados mediante las encuestas y la clasificación de imágenes se deben, además de variaciones propias de la escala de análisis (tanto espacial como temporal), a la decisión de los productores de aumentar la participación de los cultivos de trigo y maíz desde la campaña 2016/2017 principalmente a causa de la quita de las retenciones a ambos cereales, brindándole al maíz una mejor relación precio-insumo en comparación a la soja y aumentando la rentabilidad del cultivo de trigo en una zona tradicionalmente triguera. Además, muchos productores parecen haber entendido que para evitar los anegamientos por ascenso de napa freática se necesita impedir que lleguen excedentes pluviales a ésta, lo que se logra intensificando los sistemas productivos, ya que casi el 60% de los encuestados cree que la solución al anegamiento es intensificar la rotación y un 40% de los encuestados lleva a la práctica esta técnica.

En cuanto a cómo influyen los cultivos agrícolas en el comportamiento de la napa, Bertram y Chiacchiera (2013), a partir de un estudio de datos históricos de precipitaciones y profundidad de la napa, observaron una relación directa entre el incremento de los cultivos agrícolas (y del cultivo de soja principalmente) y el acercamiento de la napa a la superficie. Así, aproximadamente un 60% de la explicación del crecimiento de la napa durante el período analizado se podría encontrar en el incremento de la superficie con cultivos agrícolas, y cuando se analiza la relación existente entre la profundidad de napa y la superficie implantada con el cultivo de soja, ésta explica casi un 70% del comportamiento del componente freático. Además, pudieron determinar que existe un incremento sostenido del nivel de la napa de 17 cm por año, independientemente de que haya copiado los altibajos que presentan las precipitaciones (fines de los '70 y principios de los '90),

pasando de una napa cercana a los 11 m en la década del '70, a una que en el año 2013 alcanzó los 2 m de profundidad en promedio, situación que no ha variado mucho desde entonces, ya que en la zona en estudio, el 50% de los productores encuestados en 2021 que poseen registro de este parámetro, tienen la napa a menos de 1,5 m. Esta tendencia sugiere que, en el corto plazo, las fluctuaciones del componente freático podrían estar más asociadas a las precipitaciones locales mientras que, en el largo plazo, el cambio de actividades (ganadería por agricultura, pasturas perennes y pastizales por cultivos anuales), rotaciones agrícolas prácticamente inexistentes, tecnología de insumos y procesos, etc. habrían generado un menor consumo hídrico sostenido en el tiempo y, en consecuencia, excedentes pluviales pasaron sistemáticamente a aumentar los niveles freáticos (Bertram y Chiacchiera, 2013).

A las consecuencias del cambio de uso del suelo nombradas anteriormente se suman, por un lado, la topografía del terreno, con escaso grado de las pendientes generales, que van de 0,11% a 0,14% en la cuenca analizada, con redes de drenaje poco definidas, que hacen que la evacuación de los volúmenes de lluvia que no infiltran sea muy lenta o nula llegando a formar lagunas en las suaves depresiones del terreno, y por otro, como se mencionó brevemente al inicio de esta discusión, al aumento del promedio anual de precipitaciones en la zona desde 1969 a la actualidad lo que supone un extra de milímetros para alimentar la capa freática y áreas inundadas si no se llevan a cabo acciones integrales que tiendan, primero, a capturar el agua de lluvia en el lugar donde cae (mediante una buena estructura y cobertura del suelo), reteniéndola en los primeros centímetros del perfil, evitando escorrentía y percolación en profundidad, y segundo, a aumentar consumo hídrico.

Fundamentación y sugerencias de las prácticas de control y manejo recomendadas para la problemática en estudio

En este punto es importante destacar el cambio en el manejo del suelo en la zona, especialmente en la cuenca de estudio, en los últimos 10 años, donde se mostró un aumento significativo de la incorporación de gramíneas y cultivos de servicio al sistema productivo. Sin embargo, el efecto en el cambio de uso del suelo registrado varias décadas atrás (aproximadamente un 45% del sistema mixto pasó a agrícola respecto de la década del 70), está manifestando los problemas actuales, como son la falta de consumo permanente de agua por parte de las pasturas y ambientes naturales, reducción de la fertilidad física del horizonte superficial por falta de cobertura, disminución de la infiltración y retención de agua, aumento de escurrimiento superficial y mayor capilaridad por compactación que favorece el ascenso de la capa freática. Todos estos aspectos aún no han podido ser corregidos por los sistemas agrícolas actuales a pesar de utilizar sistemas de labranza conservacionistas y mejorar la secuencia de cultivos, mencionadas anteriormente.

De todos los profesionales consultados para las alternativas de manejo (Bertram; Chiacchiera; Bollati; Jobbágy; Pagnan, Federico; Videla Mensegue, Horacio) las propuestas se basaron mayormente en cuatro (Jobbágy, Bollati, Bertram y Chiacchiera) ya que sus estudios se realizaron en la zona analizada, además de encontrar mayor cantidad de trabajos realizados por estos autores, sin embargo, cabe aclarar que todos los consultados en mayor medida concuerdan en sus propuestas para tratar excesos hídricos.

Coincidimos con los autores estudiados que es necesario planificar cambios en la estructura de los sistemas de producción en la medida que la oferta hídrica aumente significativamente, lo cual podría impedir nuevas pérdidas y, a la vez, permitiría un nuevo aumento en la producción. En cierta forma se almacena el agua sin estrategias posteriores para consumirla. Así surge la inquietud de analizar la posibilidad de hacer un uso planificado de estos excedentes hídricos para transformarlos en mayor producción de biomasa o granos, basado en el conocimiento de la recarga del suelo, la profundidad de la napa y el uso de pronósticos de lluvias a largo plazo. Por ello, además de perseguir mayores producciones, una prioridad debería ser la búsqueda del equilibrio ambiental, tendiendo a mantener la napa a una profundidad que permita reducir los riesgos de anegamiento, así como las pérdidas de rendimiento de los cultivos, utilizándola como reservorio hídrico en aquellos ciclos más secos.

Creemos que la solución más eficiente ante las inundaciones es implementar en conjunto y de manera coordinada prácticas a nivel de cuenca, tanto aquellas denominadas “**soluciones azules**” como las llamadas “**soluciones verdes**”.

Soluciones Azules

Históricamente, en los períodos de máximo anegamiento —sobre todo cuando los impactos desbordan a la producción primaria y afectan al transporte y la vida urbana— surgen las

demandas de obras hidráulicas. Son llamadas soluciones *azules* al problema: implican facilitar la salida del agua del establecimiento, pueblo, región o provincia en cuestión. Su impacto en el largo plazo es limitado y conflictivo: son positivas sólo mientras dura la emergencia y transfieren el problema de una localidad a otra, desatando conflictos de muy difícil resolución.

En este sentido, Bolatti (2017) realizó un estudio para evaluar cómo influía un canal de desagüe en la profundidad freática del área circundante medida con freatómetros, donde determinó una influencia significativa del canal sobre la profundidad de la napa hasta los 131 m desde el mismo, superando esa distancia la respuesta medida en el canal es de menor relevancia desde el punto de vista agronómico. Concluyeron que los canales son parte de la solución, ya que de ellos depende extraer el agua superficial de zonas inundadas hasta la distancia medida, donde la topografía y las obras naturales de drenaje permitan su correcto funcionamiento.

No desestimamos como parte del tratamiento a esta situación, las obras de infraestructura tales como canales de drenaje y microembalses, en la medida que sean “**moderadas** y correctamente diseñadas”, como sostuvo Federico Pagnan (comunicación personal), planificadas y efectuadas a nivel de cuenca, de modo que favorezcan el almacenaje de agua en las zonas altas y un drenaje adecuado de los excedentes en las zonas bajas, respetando siempre las vías de escurrimiento naturales, evitando así problemas entre los actores presentes en el territorio.

Soluciones Verdes

Para Jobbágy (2016), si se reconoce que el problema de los anegamientos no sólo radica en la magnitud del exceso de agua puntual, sino también en la cantidad de agua almacenada en el suelo, queda claro que las soluciones incluyen aumentar consumo y la evacuación de agua en períodos húmedos. Sin embargo, también se deben maximizar el consumo y “vaciar del balde freático” en los períodos secos. En este aspecto, las prácticas agronómicas abren la posibilidad de soluciones más estructurales al problema de los anegamientos. Se trata de soluciones *verdes* que implican aumentar la capacidad de consumir agua, desde una profundidad mayor y con el beneficio adicional de elevar la productividad vegetal. En períodos húmedos necesitamos más cobertura verde, aún en las partes anegadas del paisaje. En los períodos secos necesitamos extraer agua desde estratos más profundos, lo que se logra con raíces más profundas.

En este sentido, y tendiendo a lograr las premisas del párrafo anterior, creemos que para aumentar estratégicamente el consumo de agua existen herramientas que pueden ser efectivas en ciclos agrícolas, como también se podría pensar en la incorporación oportuna de una pastura en determinados ambientes (donde no sea rentable la implementación de un cultivo anual) como así también, recuperar bajos anegables con la implantación de forestación de alto consumo y tolerantes a las condiciones edáficas diferentes (con y sin

halomorfismo). Otra estrategia probable podría ser destinar los bajos como zona de sacrificio, generando alteos forestales que consuman el agua y permitan utilizar el resto como reservorio o microembalse de retención, sin tener que destinar grandes inversiones en obras ingenieriles que logren el desagüe a canales adyacentes, de esta forma, las áreas improductivas (zonas de sacrificio) podrían compensarse con mayor estabilidad económica y productiva en el tiempo.

Como una primera instancia, respetando el uso actual del suelo, algunas de las estrategias a implementar en los sistemas productivos agrícolas pueden ser: siembras tempranas, haciendo coincidir las máximas coberturas y las máximas demandas; ciclos más largos; doble cultivo, de invierno y de verano, o doble de verano; inter-siembra; cultivos de cobertura; disminuir la implantación de soja en ambientes con limitaciones estrictas para su desarrollo; mejorar las pasturas en ambientes con elevado número de restricciones, eligiendo especies y/o cultivares que incrementen la producción; fertilizaciones estratégicas con el objetivo de generar mayores acumulaciones de biomasa y consumos de agua, entre otras prácticas, coincidiendo con las opciones que brindan los especialistas Bertram y Chiacchiera (2013).

Los planteos verdes requieren de esquemas flexibles, apoyados en el monitoreo freático y en un abanico más amplio de cultivos posibles. Un ejemplo de flexibilidad basada en el monitoreo es elegir en mayo si se hará maíz tardío con nivel medio de insumos, maíz temprano con nivel máximo de insumos, trigo-soja o cobertura de raigrás según los lotes presenten napas demasiado profundas (más de 3 m), ideales (entre 1,5 y 3 m), riesgosas (0,7 a 1,5 m) o problemáticas (a menos de 0,7 m). Con una regla de decisión de este tipo se pueden controlar parcialmente los niveles freáticos y reducir el riesgo de anegamiento sin limitar el consumo de agua, cosa que no se lograría si ante el anegamiento sólo se elige retrasar la fecha de siembra o, peor aún, no sembrar nada.

Respecto a las opciones en sistemas puramente agrícolas, aún está pendiente conocer mejor la profundidad de raíces y, en general, el comportamiento de los cultivares disponibles de maíz y soja ante las napas. Otra opción a analizar son los cultivos de cobertura, que además de contribuir a evacuar excedentes hídricos, brindan cobertura, anclaje de rastrojo, aportan carbono orgánico y mejoran la estructura al suelo, lo cual favorece una buena porosidad evitando impermeabilización y escurrimiento superficial del agua de lluvia afectando las zonas bajas. Lo ideal sería incluir opciones para años húmedos (tolerantes al anegamiento y, eventualmente, a la salinidad) y opciones con buena exploración del perfil del suelo para años secos.

Las soluciones verdes incluyen también el establecimiento de pasturas o la conservación de relictos de vegetación natural. Simulaciones con modelos 2D en Bandera sugieren que por su capacidad de consumir agua freática, 20% de la superficie cubierta por cortinas forestales reducirían drásticamente el anegamiento del otro 80% del territorio. En zonas sin monte,

las plantaciones forestales pueden cumplir una función similar (Jobbágy, 2016), aspecto a tener en cuenta por aquellos establecimientos agropecuarios que deban cumplir con el Plan Provincial Agroforestal, Ley 10.467, ya que de este modo se puede destinar a forestación parte de las áreas anegables, que en la mayoría de los casos son tierras improductivas debido a que los cultivos anuales no logran prosperar y no se utilizan pasturas en ellas puesto que, como lo reflejan las encuestas, la mayor parte de los sistemas productivos son netamente agrícolas. En este sentido existen experiencias de implantación de sauces (*Salix* spp.) en bajos inundables, generalmente destinados a la actividad ganadera. En una de ellas se implantaron sauces en terreno que tenía una acumulación de agua de 70 cm verificándose al sexto año un prendimiento (valga decir supervivencia) del 100 % del clon *Salix nigra* cv “Alonzo nigra 4 INTA” (Galetti, 2013). Además, cabe mencionar que los sauces poseen relativa tolerancia a la salinidad según las especies, por lo que las forestaciones con genotipos tolerantes permiten dar utilidad a suelos con limitantes productivas (Hangs et al., 2011). También existe la posibilidad de incluir especies nativas en estos planteos tales como algarrobos (*Neltuma* spp.) y chañar (*Geoffroea decorticans*) y evaluar el comportamiento de las mismas frente a las condiciones imperantes. Se puede pensar también en incorporar cortinas forestales no necesariamente en los bajos sino estratégicamente en las vías de escurrimiento naturales que desaguan a los mismos.

La implementación de estas prácticas, tanto azules como verdes, diseñadas a nivel de cuenca e implementadas de acuerdo a la situación particular que presente cada establecimiento, contribuirán en el corto plazo a evitar que el agua suba más allá de la superficie del suelo, por un lado, gracias a un correcto drenaje de zonas deprimidas y evitando a la vez que éstas reciban excedentes de las zonas altas, lo que se logra en parte con las obras hidráulicas primeramente mencionadas, y por otro, a una mayor retención e infiltración del agua precipitada, proceso favorecido por las soluciones verdes, las mismas que, a largo plazo, contribuirán a la transpiración a través de la cubierta vegetal, del agua almacenada en el suelo hacia la atmósfera, haciendo descender el nivel freático a niveles no riesgosos para los cultivos.

Reconocemos que para que estas soluciones azules y verdes sean posibles sería de importancia la intervención del Estado Provincial y/o Nacional, como ente patrocinador de las acciones a llevar a cabo en cada región (cuenca), tanto a través de la organización y regulación de las mismas, como del otorgamiento de créditos o subsidios a los productores, ya que las pérdidas económicas en las que se incurre al no tratar la situación de manera holística tendiendo a lograr sustentabilidad ambiental, económica y social, son millonarias, y afectan, directa o indirectamente, a todos los habitantes de la zona (BCCBA, 2019), por lo que no tendrían que concebirse los fondos destinados al tratamiento de la misma como un gasto, sino como una inversión. En este sentido, creemos que la situación de la cuenca y de la llanura en general, no debería ser vista como un problema sino todo lo contrario, una oportunidad a partir de la cual mejorar el manejo del agua mediante sistemas de

producción que permitan niveles de consumo de agua en el perfil del suelo acorde al ambiente.

Propuestas para la cuenca analizada

Si bien todas las soluciones mencionadas anteriormente se pueden llevar a cabo en la cuenca en estudio, desarrollaremos a continuación las que creemos están al alcance inmediato del productor, en el sentido de que éste tiene total decisión sobre la implementación o no de las mismas en su establecimiento productivo.

a- Rotaciones.

En base a la información del departamento Marcos Juárez (MINAGRI, 2016), debido a que la cuenca se encuentra en una zona similar en cuanto a clima, suelo y profundidad de napas, se consideraron a priori cuatro posibles rotaciones con notables beneficios ambientales con respecto a los esquemas productivos de 2015, donde predomina el cultivo de soja de primera y, en menor medida, maíz y doble cultivo de trigo-soja:

- ROTACIÓN 33%: constituye una propuesta tecnológica sustentable donde la superficie agrícola se distribuye en partes iguales en la secuencia trigo-soja / maíz / soja (INTA Informa, 2015).
- ROTACIÓN 33% + CULTIVOS DE SERVICIO (CS): donde a la rotación anterior se agrega el uso de cultivos de servicio y en este caso la secuencia es: trigo-soja / vicia-maíz / avena-soja.
- ROTACIÓN 50% ó 3 CULTIVOS EN 2 AÑOS: alternativa mejorada que incluye considerar la superficie agrícola con la rotación trigo-soja / maíz.
- ROTACIÓN 50 % + CS: donde a la rotación anterior se agrega el uso de cultivos de servicio, con la secuencia: trigo-soja / vicia-maíz.

Los autores Daza y Bollatti (2015) de INTA EEA Marcos Juárez, evaluaron las rotaciones y los datos recabados en el análisis arrojaron que en la alternativa rotación 33%, se evidencia la mejora en los indicadores ambientales en relación a la situación actual (2015), pasando a tener valores positivos el balance de carbono (C) y a aumentar un 10,7 % el consumo de agua. La alternativa rotación 33% + CS presenta una importante mejora en los índices ambientales donde el balance de C mejora un 173 % respecto a la rotación 33% por el efecto de los CS y la mayor superficie efectiva usada y, por iguales razones, el consumo hídrico lo hace en un 8,7 %. En la alternativa 50% ó 3 cultivos en 2 años, al haber mayor proporción de cereales en la rotación se mejoran en forma importante los indicadores ambientales. También aumenta respecto al esquema rotación 33% un 102 % el saldo positivo del balance de carbono y un 8,4 % el consumo de agua. En la alternativa 50% + CS también hay valores positivos en los índices ambientales siendo los de mayor eficiencia entre todas las alternativas, con un balance de C 232 % superior a la rotación 33%, y el consumo hídrico un 14,9 % superior a la misma alternativa.

Para el área en estudio, recomendamos distintos manejos tomando como parámetro principal, a partir del cual se define la estrategia a seguir, la presencia o ausencia de napa cercana a la superficie. Además, a las rotaciones consideradas anteriormente, que siguen siendo válidas y son útiles para observar el impacto que tiene cada una de ellas en cuanto a consumo hídrico y balance de C, agregamos algunas variantes que se realizan actualmente (2021) y están dando resultados satisfactorios, de acuerdo a experiencias realizadas por productores de distintas regionales de la Asociación Argentina de Productores en Siembra Directa (Aapresid):

1- Ambientes con napa

Implementar rotación 50% + CS, además, coincidiendo con los planteos realizados por productores de Aapresid en el sudeste de Córdoba (zona Marcos Juárez), se sugiere agregar a esta opción la variante de consociar la vicia con centeno, para de este modo obtener mayores volúmenes de biomasa por parte de los CS y mejorar la estructura física del suelo gracias al aporte de distintos sistemas radiculares, así, la rotación sería: **Trigo-Soja / Vicia+Centeno-Maíz temprano.**

El objetivo es aumentar el consumo de agua en el perfil para disminuir los procesos de escorrentía hacia zonas deprimidas y la percolación hacia la napa, mediante la intensificación de la rotación con la inclusión de los CS. En lo que hace a éstos se adicionan múltiples beneficios en relación a la humedad de los suelos (Aapresid, 2017): mejoran la captación, distribución y almacenaje de agua, controlan la recarga del nivel freático y disminuyen el ascenso de sales a la superficie. Estudios realizados en San Marcos Sud (Vettorello *et al.* 2021) en rotaciones intensivas, mostraron que las condiciones edáficas superficiales mejoran a partir del tercer año, mientras que bajo monocultivo de soja, en el mismo tiempo, se mantienen (estabilidad estructural), incluso, empeoran (densidad aparente). Asimismo, la profundidad de la capa freática bajo rotación intensiva se mantuvo debajo de los 3 metros, cuando había llegado a los 0.7 m de profundidad con manejos simplificados (monocultivo de soja o rotación trigo/soja- maíz).

En cuanto a control de la recarga del nivel freático, es de destacar que los productores que no hagan cultivos de servicio en el invierno para aumentar el consumo hídrico en los lotes que van a maíz, corren el riesgo de llegar a la siembra con terreno encharcado por ascenso de napa, lo que empeora luego con las primeras lluvias primaverales, quedándose sin posibilidad de implantar el cereal. No es una opción esperar a que el agua “baje” para sembrar un cultivo estival, ya que, en caso de poder hacerlo, lo que ya es difícil considerando que empieza la época de lluvias, serán cultivares de ciclos cortos, cuando en realidad en estos ambientes necesitamos todo lo contrario, para mantener el suelo cubierto y con raíces consumiendo agua por más tiempo. Con el nuevo esquema de rotación propuesto se apunta a evacuar los excesos hídricos del perfil, convirtiéndolos en materia orgánica, y de ese modo realizar la siembra de maíz temprano.

Otra práctica sugerida es realizar la siembra de maíz en verde en septiembre-octubre, sobre el CS vivo. Esto permite mantener el suelo cubierto por más tiempo, aumentar la biomasa y el aporte de carbono y nitrógeno, aunque al implementar esta estrategia hay que atender al estado del CS ya que acumulaciones excesivas de biomasa pueden llevar a inconvenientes durante la siembra. Se deben tener en cuenta los implementos cortantes y tapadores de la sembradora, para lo que se sugiere elegir cuchillas turbo agresivas – con menos cantidad de ondas – para hacer surco de siembra más ancho y subir la temperatura del suelo (García R). También, asegurarse de sembrar profundo, donde la temperatura es más homogénea, para obtener una emergencia pareja, logrando, a su vez, un buen cierre de surcos mediante el uso de ruedas tapadoras agresivas.

Para lograr volúmenes de biomasa por parte del CS, con valores que van de 4 a 8 tn/ha y 2,2 a 3,4 tn/ha para vicia y centeno, respectivamente, es imprescindible, en cuanto a la vicia, inocular la semilla, si el lote no tiene historia del cultivo es necesario realizar doble inoculación. Además, las consociaciones logran mayores producciones que los cultivos por separado, de ahí que surge consociar la vicia con centeno, aunque en este punto hay que tener cuidado con las proporciones, la mezcla da mejor resultado con mayor participación de la leguminosa. A mayor volumen de materia seca, mayor aporte de carbono y nitrógeno al suelo (este nitrógeno no queda inmediatamente disponible para el maíz, sino que se encuentra inmovilizado en los tejidos del CS muerto, por lo que posiblemente se deba realizar una fertilización a la siembra), mayor porcentaje de cobertura del mismo evitando escurrimiento y mayor presencia de raíces para lograr una buena estructura que capte eficientemente el agua precipitada y a su vez la retenga en los horizontes superficiales evitando pérdidas por percolación que vayan a alimentar la napa.

También existe la opción de directamente secar al CS a mediados-fines de septiembre, para realizar la siembra del maíz a principios de octubre, lo cual también es válido, ya que si bien se obtiene menor cantidad de materia seca del CS (en comparación con la siembra en verde) debido a que el mismo, principalmente la vicia, experimenta una “explosión” cuando aumenta la temperatura y lluvias en la primavera, se habrá logrado mantener el suelo cubierto con el consiguiente aporte de carbono y consumo hídrico en el perfil. Además, hay que tener en cuenta que el restante 50% de la superficie se encuentra cubierta por trigo consumiendo agua activamente durante esta etapa, principalmente de la napa si las lluvias fueron escasas durante el invierno.

Si bien no hacen al objetivo de este trabajo, también mencionamos como aspectos positivos que los CS son eficientes para controlar malezas pudiendo ser prescindible el uso de herbicidas preemergentes, además, son franjas trampa para insectos, es decir, ambientes atractivos para éstos, más aún durante la floración, especialmente para orugas cortadoras y chinches, por lo que es clave monitorear con mayor frecuencia, con respecto a un lote en barbecho, para llevar a cabo medidas de control, si fuese necesario.

Existen numerosas variantes a la rotación anterior, por ejemplo, si el ambiente se encuentra en una situación difícil, hablamos de napas que van de 0,5 m. a 1 m. de profundidad, se podría pensar en sembrar trigo luego de la soja, haciendo maíz tardío (diciembre), de éste modo tendríamos toda la superficie cubierta con el cereal desde mayo a diciembre, aumentando el consumo del agua freática. En mayo-junio, cuando se coseche el maíz de segunda, habrá que evaluar si existen condiciones para la siembra de trigo anterior a soja, y en caso de ser así realizar los ajustes pertinentes. Dos aspectos importantes a considerar es la calidad del agua de la napa y la dinámica de sales, ya que al consumir agua freática se puede producir la acumulación de sales solubles a nivel de las raíces perjudicando futuras siembras. Si luego de esa soja se evidencia una baja en el nivel de la napa, se puede retomar el esquema que incluye a los CS.

2- Ambientes sin napa

Implementar la rotación **Trigo-Soja / Maíz temprano / Vicia+Centeno-Soja**, propuesta intermedia entre Rotación 33% y Rotación 33% + CS.

Debido a que estos ambientes presentan napa deprimida, es decir, la freática se encuentra a una profundidad tal que no afecta negativamente a los cultivos, y tampoco es capaz de ascender a superficie en septiembre-octubre, impidiendo la siembra, se puede “flexibilizar” un poco el esquema de rotaciones, disminuyendo la proporción de CS en la rotación, y también de las gramíneas (con respecto a ambientes en situaciones más críticas).

No obstante, se sugiere mantener el suelo cubierto, en lo posible, la mayor parte del tiempo, así, se recomienda el uso de CS (vicia más centeno) antecesor a soja de primera, como variante a la rotación más difundida en la zona que es Trigo-Soja/Maíz temprano/Soja, en la cual existe una ventana de 210 días en promedio entre la cosecha del maíz temprano y la siembra de soja (Aapresid, 2019). Para evitar que las lluvias de este período, o los excesos que puedan haber existido durante el verano, contribuyan al aumento del nivel de la napa freática es que se incorpora el CS, que aporta los beneficios ambientales mencionados en el primer esquema de rotación y además, como beneficios adicionales, la vicia impacta en el rendimiento del trigo que va posterior a la soja, logrando incrementos en el rinde del mismo del 10% al 20%, y del maíz que sigue a ese Trigo-Soja de hasta el 15%, según aseguran miembros de la Regional Aapresid Los Surgentes - Inrville, y zona, lo que constituye un círculo virtuoso ya que a mayor biomasa de los cultivos, mayor es el consumo hídrico de los mismos.

Con este esquema, también se menciona como aspecto positivo que se logra reducir las aplicaciones de herbicidas en soja, ya que como se dijo anteriormente, la cobertura del suelo por parte de los CS determina que haya un menor porcentaje de germinación de malezas, así, en algunas situaciones se puede evitar el uso de preemergentes y se reduce el uso de postemergentes.

No obstante, y para aquellos productores que deseen implementar un esquema productivo más sustentable, se podría pensar en modificar la rotación anterior a Trigo-soja / Maíz temprano, de este modo eliminamos a los CS, pero aumentamos la recurrencia de las gramíneas, mejorando la estructura del suelo favoreciendo infiltración y retención del agua.

Con lo ya mencionado, queremos que quede claro que lo que proponemos no es una receta, los esquemas anteriormente mencionados no tienen por qué ser rígidos (la idea es que sean rotaciones dinámicas), dependerán de la situación en la que se encuentre cada productor, lo ideal sería que éste planifique junto a su asesor técnico, y con los datos de profundidad del nivel freático, pronósticos de precipitaciones (año Niña/Niño) y consulta a tablas de consumo hídrico estimado de los cultivos, el manejo destinado a cada ambiente.

b- Pasturas para control de zonas anegables

El objetivo de implementar pasturas en las tierras que se anegan (cuando sea posible el acceso con maquinaria para la implantación del cultivo) y en el borde de las mismas es en primer lugar generar cobertura evitando el ascenso capilar de las sales que se encuentran concentradas en la capa freática, y luego favorecer el consumo hídrico e impedir que las áreas degradadas no se expandan año tras año afectando las zonas productivas aledañas. A mediano o largo plazo se busca “mejorar” las condiciones físicas y químicas allí presentes para lograr la incorporación paulatina de, en primer lugar, alguna pastura forrajera de mayor calidad como puede ser distintos tipos de tréboles o alfalfa y en una situación más estabilizada evaluar si es factible la siembra de gramíneas con destino a grano como maíz, sorgo, trigo, avena, etc.

La potencialidad productiva de muchas especies forrajeras en estos ambientes y viceversa aún se desconoce. Probablemente esté directamente asociada a contar con especies tolerantes a altas concentraciones salinas y anegamientos temporarios, acompañado de técnicas de manejo que mejoren la productividad y persistencia de las pasturas allí implantadas, para lo cual quizás falte aún un largo camino por recorrer (Bertram y Chiacchiera, 2016). Quizás también se deba al ya mencionado proceso de agriculturización que hizo disminuir marcadamente el área destinada a la producción ganadera, por lo que es de esperar que no existan pasturas implantadas donde no haya ganado que las consuma.

A pesar de la sumatoria de limitantes, la región muestra un conjunto de fortalezas importantes, ya que debido al gradiente de precipitaciones, temperaturas y concentraciones salinas, estos ambientes hacen posible la coexistencia de una gran variedad de alternativas forrajeras como verdeos de verano (sorgos, mijos, etc.), verdeos de invierno (avena, cebada, triticale, etc.), forrajeras perennes templadas (agropiro, festuca, melilotus, lotus, llantén, achicoria, etc.) y forrajeras perennes megatérmicas (grama, panicum, etc.) y como si fuera poco, cuentan los cultivares disponibles dentro de

cada una de estas especies. Así se puede seleccionar la mejor opción forrajera en función del ambiente y de las necesidades de cada establecimiento (Bertram y Chicchiera).

Coincidimos con Horacio Videla Mensegue—especialista en conservación de suelos del INTA Laboulaye, Córdoba—en cuanto a que “lo primero que hay que determinar es el nivel de riesgo de sufrir anegamientos, su frecuencia, permanencia y época, para en función de eso, estimar la posibilidad o no de recuperación que tiene cada tipo de suelo y la aproximación de uso de cultivos anuales o perennes”. Sin embargo, y teniendo presente que uno de los problemas que contribuye a aumentar superficie y efecto de sales, y se observa en el territorio nacional, es la ineficiencia en la capacidad de cosecha de agua en los ambientes aladaños, creemos que los bajos hidrohalomórficos pueden ser, más rápido o más lento, recuperados (o por lo menos controlados evitando su avance año tras año) y que no hacer nada ante la situación no es una solución, es por eso que, en este trabajo, sin desconocer que existen múltiples alternativas de manejo y variantes dentro de esas alternativas, y que cada una de ellas dependerá de la situación particular de cada establecimiento productivo y de cada ambiente, proponemos las siguientes opciones:

- Agropiro

Esta gramínea forrajera perenne se caracteriza por su resistencia tanto a la sequía como a inundaciones prolongadas y a las bajas temperaturas. Posee buen comportamiento en suelos alcalinos y salitrosos, es una especie óptima en situaciones de suelos degradados que deben ser colonizados, es por ello que la recomendamos para los bajos que se encuentren en una situación crítica en cuanto a permanencia del anegamiento y grado de salinidad y compactación. Con un adecuado manejo del pastoreo se puede asegurar una buena calidad de la pastura ya que, antes de encañar, presenta valores de digestibilidad de la materia seca de entre 60 y 65%, variando más o menos de acuerdo a la época de la medición. Una vez instalado, resiste pastoreos intensos, que impiden la encañazón, manteniendo la calidad a lo largo del verano. La máxima producción de forraje la da en primavera - verano. Requiere cuidadosos manejos del pastoreo, cuya frecuencia debe ser entre 25 – 30 días, además, como estamos hablando de ambientes bajos anegables se recomienda no introducir al ganado cuando el suelo, al estar húmedo y por ende blando, sufra de compactación por pisoteo. Su producción presenta valores anuales que van de 5000 a 7000 Kg de materia seca por hectárea. Prácticamente todos los macollos de la planta producen espigas. Luego del ciclo reproductivo la planta entra en un período de reposo estival cuya duración se acorta a medida que nos trasladamos hacia las latitudes mayores con veranos más frescos dentro de la zona de producción. Luego de ese reposo la planta rebrota desde la base.

El agropiro alargado es una especie rústica que no es exigente en preparación de suelos para su siembra. Es una especie de lento crecimiento inicial. Como resiste las heladas, puede sembrarse aún en invierno, aunque no es lo aconsejable dado que la velocidad de crecimiento es menor si la siembra se realiza en esta estación y además puede presentarse

el inconveniente de aumentos en los valores de salinidad del suelo debido a la evaporación del agua dejando sales en los horizontes superficiales perjudicando la germinación.

Esta especie es ampliamente utilizada en consociación con trébol de olor blanco (*Melilotus albus* var. *annua*), trébol de olor amarillo (*Melilotus officinalis*) y lotus (*Lotus tenuis*) (Lavandera y Andrés, 2018).

Recomendaciones de manejo:

- Época de siembra: otoño, realizar previamente un barbecho largo manteniendo cobertura para de este modo asegurar el lavado de sales a profundidad y evitar ascenso de las mismas por evaporación (como ocurriría en la situación que se muestra en la Figura 40 si se eliminase la cobertura del suelo), logrando mayores porcentajes de germinación a la siembra.
- Densidad de siembra pura: 20 a 35 Kg/Ha (esta aumentará en la medida que se intensifiquen los factores adversos a la germinación, especialmente conductividad eléctrica del suelo).
- Densidad de siembra en mezclas: 6 a 8 Kg/Ha. Se comporta como dominante.
- Sistema de siembra: directa en líneas separadas a 45cm o al voleo con sembradoras convencionales de cereales. Si es posible el acceso de maquinaria pesada al lote, priorizaremos la siembra directa a escasa profundidad (2 cm) para asegurar un buen contacto de la semilla con el suelo y lograr mayor stand de plántulas. Si el suelo además de salino es sódico, una práctica recomendada es sacar las ruedas tapadoras de la sembradora dejando el surco abierto, de este modo se reduce el efecto de planchado que genera el sodio. Evitar mover el suelo ya que esto eliminará la cobertura y hará que las sales asciendan por capilaridad hacia la superficie (Lauric *et al*, 2018).
- Suelo: se adapta a un amplio rango de suelos y se ha difundido especialmente en suelos alcalinos y salitrosos, bajos e inundables, con pH superiores a 8 y conductividad eléctrica de 5 mmhos/cm (o dS/m).



Figura 40. Suelo salino, se evidencia la acumulación de sales en el perfil, las cuales ascienden a la superficie impulsadas con el agua evaporada al eliminar la cobertura del suelo.

Imagen: INTA informa.

Si bien los establecimientos productivos de la cuenca en estudio son (la mayoría) puramente agrícolas, se pueden confeccionar rollos (que por un lado sería beneficioso para evitar la compactación del suelo por parte de los animales en períodos húmedos, como se mencionó anteriormente) que luego pueden ser comercializados para distintos fines, no se apunta con la propuesta a la obtención de un rédito económico, sino que lo primordial es la recuperación y contención de los bajos improductivos, de tal forma se debe ajustar el manejo de la pastura para permitir su durabilidad en el tiempo y asegurar siempre que el suelo esté cubierto.

• Grama Rhodes

Como una alternativa a realizar en ambientes con menores condiciones restrictivas que los destinados al agropiro, en cuanto a salinidad y duración del anegamiento, se propone la Grama Rhodes, ya que consultando bibliografía se encontró que tiene un buen comportamiento ante situaciones de anegamiento temporal y salinidad en la zona en

estudio. Es una gramínea megatérmica que crece bien en suelos arcillosos, tolera altos niveles de sodio (conductividad mayor a 10 ds/m) y se puede establecer en suelos con un amplio rango de pH que varía desde 4,5 a 10. Entre otras ventajas de esta especie, se destaca su tolerancia a condiciones de anegamientos temporales. Su ciclo vegetativo se extiende desde primavera hasta las primeras heladas, y en promedio puede producir alrededor de 10.000 Kg de MS/ha/año, dependiendo del cultivar y del manejo que se realice (INTA, 2014) y teniendo en cuenta también la ocurrencia de heladas que pueden acortar el ciclo de la pastura.

La estrategia de manejo que sugerimos, basándonos en parte en datos que surgen de experiencias realizadas por Betram y Chiacchiera junto a técnicos y productores de la zona, es la siguiente:

- Planificar adecuadamente los manejos previos a la siembra. El barbecho tiene que ser realizado en tiempo y forma controlando malezas dominantes. Recordar que el control del Gramón (la maleza más competitiva y complicada de estos ambientes) es indispensable realizarlo en otoño dado que en este momento está trasladando los nutrientes a la raíz. En primavera de ser necesario repetir el mismo.
- Sacar muestras de suelo para analizar principalmente conductividad eléctrica (ds/m) de los primeros 5 cm. Priano y Pilatti (1989) mencionan que Grama Rhodes con conductividad eléctrica mayores a 4 ds/m merma el porcentaje de semillas germinadas en aproximadamente un 40%.
- Al igual que para el agropiro, tratar de no "mover" el suelo, o hacerlo lo menos posible, para evitar el ascenso capilar de las sales.
- Fecha de siembra: si es factible, esperar las primeras lluvias para permitir el lavado de sales del perfil superficial del suelo (siempre y cuando el suelo pueda drenar verticalmente), de esta forma la conductividad eléctrica será menor. Priorizar la implantación de la pastura ante el lavado de sales si se esperan lluvias abundantes que impidan la labor de siembra (más aún si ya se viene con un lote complicado en cuanto a profundidad de napa) y tratar de que la misma se realice lo antes posible, las temperaturas en esta zona permiten efectuarla desde fines de octubre a enero (cuanto más temprano más desarrollo tendrá el primer año), para lograr tanto consumo hídrico como cobertura temprana.
- Forma de siembra: "No al voleo", priorizar que la semilla quede en la línea de siembra en contacto con el suelo a una escasa profundidad.
- Densidad de siembra: en general no hay diferencia productiva entre 5 kg/ha a 8 kg/ha, pero esto depende del peleteado. Se recomienda por cada kg de semilla 10 kg de sulfato de calcio o material inerte, a fin de permitir una mejor distribución de la semilla dado su pequeño tamaño. Aumentar la densidad en la medida que se intensifiquen las condiciones restrictivas para la germinación.
- Adecuar el manejo oportuno de pastoreo y/o producción de reserva del forraje, teniendo en cuenta que es una especie megatérmica, es importante dejar un

remanente en la entrada de invierno para preservar de las heladas y lograr un buen rebrote en la primavera siguiente, además de garantizar de esta manera que el suelo conserve su cobertura.

- En lo posible realizar una fertilización nitrogenada en los primeros estadios vegetativos, para lograr un rápido desarrollo foliar que maximice la cobertura del suelo disminuyendo el ascenso de sales a superficie.

Si bien, al igual que la propuesta del agropiro, en principio no se persigue un fin económico, sino la recuperación de las condiciones físicas y químicas del suelo en lugar de seguir perdiendo área productiva, el pasto puede ser aprovechado por los animales (en caso de establecimientos mixtos o tierras puramente ganaderas), como se mencionó anteriormente, manejando momento e intensidad de pastoreo, para asegurar una buena resiembra natural y la durabilidad de la especie en el tiempo. También es apta para la confección de henos de buena calidad cuando se efectúa el corte en prefloración. Cualquiera sea su destino, siempre se deberá garantizar la cobertura del suelo para evitar el ascenso de sales a la superficie.

También sería de importancia mantener el consumo hídrico a lo largo de los meses de otoño-invierno (más aún si se esperan abundantes lluvias durante este período o en primavera) en que la Grama detiene su crecimiento, por lo que recomendamos realizar, previo corte o pastoreo de baja intensidad de la pastura megatérmica, la siembra de algún cultivo invernal anual, como puede ser centeno o avena, o bien lograr una consociación con vicia. La implantación del cultivo de invierno tiene sólo como objetivo seguir consumiendo agua del suelo, ya que para llegar a cosechar una avena o un centeno sembrados en un lote de Grama, o hacer un heno de Grama+Vicia, se requiere de otros manejos y conocimientos que no hacen al fin de este trabajo, se sugiere como opción utilizar avena y/o centeno, ya que al ser gramíneas al igual que la Grama, se las puede henificar juntas con más facilidad en cuanto a momento óptimo de corte, tiempo de secado y condiciones para hilerado y henificación, por supuesto que no se atiende aquí la calidad ni el destino del heno obtenido.

CONCLUSIONES

En el presente trabajo se logró delimitar mediante cartas topográficas y software ArcGis una cuenca con problemas de inundación y anegamiento, seguidamente, se pudieron evaluar los cambios en las precipitaciones de la zona y también el cambio de uso y manejo del suelo de la cuenca a través de una clasificación supervisada de imágenes satelitales con el software ArcGis y consultas a profesionales, productores y bibliografía. De esta manera se pudieron identificar las causas de los excedentes hídricos, concluyendo que se producen debido a la simplificación de los sistemas productivos que ha existido desde las últimas décadas pasando de sistemas mixtos (agrícola-ganaderos) a sistemas puramente agrícolas con un cultivo al año, esquemas que consumen menos agua que la que ofrece el ambiente

(precipitaciones), produciendo un exceso de agua no utilizada que alimenta la napa año tras año, ello agravado por la situación de extensas áreas bajo monocultivo de soja que favorece los procesos de escorrentía superficial perjudicando las zonas bajas, sumado al aumento de las precipitaciones anuales por encima del promedio histórico para la zona y la topografía del terreno que hace que el drenaje del agua de lluvia sea muy lento o nulo.

Al haber identificado las causas, se pudo proponer alternativas agronómicas de manejo, al alcance de los productores, destinadas a prevenir y controlar el fenómeno. Se propuso, por un lado, un planteo de dos rotaciones diferentes definidas principalmente por presencia o ausencia de napa (napa a menos de 1,5 m. de profundidad o napa a más de 1,5 m. de profundidad, respectivamente) en el ambiente a manejar y, por otra parte, se recomendaron dos gramíneas diferentes para implementar en las zonas anegables (bajos anegables).

Con lo mencionado anteriormente se puede decir que se cumplieron los objetivos del trabajo, tanto los objetivos específicos como el objetivo general.

Finalmente, este estudio nos permitió entender que la organización de las acciones tendientes a tratar una situación de excesos hídricos (como también podría ser, mantenimiento de caminos rurales, forestación, líneas de créditos o subsidios, capacitaciones a productores, etc.) debe llevarse a cabo a nivel de cuenca, tomando a la misma como sinónimo de territorio y como una unidad funcional en la cual las prácticas que se realicen en un sector impactarán de distinta manera en el resto de la cuenca. Por lo que es importante que esas acciones estén planificadas y organizadas de modo que favorezcan primero la captación y retención del agua, disminuyendo el escurrimiento, y luego un consumo acorde a la oferta ambiental, lo que impactará de manera positiva en la producción del territorio, y será un importante aporte para lograr sustentabilidad, tanto ambiental, económica y social.

BIBLIOGRAFÍA

Aapresid. (3 de mayo de 2019). *En el sudeste cordobés analizan el impacto de los cultivos de servicios en la producción*. <https://www.aapresid.org.ar/blog/en-el-sudeste-cordobes-analizan-el-impacto-de-los-cultivos-de-servicios-en-la-produccion/>

Agrolitoral. (s.f.). *Napas: manejar el suelo para gobernar el agua*. <https://www.agritotal.com/nota/napas-manejar-el-suelo-para-gobernar-el-agua/>

Bertram, N. y Chiacchiera, S. (2013). *Ascenso de napas en la Región Pampeana: ¿Consecuencia de los cambios en el uso de la tierra?* https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_napas_mjz_13.pdf

Bertram, N. y Chiacchiera, S. (s.f.). *Los ambientes no agrícolas de la región centro y la potencialidad forrajera*. https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/suelos_salinos/06-forrajascentro.pdf

Bollatti. (s.f.). *Influencia de la construcción de un canal en el nivel freático de la EEA Marcos Juárez*. https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_canal_intamj_nivelfreatico_17_0.pdf

Bolsa de Cereales de Córdoba. (29 de enero de 2019). *SITUACIÓN DE INUNDACIONES EN EL SUDESTE DE LA PROVINCIA DE CÓRDOBA*. <https://www.bccba.com.ar/dia/info/situacion-inundaciones-sudeste-dela-provincia-cordoba--8639.html>

Bolsa de Cereales. (s.f.). *Cultivos de Cobertura*. <https://www.bolsadecereales.com/imagenes/retaa/2021-03/220-retaamensualn%C2%BA42-cultivoscobertura.pdf>

Escritorio ArcGIS. (s.f.). *¿Qué es la clasificación de imágenes?* <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.4/extensions/spatial-analyst/image-classification/what-is-image-classification-.htm>

Galetti. (2013). *Forestaciones con Sauces en bajos dulces de la depresión del Salado*. https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_forestacion_con_sauces_depresin_del_salado.pdf

Ghida Daza, C. y Bolatti, P. (7 de julio de 2016). *Análisis productivo, ambiental y económico de rotaciones en sistemas agrícolas y ganadero bovino del sudeste de la Provincia de Córdoba*. https://www.google.com/url?q=https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_analisisrotacionessecba2016_0.pdf&sa=D&source=docs&ust=1647094476262894&usg=AOvVaw1RbSvV_NYSwXxWI8XThStj3

Ghida Daza, C., y Sánchez, C. (2009). *Zonas Agroeconómicas Homogéneas Córdoba*. https://inta.gov.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-zonas_agroecomnicas_09cba.pdf

Idecor. (2019). *Conociendo los MDE disponibles en Argentina*. www.cba.gov.ar. <https://idecor.cba.gov.ar/conociendo-los-mde-disponibles-en-argentina/>

Instituto Geográfico Nacional. (s.f.). *La cartografía antecedente a escala 1:50.000 a disposición de toda la comunidad* www.ign.gov.ar. <https://www.ign.gov.ar/content/la-cartograf%C3%ADa-antecedente-escala-150000-disponible-para-toda-la-comunidad>

INTA. (2022). *Agropiro, una solución productiva frente a limitantes de suelo*. <https://inta.gov.ar/noticias/agropiro-una-solucion-productiva-frente-a-limitantes-de-suelo>

Jobbágy, E. (9 de noviembre de 2016). *Preocupante aumento del área anegada en la Región Pampeana*. <http://sobrelatierra.agro.uba.ar/preocupante-aumento-del-area-anegada-en-la-region-pampeana/>

Los Andes. (22 de septiembre de 2017). *Inundaciones en la región pampeana* <https://www.losandes.com.ar/inundaciones-en-la-region-pampeana/>

Mich, L. (16 de noviembre de 2020). *Productores siembran en verde sobre cultivos de servicio*. EL ABC RURAL. <https://elabcrural.com/productores-siembran-en-verde-sobre-cultivos-de-servicio/>

Michelena R., Eiza M. y Carfagno, P. (s.f.). *Los suelos, la soja y la agriculturización*. https://inta.gov.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_los_suelos_la_soja_y_la_agriculturizacin.pdf

Montero *et al.* (2017). *Crecimiento de nuevos sauces en suelos salino-sódicos de los valles irrigados del norte de la Patagonia Argentina*. https://inta.gov.ar/sites/default/files/inta_crecimiento_de_nuevos_sauces_en_suelos_salino-sodicos.pdf

Nolasco, M., Willington, E.A. y Bocco, M. (1 de septiembre de 2014). *Clasificación del uso del suelo en la agricultura a partir de series temporales de imágenes LANDSAT*. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/41984>

Oprandi *et al.* (11 de abril de 2014). *Grana Rhodes, alternativa productiva para sistemas ganaderos del norte de Santa Fe*. INTA. <https://inta.gov.ar/documentos/grana-rhodes-alternativa-productiva-para-sistemas-ganaderos-del-norte-de-santa-fe>

Ovando, G. *et al.* (2019). *Análisis de la tendencia del nivel de napa freática y su relación con las precipitaciones, evapotranspiración potencial y NDVI en Marcos Juárez (Córdoba)*. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/88081>

Pérez Casar, L. (2022). *Con manejo estratégico es posible remediar ambientes salinos*. <https://intainforma.inta.gob.ar/con-manejo-estrategico-es-posible-remediar-ambientes-salinos>

Prensa Aapresid. (17 de noviembre de 2020). *Siembras verdes sobre cultivos de servicio*. RURALNET. <https://ruralnet.com.ar/2020/11/17/siembras-en-verde-sobre-cultivos-de-servicios/>

Sitio Argentino de Producción Animal. (s.f.). *Agropiro alargado (Thynopirum ponticum) manejo y utilización*. https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas%20artificiales/30-agropiro_alargado_manejo_y_utilizacion.pdf

Sitio Argentino de Producción Animal. (2012). *Recomendaciones para el manejo de Grama Rhodes en el sur de Córdoba*. https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/suelos_salinos/15-sur_cordoba.pdf

Uno Entre Ríos. (11 de enero de 2017). *La soja es la principal causa de las inundaciones en nuestro país*. <https://www.unoentrieros.com.ar/pais/la-soja-es-la-principal-causa-las-inundaciones-nuestro-pais-n1319365.html>

Vaca C. (24 de julio de 2021). *La Argentina se encamina a un récord de superficie sembrada total en la campaña 21/22*. <https://agroverdad.com.ar/2021/07/la-argentina-se-encamina-a-un-record-de-superficie-sembrada-total-en-la-campana-21-22>

ANEXOS

Encuesta Área de Consolidación

La Presente encuesta nos ayudará a recabar información para la investigación llevada a cabo en el marco del Área de Consolidación de Cuencas Hidrográficas de la FCA- UNC.

Desde ya agradecemos su colaboración y predisposición para responder la encuesta.

Estudiantes: Daniel Sterpone - Imanol Grande

Nombre y apellido

Coordenadas/Ubicación del campo

¿Desde qué año trabaja en la zona?

¿Qué superficie trabaja (ha)? Especificar si son agrícolas o ganaderas.

¿Son propias o arrendadas? Especificar hectáreas.

Si trabaja hectáreas propias y arrendadas, ¿Hace el mismo manejo en ambas? ¿Por qué? (Rentabilidad, planificación)

Disponibilidad de mano de obra

- Familiar
- Asalariado permanente
- Asalariado temporario

¿Recibe algún tipo de asesoramiento?

En caso de ser afirmativo. ¿De dónde proviene el asesoramiento?

- Cooperativa
- Empresa de insumos
- De contratación propia
- Otra

¿Pertenece a alguna institución u organismo?

- Aapresid
- Crea
- Cambio Rural
- INTA

- Consorcio Caminero
- Otra

Aspectos Productivos

¿Qué tipo de sistema de labranza utiliza?

- Siembra directa *
- Siembra convencional

*¿Desde cuándo?

¿Qué cultivos siembra y cuántas hectáreas anuales (aproximadas) de cada uno?

En caso de sembrar cultivos invernales, ¿Lo ha hecho de forma creciente o decreciente (en cuanto a hectáreas anuales) en los últimos 10 años?

¿Realiza rotación?

- Si*
- No

*¿Cómo es la secuencia?

Actividad Pecuaria. (Si la realiza complete esta parte)

Bovina

- Cría
- Recría
- Invernada
- Ciclo Completo

Superficie

- Pastoril
- A corral
- Mixta

Porcina

- Extensiva
- Intensiva

Avícola

- Extensiva
- Intensiva

¿Qué cultivos o pasturas utiliza para alimentación animal? ¿En qué rotación?

¿Con alguno de ellos realiza silaje y/o rollos?

- Si
- No

Independientemente de que su establecimiento sea agrícola o agrícola-ganadero, ¿ha implementado siempre el mismo esquema productivo (Cultivos a sembrar, plan de rotación, dirección y densidad de siembra, cultivos de servicios, técnicas de control de malezas, insectos y hongos, etc.)?

- Si
- No

Si ha cambiado el esquema de producción, ¿Cuáles fueron esos cambios?¿En qué año se implementaron?¿Por qué lo hizo?

Aspectos Hidrológicos

Las precipitaciones de los últimos 20 años, ¿han causado alguno/s de los siguientes inconvenientes?

- Inundaciones en partes del campo
- Salinización de suelos
- Inundaciones en localidades cercanas
- Atraso de la cosecha
- Daños en caminos o rutas
- Otros *

*¿Cuáles?

A continuación, marque, si corresponde, cuál o cuáles de los daños ocasionados por excesos hídricos presenta actualmente en su campo

- Inundación
- Ascenso de napas
- Salinización de suelos
- Erosión
- Otros

Si sufre de inundaciones, ¿Qué proporción de la superficie se encuentra afectada?

- Menos de 5%
- Entre 5% y 15%
- Entre 15% y 30%
- Más de 30%

¿Cuáles cree que son las causas de las inundaciones?

¿Qué hace frente a ésta situación?

¿Cuál es la profundidad aproximada de la napa freática en su campo?

¿Le ingresa agua a su campo proveniente de otros campos, canales de desagüe y/o caminos?

- Si
- No

¿Tiene presente desde qué época suceden las inundaciones o si se han intensificado en algún momento?

¿Ve alguna solución que tienda a prevenir o evitar inundaciones? ¿Cuál?

¿Evidencia signos de salinización en determinados sectores de su campo?

- Si
- No

Si la respuesta anterior es afirmativa, ¿El área afectada se ha incrementado en los últimos años?

- Si
- No

¿Tiene algún conocimiento sobre técnicas para manejar esos excedentes?

- Si
- No

Marque si practica alguna de las siguientes alternativas de manejo

- Intensificación de cultivos
- Elección de variedades
- Manejo de densidad y fecha de siembra
- Rotación
- Otras *
- Ninguna **

Si realiza alguna, ¿Por qué lo hace y qué beneficios observa?

* En caso de haber marcado "Otras", ¿Podría mencionar cuál y, brevemente, en qué consiste?

** Si la respuesta es ninguna, ¿Por qué no las realiza?

En caso de tener alguna emergencia hídrica, ¿Sabe a quién dirigirse?

- Si
- No

¿Recibe algún tipo de subsidio-reparación-asesoramiento de parte del gobierno por estos daños?

- Si
- No

Si la respuesta es sí, ¿Cuál y de qué manera?

Se puede acceder a la encuesta a través del siguiente enlace:

https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSdhWj0Se3DDfpenijy9mLyPuTXxDil6dPcbkkUXQbjiOGL_QA/viewform?usp=pp_url